

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE-CIVIL

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE D'UN BATIMENT  
A STRUCTURE AUTOSTABLE

R + 8

4 PLANCHES

Proposé par :

Étudié par :

Dirigé par :

C.T.C

R.BELLAOUI

Mr.BIOUD

PROMOTION : Janvier :88

# REMERCIEMENTS

المدسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المكتبة  
Ecole Nationale Polytechnique

Je tiens à remercier cordialement mon promoteur M<sup>r</sup> R. BIoud  
pour son aide précieuse pendant l'établissement de ce projet.  
Mes vifs remerciements à tous les professeurs qui ont contribué  
à ma formation; je remercie également tous mes amis qui m'ont  
aidés de proche ou de loin, "KADRI Toufik - AZZOUG AKLI -  
DJEFAR - RACHID - TAGUINE - KAMEL".  
Monsieur l'ingénieur du C.T.C BELACHE.

## DEDICACES

Je dédie ce modesto travail:

A ma mère, mon père.

A mes frères ABDELKADER, OMAR, BOUALEM.

A mes sœurs; à mon cousin KHELIFA ainsi qu'à mes neveux.

A tous mes enseignants.

Aux amis.

# SOMMAIRE

1. Presentation de l'ouvrage - - - - -	0
2. Caracteristiques mecaniques des materiaux - - - - -	1
3. Descente de charges - - - - -	3
4. Prédimensionnement - - - - -	6
5. Calcul de l'acrotère - - - - -	9
6. Calcul des planchers - - - - -	11
7. Calcul des rigidités - - - - -	20
8. Etude au seisme - - - - -	26
9. Calcul des portiques sous les charges horizontales - - - - -	42
10. Calcul des portiques sous les charges verticales - - - - -	58
11. Superpositions des sollicitations - - - - -	75
12. Ferrailage des poutres - - - - -	91
13. Ferrailage des poteaux - - - - -	100
14. Calcul des fondations - - - - -	108
15. Calcul des longrines - - - - -	112
16. Voile périphérique - - - - -	113
17. Bibliographie - - - - -	114

## Présentation de l'ouvrage

Le présent ouvrage est un bâtiment R+8 avec un sous-sol à usage d'habitation, constitué de trois blocs, on fera l'étude d'un seul Bloc.

cette ouvrage sera implanté à Sidi M'HAMED (ALger) qui est une zone de moyenne sismicité. (zone II)

### Structure :

Notre ouvrage est contreventé par des portiques Autostables dans les deux (02) sens. Les matériaux entrant dans la construction seront conformes aux règles techniques de conceptions et à tous les règlements en vigueur en ALgerie.

### Dimensions :

- sens longitudinal :  $L = 11,30 \text{ m}$ .
- sens transversal :  $l = 9,30 \text{ m}$ .
- Hauteur totale :  $H = 28,04 \text{ m}$ .
- Hauteur d'étage :  $h = 3,06 \text{ m}$ .

### Planchers :

Les planchers des étages courants sont réalisés en corps creux avec une dalle de compression de 5 cm d'épaisseur (16+5)  
Le plancher du R.D.C sera réalisé en dalle pleine de 15 cm d'épaisseur.

### Contrainte du sol :

la contrainte admissible du sol est  $\bar{\sigma}_s = 2 \text{ bars}$  à une profondeur de 1,5 m d'ancrage.

### Maçonnerie :

les murs extérieurs seront à double cloison d'épaisseur de 15 cm avec un vide d'air de 5 cm, Les murs intérieurs seront des cloisons



## Contraintes admissibles

### I) Béton:

Le béton est dosé à 350 kg/m<sup>3</sup> de CPA 325 avec un contrôle atténué.

La résistance nominale à la compression à 28 jours  $\sigma'_n = \sigma'_{28} = 27 \text{ bars}$ .

La résistance nominale à la traction à 28 jours  $\sigma_{28} = \sigma_n = 23,2 \text{ bars}$ .

#### 1. Contrainte de compression admissible (Art 9.4 CCBA 68)

$$\bar{\sigma}_b = \alpha \beta \gamma \delta \varepsilon \sigma'_{28}$$

$$\alpha = 1 \quad \text{classe 325}$$

$$\beta = 5/6 \quad \text{contrôle atténué}$$

$$\gamma = \begin{cases} 1 & \text{si } \frac{e_{\min}}{4D} \geq 1 \\ \frac{e_{\min}}{4D} & \text{si } \frac{e_{\min}}{4D} < 1 \end{cases} \quad \begin{array}{l} e_{\min} = \text{épaisseur minimale de la pièce} \\ D : \text{diamètre du plus gros granulats} \end{array}$$

$$\delta = 0,3 \quad \text{compression simple} \Rightarrow \sigma'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta = 0,6 \quad \text{flexion composée avec un effort normal de traction } N \Rightarrow \bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta = 0,3 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \quad \text{en flexion composée avec un effort normal } N \text{ de compression}$$

$e_0$ : excentricité de la force extérieure.

$$e_1 = \frac{h \pm}{6} \quad \text{pour une section rectangulaire}$$

$$\varepsilon = 1 \quad \forall \text{ la forme de la section en compression simple}$$

$$\varepsilon < 1 \quad \text{pour une autre forme de section. (}\varepsilon \text{ est déterminé par } F'_{13} \leq \bar{\sigma}'_{b0}\text{)}$$

#### 2. Contrainte admissible de traction de référence: (BA 68 art 9.5)

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

$$\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma'_{28}} = 0,0258$$

$$\bar{\sigma}_b = 1 \cdot 5/6 \cdot 1 \cdot 0,0258 \cdot 270 = 5,9 \text{ kg/cm}^2$$

### II Aciers

$$\text{Aciers doux (Adr) FeE 24} \longrightarrow \bar{\sigma}_a = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Aciers Haute adhérence (HA) FeE 40} \longrightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad (\phi \leq 20 \text{ mm})$$

$$\text{treillis soudés} \quad \phi \leq 6 \text{ mm} \longrightarrow \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2$$

Contraintes de traction imposées par les conditions de fissuration du Béton

$$\bar{\sigma}_a = \min \begin{cases} \frac{2}{3} \sigma_{en} \\ \max(\sigma_1, \sigma_2) \end{cases}$$

$$\text{avec } \sigma_1 = \frac{k \cdot \eta \cdot \tilde{\omega}_f}{\phi \cdot (1 + 10 \tilde{\omega}_f)}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta \cdot k}{\phi} \sigma_b}$$

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

$\eta = 1,6$  pour les aciers H.A et 1 pour les Adx.

$\tilde{\omega}_f = \text{pourcentage de fissuration} = \frac{A}{B_f}$

A : section d'aciers de traction.

$B_f$  : section du béton susceptible d'être fissuré.

$\phi$  : plus grand diamètre des barres d'aciers.

NB: pour les sollicitations du 2<sup>e</sup> genre, les contraintes admissibles seront obtenues en majorant celles du 1<sup>er</sup> genre de 50%.

## Descente de charges.

### Plancher terrasse non accessible :

#### \* Charges permanentes :

- Protection gravillons (5 cm) -----	$0,06 \cdot 1500 = 90 \text{ kg/m}^2$
- étanchéité multicouche -----	$12 \text{ kg/m}^2$
- pare vapeur -----	$5 \text{ kg/m}^2$
- liège + polyanne -----	$10 \text{ kg/m}^2$
- forme de pente 1% -----	$200 \text{ kg/m}^2$
- dalle de compression + hourdis (16+5) -----	$290 \text{ kg/m}^2$
- enduit plâtre (2 cm) -----	$0,02 \cdot 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$
	$G = 635 \text{ kg/m}^2$

#### \* Surcharges :

$$P = 100 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow S_p = G + 1,2P = 755 \text{ kg/m}^2$$

### Plancher étage courant :

#### \* charges permanentes :

- Carrelage (2 cm) -----	$0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
- Mortier de pose (2 cm) -----	$0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
- Sable (2 cm) -----	$0,02 \cdot 1700 = 34 \text{ kg/m}^2$
- dalle de compression + hourdis (16+5) -----	$290 \text{ kg/m}^2$
- cloisons -----	$75 \text{ kg/m}^2$
- enduit plâtre (2,5 cm) -----	$0,025 \cdot 1400 = 35 \text{ kg/m}^2$
	$G = 522 \text{ kg/m}^2$

#### \* Surcharges :

$$P = 175 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow S_p = G + 1,2P = 732 \text{ kg/m}^2$$

### Plancher R.D.C (habitation)

#### \* charges permanentes :

- carrelage (2 cm) -----	$0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
--------------------------	---------------------------------------

- Mortier de pose (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ kg/m}^2$
- Sable (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 1700 = 34 \text{ kg/m}^2$
- dalle pleine (15 cm)	— — — — —	$0,15 \cdot 2500 = 375 \text{ kg/m}^2$
- Enduit plâtre (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$
- cloisons	— — — — —	$75 \text{ kg/m}^2$
		<u><math>G = 592 \text{ kg/m}^2</math></u>

\* Surcharges :

$P = 175 \text{ kg/m}^2$  (habitation)  $\Rightarrow S_{P1} = G + 1,2P = 802 \text{ kg/m}^2$ .

- Sous sol (Cave)

- charges permanentes :

- carrelage (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
- Mortier de pose (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ kg/m}^2$
- Sable (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 1700 = 34 \text{ kg/m}^2$
- dalle pleine (20 cm)	— — — — —	$0,20 \cdot 2500 = 500 \text{ kg/m}^2$
- Enduit plâtre (2 cm)	— — — — —	$0,02 \cdot 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$
- cloison	— — — — —	$75 \text{ kg/m}^2$
		<u><math>G = 721 \text{ kg/m}^2</math></u>

Surcharges :

$P = 175 \text{ kg/m}^2$   $\Rightarrow S_{P1} = G + 1,2P = 931 \text{ kg/m}^2$ .

Balcon :

\* charges permanentes

- chappe (4 cm)	— — — — —	$0,04 \cdot 2200 = 88 \text{ kg/m}^2$
- dalle pleine (10 cm)	— — — — —	$0,1 \cdot 2500 = 250 \text{ kg/m}^2$
- garde corps en maçonnerie	— — — — —	$210 \text{ kg/m}$
		<u><math>G = 548 \text{ kg}</math></u>

\* Surcharges

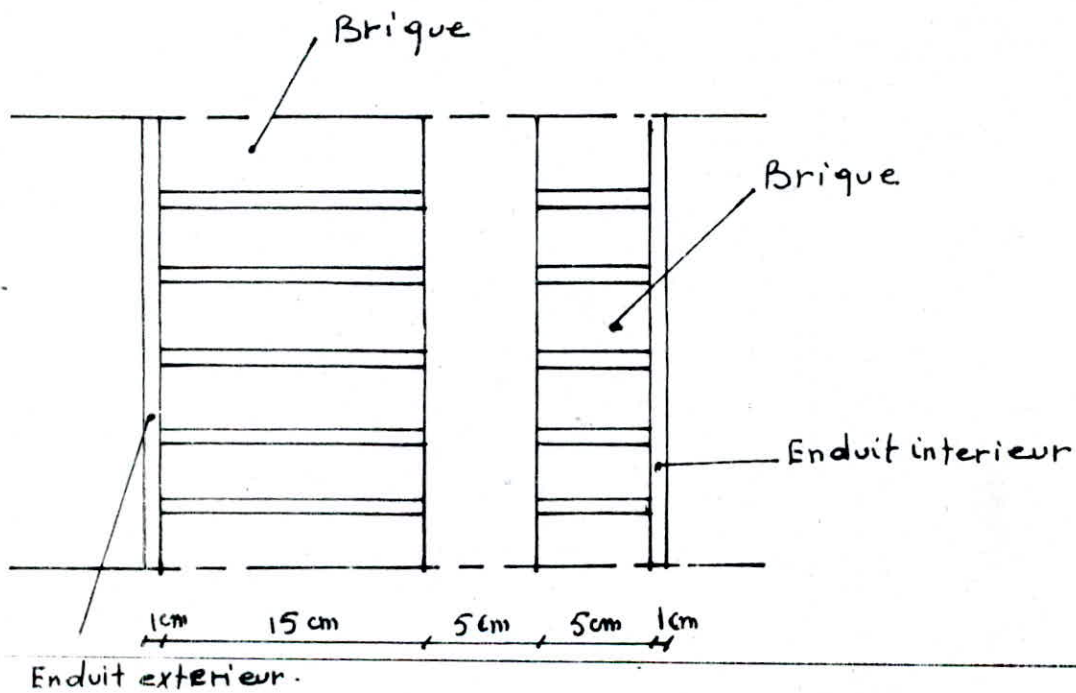
$P = 350 \text{ kg/m}^2$   $\Rightarrow S_{P1} = G + 1,2P = 968 \text{ kg/m}^2$ .



### Remplissage:

Le mur extérieur est formé d'une double cloison; l'une de 15 cm d'épaisseur et l'autre de 5 cm avec un vide de 5 cm entre les deux.

- brique creuse de 15 cm	-----	157 kg/m <sup>2</sup>
- brique creuse de 5 cm	-----	68 kg/m <sup>2</sup>
- enduit en ciment (1 cm)	-----	$0,01 \cdot 1800 = 18$ kg/m <sup>2</sup>
- enduit plâtre (1 cm)	-----	$0,01 \cdot 1000 = 10$ kg/m <sup>2</sup>
		<u>q = 253 kg/m<sup>2</sup></u>



## Prédimensionnement.

### 1) Poteaux

Les poteaux seront prédimensionnés sous l'effet du séisme, ainsi l'évaluation des efforts dûs au séisme se fera par la méthode de "BOWMAN" étant donné que les hypothèses de la méthode sont vérifiées.

#### a. Calcul de la force sismique V

$$V = ABD \sum w_i \approx 0,1 \sum w_i \Rightarrow V = 0,1 \cdot 1040,653 = 104,065 \text{ t.}$$

#### b. Calcul des forces $F_i$ revenant à chaque niveau:

$$F_i = \frac{h_i w_i}{\sum_{i=1}^n h_i w_i} \cdot V \quad ; \quad T_j : \text{effort tranchant revenant à chaque niveau}$$

$$T_j = \sum_{i=j}^n F_i$$

Niveau	$h_i$ (m)	$w_i$ (t)	$h_i w_i$	$h_i w_i / \sum h_i w_i$	$F_i$ (t)	$T_j$ (t)
9 <sup>e</sup>	27,54	107,654	2964,791	0,189	19,668	19,668
8 <sup>e</sup>	24,48	114,043	2791,773	0,178	18,524	38,192
7 <sup>e</sup>	21,42	114,043	2442,801	0,156	16,234	54,426
6 <sup>e</sup>	18,36	114,043	2093,830	0,133	13,841	68,267
5 <sup>e</sup>	15,3	114,043	1744,858	0,111	11,551	79,818
4 <sup>e</sup>	12,24	114,043	1395,886	0,089	9,262	89,080
3 <sup>e</sup>	9,18	118,174	1084,837	0,069	7,181	96,261
2 <sup>e</sup>	6,12	122,305	748,506	0,049	5,099	101,360
1 <sup>er</sup>	3,06	122,305	374,253	0,024	2,498	103,858

#### c. Evaluation des efforts dûs aux charges horizontales dans les poteaux:

$$T_j^k = T_j \cdot \frac{I_j^k}{0,8(I_j^1 + I_j^m) + \sum_{k=2}^{m-1} I_j^k} \quad 1 < k < m$$

$$T_j^k = T_j \cdot \frac{I_j^k \cdot 0,8}{0,8(I_j^1 + I_j^m) + \sum_{k=2}^{m-1} I_j^k} \quad k = 1 \text{ ou } m.$$

$T_j^k$ : effort tranchant au niveau  $j$  revenant au poteau  $k$ .

$I_j^k$ : moment d'inertie du poteau  $k$  au niveau  $j$ .

$m$ : nombre de poteaux.

Les moments dans les poteaux:  $M_s$  = moment en tête du poteau

$$M_s = T_j^k \cdot \alpha \cdot h$$

$$M_b = T_j^k (1 - \alpha) h \quad \alpha: \text{Coefficient déterminant la position du point}$$

Les résultats sont donnés sous forme de tableau.

$$I_j^k = 50 \cdot 50^3 = 52,083 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \text{ Niv } 3-2-1; \quad I_j^k = 40 \cdot 40^3 = 21,33 \cdot 10^4 \text{ cm}^4 \Rightarrow \text{Niv } 9-4.$$

Poteaux / Niveaux	$T_j^k$ (t)			$M_s$ t.m			$M_i$ (t.m)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
9 <sup>e</sup>	1,513	1,891	1,513	3,009	3,761	3,009	1,620	2,025	1,620
8 <sup>e</sup>	2,938	3,672	2,938	5,390	6,742	5,390	3,596	4,495	3,596
7 <sup>e</sup>	4,186	5,233	4,186	7,045	8,807	7,045	5,764	7,206	5,764
6 <sup>e</sup>	5,251	6,564	5,251	8,034	10,043	8,034	8,034	10,043	8,034
5 <sup>e</sup>	6,140	7,675	6,140	9,394	11,743	9,394	9,394	11,743	9,394
4 <sup>e</sup>	6,852	8,565	6,852	10,484	13,104	10,484	10,484	13,104	10,484
3 <sup>e</sup>	7,405	9,256	7,405	11,329	14,161	11,329	11,329	14,161	11,329
2 <sup>e</sup>	7,796	9,746	7,796	11,927	14,911	11,927	11,927	14,911	11,927
1	7,989	9,986	7,989	9,778	12,222	9,778	14,667	18,334	14,667

Verification du poteau à la flexion Composée :

$$M = 18,334 \text{ t.m} ; \quad N_2 = 145,730 \text{ t. (déduit de la descente de charge)}$$

La section minimale des armatures longitudinales est de 1% (zone II).

$$\text{donc } A = \frac{2500 \cdot 1}{100} = 25 \text{ cm}^2 \Rightarrow A/2 = 12,5 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T_{20} = 12,56 \text{ cm}^2$$

Verification des contraintes :

$$w = \frac{100A}{b h_t} = \frac{100 \cdot 12,56}{50 \cdot 50} = 0,502$$

$$k_e = \frac{N}{M} h_t \Rightarrow k_e = \frac{145,730 \cdot 10^3}{18,334 \cdot 10^5} \cdot 50 = 3,974 \Rightarrow \begin{cases} k_b = 0,12 \\ k = 1,00 \end{cases}$$

$$\sigma_b' = \frac{1}{k_b} \cdot \frac{M}{b h_t^2} = \frac{1}{0,12} \cdot \frac{18,334 \cdot 10^5}{50 \cdot 50^2} = 122,226 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = k \cdot \sigma_b' = 1 \cdot 122,226 = 122,226 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Verifiée ...

donc la section du poteau passe largement.

donc on prendra comme section de poteaux :

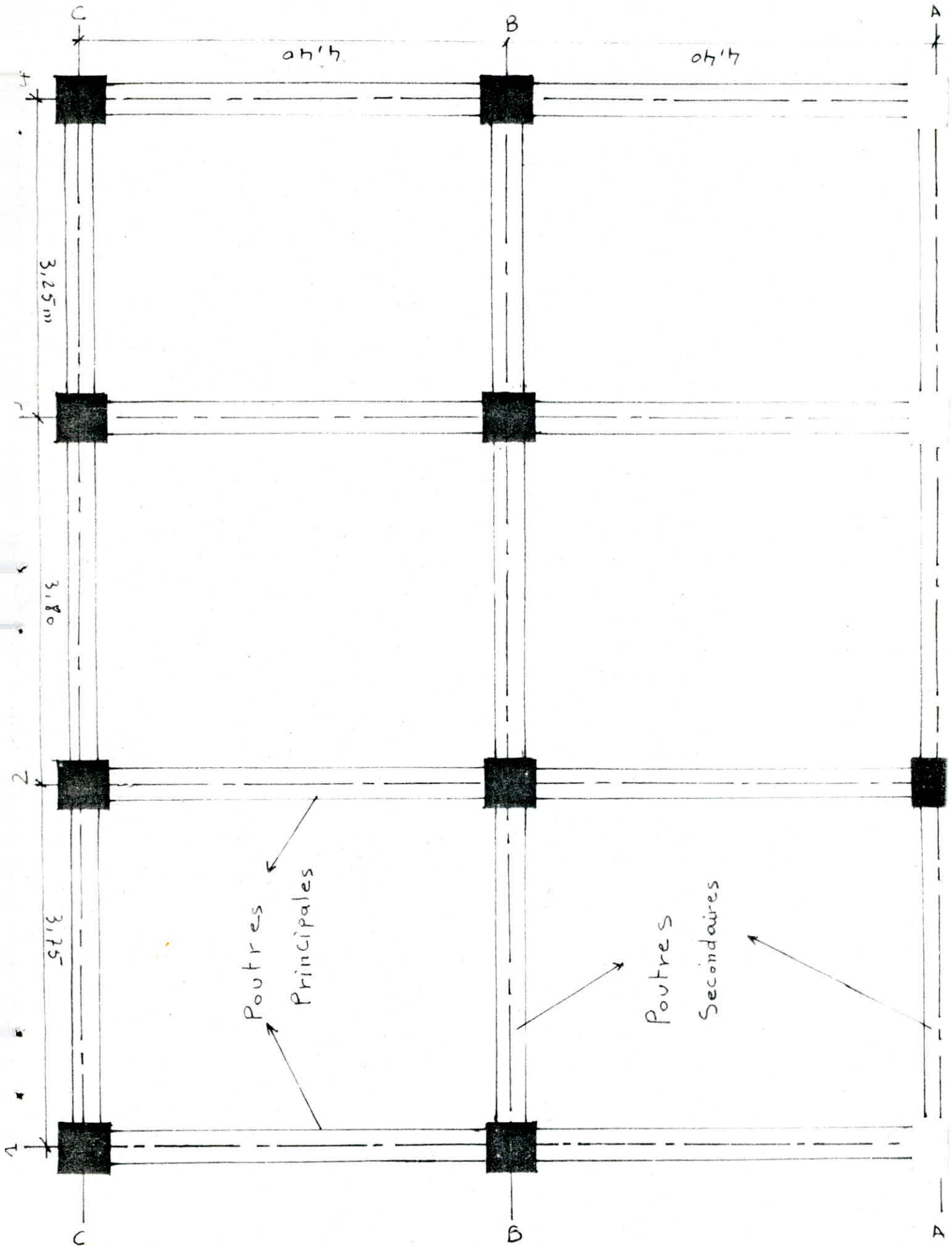
50x50 → Niveau 1-2-3 + sous-sol.

40x40 → Niveau 4-5-6-7-8-9



Vue en plan

Ech : 1/50

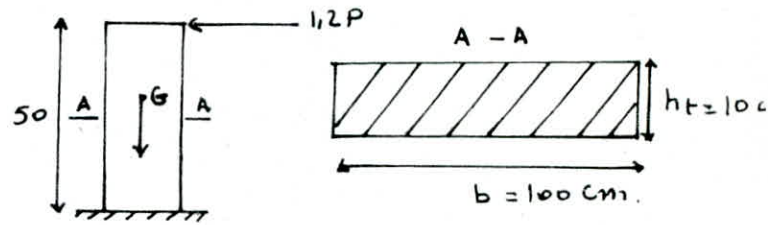




## Acrotère

### 1) Introduction:

L'acrotère est assimilée à une console encastree au niveau du plancher terrasse. Elle sera calculée en flexion composée, engendree par l'effort normal due à son poids propre  $G$ , et le moment resultant due à l'application de la main courante.



### 2) calcul des aciers:

moment d'encastrement  $M = 1,2 P \cdot h$  avec  $P = 100 \text{ kg/ml}$ .

$$M = 120 \times 0,50 = 60 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{ml}.$$

$$N = G = 0,1 \times 2500 \times 0,50 = 125 \text{ kg/ml}.$$

centre de pression:  $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{60}{125} = 0,48 \text{ m} \Rightarrow e_0 = 48 \text{ cm}$ .

$e_1 = \frac{h_t}{6} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ cm} < e_0 \rightarrow$  La section est partiellement comprimée

$$e_0 > \frac{h_t}{2} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

$M_{rb}$ : moment résistant du béton  $\rightarrow M_{rb} = k b h^2$  avec  $k = \frac{1}{2} \bar{\sigma}'_b \bar{\alpha} \bar{\gamma}$

$$\alpha = 0,423 ; \gamma = 0,859 ; k = 24,89 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\alpha} = n \bar{\sigma}'_b / (n \bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}_a) ; \bar{\gamma} = 1 - \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_a}$$

Le calcul est fait pour une bande de 1 m.

$$M_{rb} = 24,89 \cdot 100 \cdot 8^2 = 1592,96 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{ml}.$$

$\mathcal{M} = N \cdot e_a$  moment fictif par rapport au centre de gravité de aciers tendues.

$$\mathcal{M} = N (e_0 + \frac{h_t}{2} - d) \rightarrow \mathcal{M} = 125 (0,48 + 0,05 - 0,08) = 63,75 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{ml}.$$

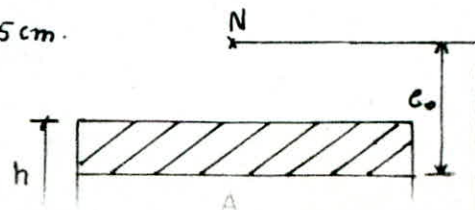
$$M_{rb} > \mathcal{M} \text{ donc } A' = 0 \text{ et } A = \frac{\mathcal{M}}{\frac{3}{2} \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{6375}{0,859 \cdot 8 \cdot 2800} = 0,33 \text{ cm}^2.$$

$$A = A - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,33 - \frac{125}{2800} = 0,28 \text{ cm}^2.$$

La section étant faible on adopte des armatures minimales

$$A_{\text{min}} = 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} = 0,69 \cdot 100 \cdot 8 \cdot \frac{5,9}{4120} = 0,79 \text{ cm}^2.$$

on adopte 4T6/ml ( $A = 1,13 \text{ cm}^2$ ) espacées de 25 cm.



### 3) Verifications:

#### \* Fissuration:

$$w_f = A/B_f = A/2bd = 1,13 / 2 \cdot 2 \cdot 100 = 2,825 \cdot 10^{-3}$$

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

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

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

$$\sigma_1 = \frac{k \eta w_f}{\phi (1 + 10 w_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{6} \frac{2,825 \cdot 10^{-3}}{1 + 0,02825} = 10981,954 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_c} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{6} \cdot 5,9} = 3687 \text{ kg/cm}^2.$$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) \leq \bar{\sigma}_c > \bar{\sigma}_a$  donc c'est vérifié.

#### \* Condition de non cisaillement

$$A \bar{\sigma}_a \geq T - M/3.$$

$$A \bar{\sigma}_a = 1,13 \cdot 2800 = 3164 \text{ kg.}$$

$$T - M/3 = 120 - \frac{6375}{7/8 \cdot 8} \leq 0 \text{ donc c'est vérifié.}$$

#### \* Verification au seisme:

$$F_p < 1,2 P ?$$

$$F_p = z_E C_p W_p \text{ (R.P.A 81)}$$

$$z_E = 0,6 \text{ (groupe d'usage 2 - zone II)}$$

$$C_p = 0,8 \text{ (zone II)}$$

$W_p$ : poids de l'acrotère.

$$W_p = 125 \text{ kg/ml} \Rightarrow F_p = 125 \times 0,8 \times 0,6 = 60 \text{ kg/ml} < 1,2 \cdot 100 = 120 \text{ kg}$$

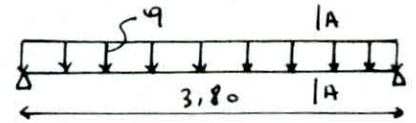
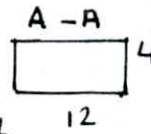
vérifié...

## Calcul des planchers.

Le plancher et étage courant sont constitués en corps creux et une table de compression (16+5), l'ensemble repose sur des poutrelles préfabriquées. Les poutrelles sont disposées selon la petite portée, sont calculées sous (G+1,2P). Le calcul se fait en deux étapes avant et après le coulage du béton. L'entre-axes des poutrelles est de 65 cm.

1<sup>ère</sup> étape: avant le coulage du béton la poutrelle est considérée comme simple appuyée, elle supporte son poids propre, l'hourdis et la surcharge de l'ouvrier.

\* charge supportée par la poutrelle.



- poids propre:  $0,04 \cdot 0,12 \cdot 2500 = 12 \text{ kg/ml}$

- poids du corps creux:  $0,65 \times 95 = 62 \text{ kg/ml}$ .

- surcharge due à l'ouvrier majorée:  $0,65 \times 1,2 \times 100 = 78 \text{ kg/ml}$ .

$q = 152 \text{ kg/ml}$ .

Moment max en travée:  $M_0 = \frac{q l^2}{8} = \frac{152 \cdot 3,8^2}{8} = 274,36 \text{ kg.m}$ .

Effort tranchant:  $T_0 = \frac{q l}{2} = \frac{152 \cdot 3,8}{2} = 288,8 \text{ kg}$ .

détermination des armatures:

on utilise la méthode de "Pierre Charron".

$$\mu = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 274,36}{2800 \cdot 12 \cdot 4} = 3,062 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,6980 \\ k = 1,53 \end{cases} \Rightarrow \bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 1830 > \bar{\sigma}_b = 1370$$

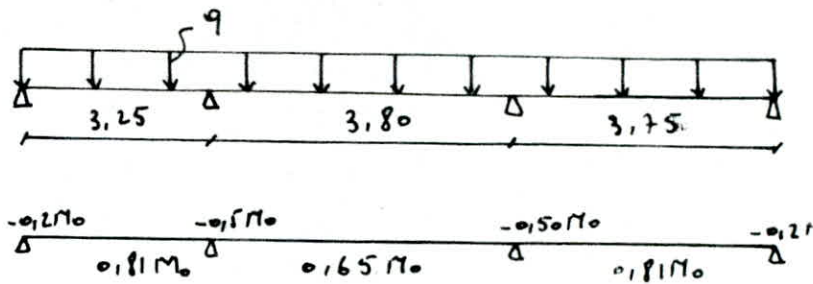
donc  $A' \neq 0$ , vu les dimensions de la section du béton ceci est impossible on prévoira des échafaudages pour éviter les poutrelles à supporter les charges et les surcharges avant le coulage de la table de compression.

2<sup>ème</sup> étape:

Les poutrelles reposent sur plusieurs appuis et travaillent comme une poutre continue le calcul et le ferrailage se fait sous le cas le plus défavorable sur appui et en travée.

Pour la détermination des effort tranchants et des moment on utilise la

Schema statique

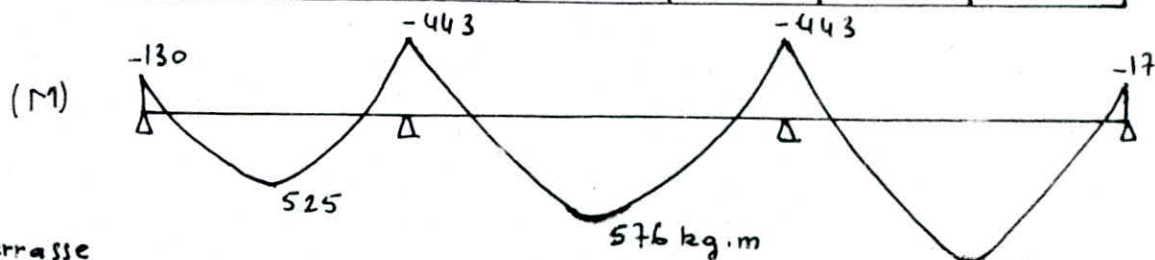


\* Détermination des efforts agissants sur la poutrelle:

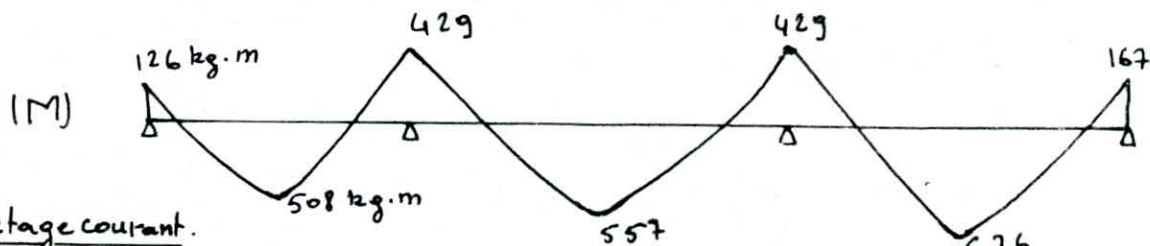
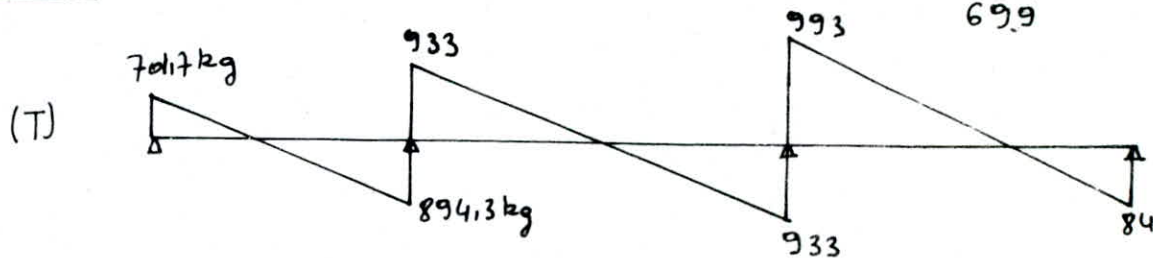
$$q_{\text{terrasse}} = 0,65 \times 755 = 491 \text{ kg/ml.}$$

$$q_{\text{étage courant}} = 0,65 \cdot 732 = 475 \text{ kg/ml.}$$

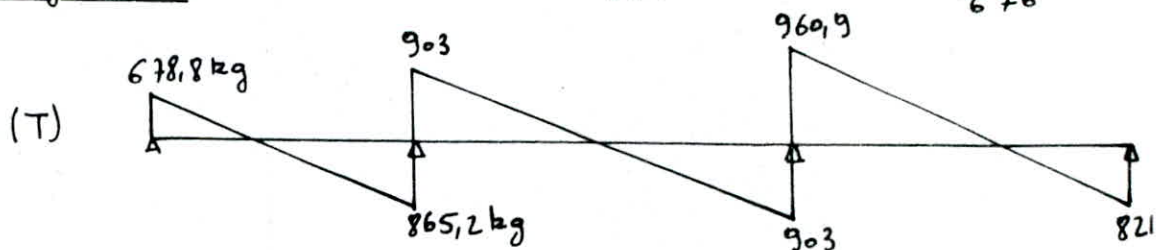
Niveau	q (kg/ml)	Mo <sub>1</sub> (kg.m)	Mo <sub>2</sub> (kg.m)	Mo <sub>3</sub> (kg.m)	To <sub>1</sub> (kg)	To <sub>2</sub> (kg)	To <sub>3</sub> (kg)
terrasse	491	648	886	863	798	933	921
étage courant	475	627	857	835	772	903	891



Niveau terrasse



Niveau étage courant.





## Calcul des armatures longitudinales

### En travée

\* détermination de la largeur "b" de la table de compression (GCBA68 art 23-31)

$$b_1 \leq \frac{L}{10} = \frac{335}{10} = 33,5 \text{ cm.}$$

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

$$b_1 \leq (6 \div 8) h_0 = (30 \div 40) \text{ cm.}$$

$$\text{donc } b_1 = 26,5 \times 2 + 12 = 65 \text{ cm.}$$

$$M_t = 669 \text{ kg.m.}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,01596 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9442 \\ \alpha = 0,1675 \\ k = 74,5 \end{cases}$$

$$y = \alpha \cdot h = 0,1675 \cdot 19 = 3,18 \text{ cm} < h_0 = 5 \text{ cm} \Rightarrow$$

la section se calcul comme une section rectangulaire de dimension (b x h)

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{37,58}{74,5} \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{69900}{2800 \cdot 0,9442 \cdot 19} = 1,392 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2T10 = 1,57 \text{ cm}^2.$$

Sur appui:  $M_a = -443 \text{ kg.m.}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 44300}{2800 \cdot 12 \cdot 19^2} = 0,0547 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9023 \\ k = 36,2 \\ \alpha = 0,293 \end{cases}$$

$$y = \alpha \cdot h = 5,567 > h_0 = 5 \text{ cm} \Rightarrow \text{section rectangulaire de dim (b x h}_t\text{)}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{36,2} = 77,35 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = 0,923 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2T8 = 1,00 \text{ cm}^2.$$

### Récapitulation :

1) Section d'armatures entravées.

Plancher	$M_t$ (kg.m)	$\mu$	k	$\alpha$	$\varepsilon$	$\sigma'_b$	$\alpha \cdot h$	$A_{\text{calc}}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{\text{adoptée}}$ $\phi$ choisie
terrasse	699	0,0159	74,5	0,1675	0,9442	37,58	3,1825	1,392	2T10 1,57 cm <sup>2</sup>
E.C	676	0,0154	76	0,1648	0,9451	36,84	3,1312	1,345	2T10 1,57 cm <sup>2</sup>

2) Section d'armatures en appuis

Plancher	$M_a$ (kg.m)	$\mu$	k	$\alpha$	$\varepsilon$	$\alpha \cdot h$	$\sigma'_b$	$A_{\text{calc}}$ (cm <sup>2</sup> )	$A_{\text{adoptée}}$ $\phi$ choisie
terrasse	-443	0,05478	36,2	0,273	0,9023	5,567	77,35	0,923	2T8 1,00
E.C	-429	0,05305	36,8	0,2896	0,9035	5,024	76,087	0,8925	2T8 1,00 cm <sup>2</sup>

## Vérification des contraintes :

Entravée :  $A = 1,57 \text{ cm}^2$ .  $M_t = 699 \text{ kg.m}$ .

$$\cdot w = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{157}{65 \cdot 19} = 0,1271 \Rightarrow \begin{cases} K = 70,00 \\ \epsilon = 0,9412 \end{cases}$$

$$\cdot \sigma_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} = 2489,67 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\cdot \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = 35,57 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

Vérifiée.

Aux appuis :  $A = 1,00 \text{ cm}^2$ .  $M_a = 443 \text{ kg.m}$ .

$$\cdot w = \frac{100 \cdot 1,00}{12 \cdot 19} = 0,4386 \Rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,8990 \\ K = 34,5 \end{cases}$$

$$\cdot \sigma_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} = 2593,53 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Vérifiée.

$$\cdot \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = 75,17 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

## Condition de non fragilité

entravée :  $A \geq 0,69 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 65 \cdot 19 = 1,197 \text{ cm}^2$

Vérifiée ...

Aux appuis :  $A \geq 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 12 \cdot 19 = 0,221 \text{ cm}^2$

## Condition de non fissuration.

Sur appui :  $\cdot w_f = \frac{A}{2b_0 \cdot d} = \frac{1,00}{2 \cdot 12 \cdot 2} = 0,0208$

$$\cdot \sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^6}{8} \cdot \frac{0,0208}{1 + 0,208} = 5165,56 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Vérifiée.

entravée :  $\cdot w_f = \frac{A}{B_f} = 1,57 \Rightarrow \sigma_1 = 5915,16 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

donc pas de risque de fissuration.

## Vérification de l'adhérence : (art 29 CCBA 68)

$$\bar{\tau}_d = 2 \gamma_d \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2.$$

$$T_{max} = 993 \text{ kg/cm}^2. \Rightarrow \bar{\tau}_d = \frac{T_{max}}{n \cdot P \cdot j} = \frac{993}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,00 \cdot \frac{7}{8} \cdot 19} = 9,591 \text{ kg/cm}^2$$

Vérifiée.

## Vérification de la flèche : (CCBA 68 art 5.8.4)

$$\frac{h_t}{l} \geq \frac{M_t}{15 M_0} \Rightarrow \frac{21}{340} = 0,062 > \frac{697}{15 \cdot 863} = 0,054.$$

Vérifiée.

$$\cdot \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{22,5} \Rightarrow 21 > \frac{340}{22,5} = 15,11 \text{ cm}.$$

$$\cdot A/b_0 \cdot h < 36/6en \Rightarrow \frac{1,57}{12 \cdot 19} = 0,0069 < 36/4200 = 0,0086$$

Le calcul de la flèche est inutile.



Calcul des armatures transversales: (CCBA 68 art 25)

Les armatures transversales seront calculées avec  $T_{max}$ , elles seront gardées pour toutes les poutrelles.

on utilise des armatures transversales perpendiculaires à la ligne médiane pour cela on fait la vérification suivante.

•  $\tau_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b$  si  $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b0}$

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

$\tau_b$ : contrainte de cisaillement maximale.

$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = \frac{993,0}{12 \cdot 7,8 \cdot 19} = 4,977 \text{ kg/cm}^2$ .

$\sigma'_b = 76,09 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{76,09}{68,5}\right) 5,9 = 1$

donc  $\tau_b < \bar{\tau}_b$  on utilise des armatures perpendiculaires à la ligne médiane, on choisit un cadre  $\phi 5 \Rightarrow A_t = 0,39 \text{ cm}^2$ .

Contrainte admissible des armatures transversales:

$\bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \cdot \sigma_{en}$  avec  $\rho_{at} = \max\left(\frac{2}{3}; 1 - \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) = 0,906$

$\bar{\sigma}_{at} = 0,897 \cdot 2400 = 2175 \text{ kg/cm}^2$ .

Ecartement des armatures transversales:

$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T_{max}} = \frac{0,39 \cdot 7,8 \cdot 19 \cdot 2175}{993,0} = 14,201 \text{ cm}$ .

$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2h = 3,8 \text{ cm} \\ \left(1 - 0,13 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) h = 14,19 \text{ cm} \end{array} \right.$

on prendra  $t = 12 \text{ cm}$  au niveau de l'appui. Le 1<sup>er</sup> cours sera à  $t/2$  du nu de l'appui, pour les autres espacements on appliquera la suite "à quot"

Récapitulation:

Plancher	$T_{max}(\text{kg})$	$\tau_b (\text{kg/cm}^2)$	$M(\text{kg.m})$	$\mu$	$K$	$\sigma'_b$	$\bar{\tau}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	$\phi$ choisie $A_t \text{ cm}^2$
Terrasse	993	4,977	443	0,0548	36,2	77,35	19,88	2175	2 $\phi$ 5 0,39cm <sup>2</sup>
E.C	960,9	4,817	429	0,0530	36,8	76,08	19,99	2381	2 $\phi$ 5 0,39cm <sup>2</sup>

## Ferraillage de la table de compression: (CC BA 68 art 58-2)

afin de limiter les risques de fissuration, et pour répartir les charges prend un treillis soudé (quadrillage) de maille (20x20).

Les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser:

- 20 cm (5 p.m) pour les armatures perpendiculaires aux nervures.

- 33 cm (3 p.m) pour les armatures parallèles aux nervures.

les sections de ces armatures doivent vérifier les conditions suivantes:

- Armature  $\perp$  aux nervures :-

$$A_{\perp N} \geq \frac{2160}{\sigma_{en}} \longrightarrow \text{pour } l_n \leq 50 \text{ cm}$$

$$A_{\perp N} \geq \frac{43 l_n}{\sigma_{en}} \longrightarrow 50 \text{ cm} < l_n < 80 \text{ cm.}$$

dans notre cas  $l_n = 65 \text{ cm.}$  ;  $\sigma_c = 5300 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\phi \leq \phi_6$ .

$$\text{donc } A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2 < A_{\perp N} = 0,98 \text{ cm}^2 = 5\phi 5 / \text{ml.}$$

- Armatures // aux nervures:

$$A_{//N} > \frac{A_{\perp N}}{2} = \frac{0,98}{2} = 0,49 \text{ cm}^2 < A_{//N} = 0,98 \text{ cm}^2 = 5\phi 5 / \text{ml.}$$

donc on adopte un treillis soudé en  $\phi 5$  de maille (20x20).

Résumé: pour les deux planchers on adopte:

Armature entravée  $\longrightarrow$  2T10

Armature sur appui  $\longrightarrow$  2T8

Table de compression: un treillis-soudé en  $\phi 5$  de (20x20)



## Calcul du plancher R.D.C. (à usage d'habitation)

Le plancher R.D.C. est en dalle pleine, reposant sur les poutres.

Le calcul se fera sous la sollicitation du 1<sup>er</sup> genre ( $G+1,2P$ ).

on fera le calcul d'un seul panneau de dalle rectangulaire dont les dimensions sont plus grande; on ferraillera ensuite les autres panneaux identiquement; on suppose que les dalles sont simplement appuyées sur leurs côtés. Dans les calculs on réduira les moments entravés et surappuis conformément aux règles CCBA 68 (art 5<sup>t</sup>-2).

Les dimensions du panneau :

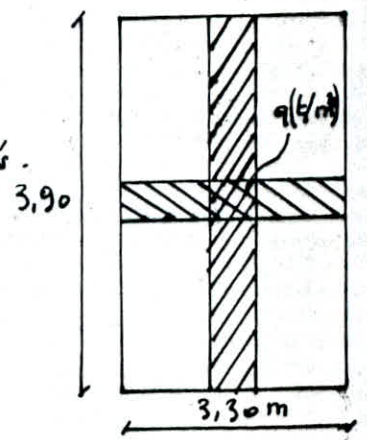
$$l_x = 3,30 \text{ m.}; \quad l_y = 3,90 \text{ m.} \Rightarrow \rho = \frac{l_x}{l_y} = 0,846$$

$0,40 < \rho < 1$  dalle rectangulaire appuyée sur 4 côtés.

$$M_{0x} = \mu_x q l_x^2.$$

$$M_{0y} = \mu_y M_{0x}.$$

$$T_x = q \frac{l_x}{2} \cdot \frac{1}{1 + \rho/2} = q \frac{l_x l_y}{2l_y + l_x}; \quad T_y = q \frac{l_x}{3}$$



Les valeurs de  $\mu_x$  et  $\mu_y$  sont données dans le CCBA 68; ils sont fonction de  $\rho$

$$\rho = 0,846 \Rightarrow \mu_x = 0,0610; \quad \mu_y = 0,7511.$$

Evaluation des charges :

$$\left. \begin{array}{l} G = 0,592 \text{ t/m}^2 \\ S = 0,175 \text{ t/m}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow q = G + 1,2P = 0,802 \text{ t/m}^2.$$

$$M_{0x} = 0,061 \cdot 0,802 \cdot 3,30^2 = 0,533 \text{ t m.} \quad T_x = 0,930 \text{ t.}$$

$$M_{0y} = 0,7511 \cdot 0,533 = 0,400 \text{ t m.} \quad T_y = 0,882 \text{ t.}$$

Répartition des moments :

entravé :  $M_{xt} = 0,85 M_{0x} = 0,453 \text{ t m.}$

$$M_{yt} = 0,85 M_{0y} = 0,340 \text{ t m.}$$

Aux appuis :  $M_{xa} = -0,50 M_{0x} = -0,266 \text{ t m.}$

$$M_{ya} = -0,50 M_{0y} = -0,200 \text{ t m.}$$

## Calcul des armatures :

Le calcul est fait par la méthode de "Pierre CHARON".

$$h_t = 15 \text{ cm.} \quad \phi_{\max} \leq \frac{h_t}{10} = 15 \text{ mm.}$$

\* Selon la petite portée  $l_x$  :

entravée :  $M_t = 0,453 \text{ t.m}$  avec  $h_x = h_t - d = 15 - 2 = 13 \text{ cm.}$

$$\mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h_x^2} = \frac{15 \cdot 0,453 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot (13)^2} = 0,10436 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9468 \\ k = 79,0 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{79,0} = 35,44 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h_x} = \frac{0,453 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9468 \cdot 13} = 1,314 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4T8 = 2,01 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ espacés de } 25 \text{ cm.}$$

\* Sur appuis :  $M_{xa} = -0,266 \text{ t.m}$  ;  $h_x = 13 \text{ cm.}$

$$\mu = \frac{15 M_{xa}}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h_x^2} = 0,0084 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9587 \\ k = 106 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 26,415 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{xa}}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h_x} = 0,762 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4T6 = 1,13 \text{ cm}^2/\text{ml} ; \text{ espacés de } 25 \text{ cm.}$$

\* Selon la grande portée  $l_y$  :

entravée :  $M_{yb} = 0,340 \text{ t.m}$  ;  $h_y = h_x - \frac{\phi_x + \phi_y}{2} = 12,2 \text{ cm.}$

$$\mu = \frac{0,340 \cdot 10^5 \cdot 15}{2800 \cdot 100 \cdot (12,2)^2} = 0,0122 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9507 \\ k = 86,5 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{86,5} = 32,37 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{yb}}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h_y} = 1,047 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3T8 = 1,50 \text{ cm}^2/\text{ml} ; \text{ espacés de } 33 \text{ cm.}$$

Sur appuis :  $M_{ya} = -0,200 \text{ t.m}$  .  $h_y = 12,4 \text{ cm.}$

$$\mu = 0,0069 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9624 \\ k = 118 \end{cases} \text{ d'où } \sigma'_b = 23,73 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{ya}}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h_y} = 0,598 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4T6 = 1,13 \text{ cm}^2/\text{ml} , \text{ espacés de } 25 \text{ cm.}$$

## Vérification des contraintes:

### 1. Condition de non fragilité:

\* Suivant  $l_x$ :  $A_x \geq 0,69 b h x \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} (2 - \rho) / 2$

$$A_x \geq 0,69 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{5,9}{4200} (2 - 0,1846) / 2 = 0,730 \text{ cm}^2.$$

\* Suivant  $l_y$ :

$$A_y \geq 0,69 \cdot b \cdot h y \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} \cdot \frac{1 + \rho}{4}$$

$$A_y \geq 0,69 \cdot 100 \cdot 12,2 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \frac{1 + 0,1846}{4} = 0,545 \text{ cm}^2.$$

c'est donc vérifié dans les 2 sens.

### 2. Condition de non fissuration:

$$\sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \cdot \frac{\tilde{\omega}_f}{1 + 10 \tilde{\omega}_f} ; \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta}{\phi} \bar{\sigma}_b} ; \tilde{\omega}_f = \frac{A}{2 \cdot b \cdot d} \quad \begin{matrix} b = 100 \text{ cm} \\ d = 2 \text{ cm} \end{matrix}$$

$$\phi = 8 \text{ mm} ; k = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (fissuration peu nuisible)} ; \eta = 1,6 \text{ (HA)} ; A = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_1 = 1435,372 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 3192,99 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \max(\sigma_1; \sigma_2) = \sigma_2 = 3192,99 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Vérifiée ...

### 3. Effort tranchant:

$$\begin{matrix} T_x = 0,930 \text{ t} \\ T_y = 0,882 \text{ t} \end{matrix} \Rightarrow \tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{930}{100 \cdot \frac{7 \cdot 13}{8}} = 0,818 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 1,15 \cdot \bar{\sigma}_b = 6,1790 \text{ kg/cm}^2$$

La condition est vérifiée.

### 4. Vérification des contraintes:

$$\tilde{\omega} = \frac{100 A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 2,01}{100 \cdot 13} = 0,1546 \Rightarrow \begin{cases} k = 62,5 \\ \varepsilon = 0,9355 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{45300}{2,01 \cdot 0,9355 \cdot 13} = 1853,168 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{1853,168}{62,5} = 29,65 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{vérifiée} \dots$$

### 5. Vérification de la flèche: (CCBA 68 Art 61.22)

on peut admettre qu'il n'est pas utile de donner une justification des flèches si

les conditions suivantes sont réalisées:

a-  $\frac{h_t}{l_x} \geq \frac{1}{20} \frac{M_t}{M_0}$

$h_t = 15 \text{ cm} ; l_x = 3,30 \text{ m} ; M_t = 0,453 \text{ t.m}$

b-  $\frac{A}{b h} < 20 / \sigma_{en}$

$M_0 = 0,533 \text{ t.m} ; A = 2,01 \text{ cm}^2 ; b = 100 \text{ cm} ; h = 13 \text{ cm} ; \sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2.$

donc on a: a-  $0,0455 > 0,0425$  ; b-  $1,546 \cdot 10^{-3} < 4,762 \cdot 10^{-3}$

La flèche est donc vérifiée.



## Calcul des rigidités.

Le calcul des rigidités ainsi que le calcul sous les charges horizontales se fera suivant la méthode de "Muto".

La méthode de "Muto" est une méthode approchée qui permet d'analyser une structure constituée de portiques sollicités par des efforts horizontaux (séisme-vent) basée sur les rigidités de niveaux, des étages dont "Muto" propose des formules approchées. Cette méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leurs plans, ayant une ossature composée de portiques reprenant la totalité des charges verticales et horizontales.

### Étapes de calcul

a. calcul des raideurs des poteaux et des poutres:

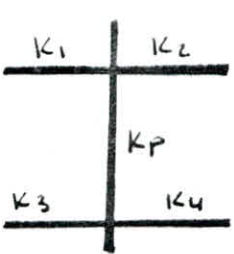
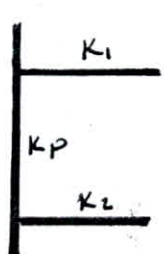
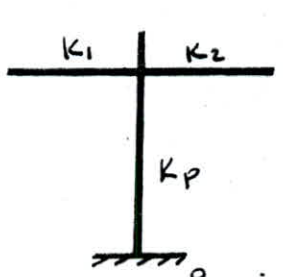
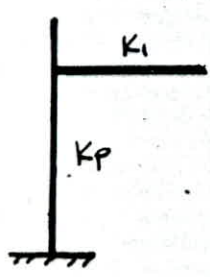
$$K_{pot} = \frac{I}{h_e} \quad ; \quad K_{pout} = \frac{I}{l}$$

$I$ : moment d'inertie du poteau ou de la poutre considérée.

$h_e$ : hauteur d'étage.

$l$ : portée de la poutre.

b. calcul des coefficients  $\bar{K}$  et des coefficients correcteurs  $\alpha$ :

				
	Etage courant		Premier niveau	
$\bar{K}$	$\frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{2K_p}$	$\frac{K_1 + K_2}{2K_p}$	$\frac{K_1 + K_2}{K_p}$	$\frac{K_1}{K_p}$
$\alpha$	$\frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$



c. Calcul des rigidités corrigées d'un poteau "i" du niveau "j"

$$r_j^{(i)} = \frac{12 E}{h_j^3} \cdot a_j^{(i)} K_j^{(i)}$$

d. Rigidité relative de niveau corrigée d'un portique :

$$R_j = \sum_{i=1}^{i=m} r_j^{(i)} = \frac{12 E}{(h_j^{(i)})^2} \sum_{i=1}^m a_j^{(i)} K_j^{(i)}$$

pour le même étage ( $h_j = \text{cte}$ )  $\Rightarrow$

$$R_j = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot \Delta_j$$

avec 
$$\Delta_j = \sum_{i=1}^m a_j^{(i)} K_j^{(i)}$$

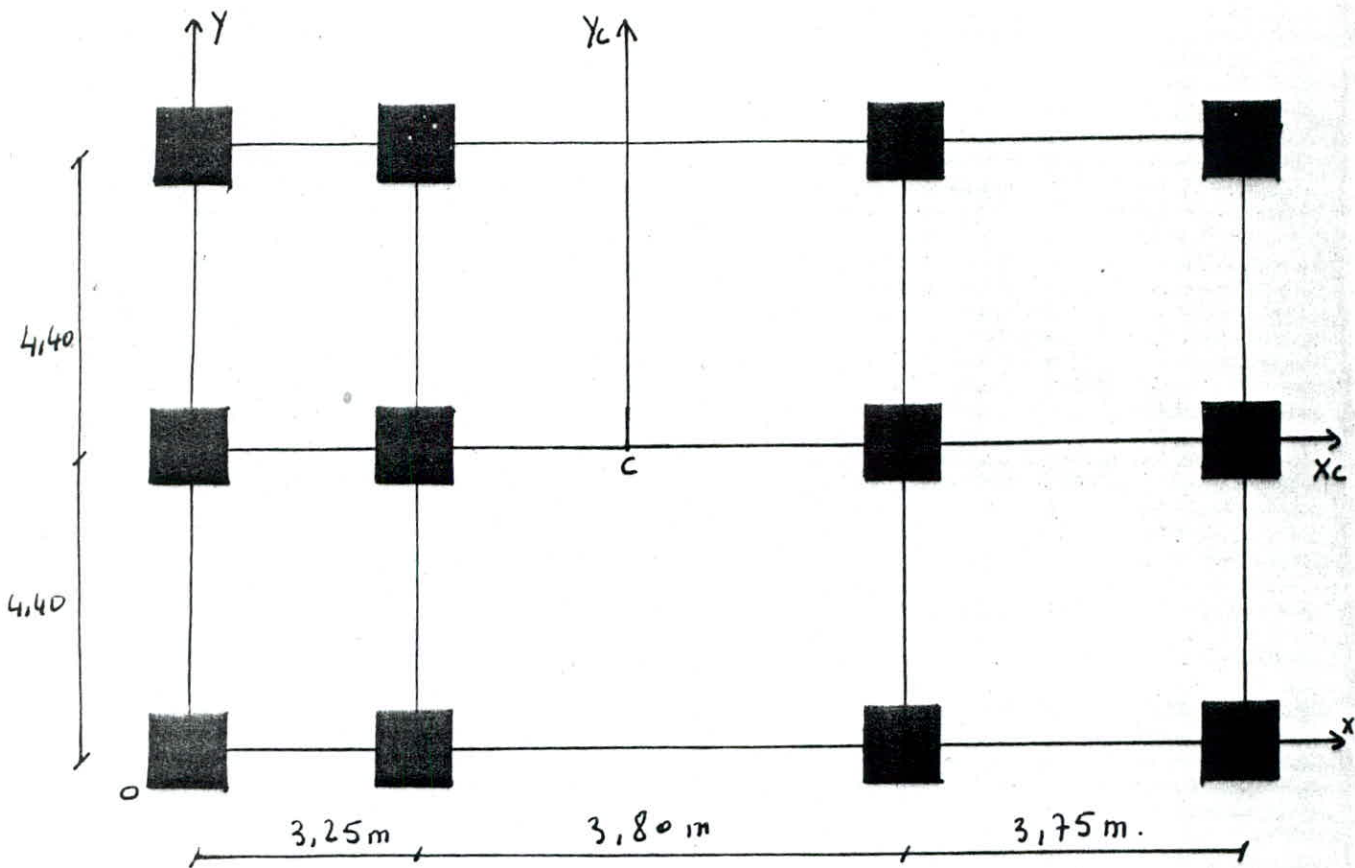
Sens longitudinal

N	Poteau	$\bar{K}$	$\alpha_j$	$K_p(\text{cm}^3)$	$\alpha_j K_p(\text{cm}^3)$	$D_j(\text{cm}^3)$	$R_j(\text{kg/cm})$
5 <sup>e</sup> - 6 <sup>e</sup> - 7 <sup>e</sup> - 8 <sup>e</sup> - 9 <sup>e</sup> - 4 <sup>e</sup>	A	0,7064	0,261	697,168	181,922	884,800	0,399 · 10 <sup>5</sup>
	B	1,3101	0,396	"	275,931		
	C	1,216	0,378	"	263,599		
	D	0,612	0,234	"	163,349		
2 <sup>e</sup> - 3 <sup>e</sup>	A	0,289	0,126	1702,070	215,053	1104,048	0,497 · 10 <sup>5</sup>
	B	0,537	0,216	"	360,070		
	C	0,498	0,199	"	339,352		
	D	0,251	0,111	"	189,573		
1 <sup>e</sup>	A	0,289	0,345	1702,070	586,807	2530,106	1,140 · 10 <sup>5</sup>
	B	0,537	0,409	"	695,570		
	C	0,498	0,399	"	680,032		
	D	0,251	0,333	"	567,697		

Sens transversal

N	Poteau	$\bar{K}$	$\alpha_j$	$K_p(\text{cm}^3)$	$\alpha_j K_p(\text{cm}^3)$	$D_j(\text{cm}^3)$	$R_j(\text{kg/cm})$
5 <sup>e</sup> - 6 <sup>e</sup> - 7 <sup>e</sup> - 8 <sup>e</sup> - 9 <sup>e</sup> - 4 <sup>e</sup>	A	1,019	0,337	697,168	235,273	822,365	0,370 · 10 <sup>5</sup>
	B	2,037	0,505	"	351,819		
	C	1,019	0,337	"	235,273		
2 <sup>e</sup> - 3 <sup>e</sup>	A	0,417	0,173	1702,070	293,814	1088,750	0,490 · 10 <sup>5</sup>
	B	0,835	0,294	"	501,123		
	C	0,417	0,173	"	293,814		
1 <sup>e</sup>	A	0,417	0,379	1702,070	645,878	2093,114	0,943 · 10 <sup>5</sup>
	B	0,835	0,471	"	801,359		
	C	0,417	0,379	"	645,878		

- Détermination du centre de masse et centre de torsion :



a. Calcul du centre de masse :

Soit le repère d'axes orthonormé  $xoy$  le centre de masse est donné par :  $x_G = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$  ;  $y_G = \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$

- 1) détermination du poids propre de chaque élément constituant le bâtiment.
- 2) détermination du centre de masse de tous les éléments (planchers, façades, poteaux, poutres).
- 3) on détermine enfin le centre de masse de chaque niveau

\* pour tout les niveaux on a :  $x_G = 5,388 \text{ m}$  ;  $y_G = 4,40 \text{ m}$ .

b. Centre de torsion :

Par rapport au repère choisi ( $xoy$ ), les coordonnées du centre de torsion de l'étage ( $j$ ) sont données par la formule :

$$x_{c_j} = \frac{\sum_{t=1}^K R_j^{(t)} \cdot x_j^{(t)}}{\sum_{t=1}^K R_j^{(t)}} \quad \text{avec } t = \text{sens transversal.}$$

$$y_{c_j} = \frac{\sum_{l=1}^L R_j^{(l)} \cdot y_j^{(l)}}{\sum_{l=1}^L R_j^{(l)}} \quad \text{" } l = \text{sens longitudinal.}$$

$x_j^{(t)}$  : position d'un portique transversal par rapport à  $oy$



$y_j^{(l)}$ : position d'un portique longitudinal par rapport à  $ox$ .

$R_{jy}^{(l)}$ : rigidité relative de niveau  $(j)$  du portique transversal.  $(l)$ .

$R_{jx}^{(l)}$ : " " " " " " " " longitudinal.  $(l)$ .

tout les portiques ont la même rigidité relative de niveau donc on a

les résultats suivants: - pour chaque niveau:  $X_c = \frac{\sum x_i}{4} = 5,275 \text{ m.}$

$$Y_c = \frac{\sum y_i}{3} = 4,40 \text{ m.}$$

c. Calcul de l'excentricité:

D'après le RPA on considère une torsion d'ensemble au maximum de 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau,

cette excentricité résulte de l'excentricité de la résultante de forces horizontales appliquées au centre de masse par rapport au centre de torsion.

$$e_x = 0,05 \times 11,20 = 56 \text{ cm (excentricité accidentelle).}$$

l'excentricité réelle:  $e_x = |X_G - X_c| = |5,388 - 5,275| = 11,30 \text{ cm.}$

donc  $e_x = \max(e_{xH}; e_{xacc}) = 56 \text{ cm.}$

d. Calcul des coordonnées des portiques par rapport au centre de torsion et de

la rigidité à la torsion ( $R_{j\theta}$ )

Sens longitudinal

Niveau	Portique	$y_c^l(\text{cm})$	$R_j^l (\text{kg/cm})$	$R_j^l y_c^2 (\text{kg.cm})$	$\sum R_j^l y_c^2 (\text{kg.cm})$
9 <sup>e</sup> 8 <sup>e</sup> 7 <sup>e</sup> 6 <sup>e</sup> 5 <sup>e</sup> 4 <sup>e</sup>	A-A	-440	$0,399 \cdot 10^5$	$0,773 \cdot 10^{10}$	$1,546 \cdot 10^{10}$
	B-B	0	$0,399 \cdot 10^5$	0	
	C-C	440	$0,399 \cdot 10^5$	$0,773 \cdot 10^{10}$	
3 <sup>e</sup> 2 <sup>e</sup>	A-A	-440	$0,497 \cdot 10^5$	$0,962 \cdot 10^{10}$	$1,924 \cdot 10^{10}$
	B-B	0	$0,497 \cdot 10^5$	0	
	C-C	440	$0,497 \cdot 10^5$	$0,962 \cdot 10^{10}$	
1 <sup>er</sup>	A-A	-440	$1,140 \cdot 10^5$	$2,207 \cdot 10^{10}$	$4,414 \cdot 10^{10}$
	B-B	0	$1,140 \cdot 10^5$	0	
	C-C	440	$1,140 \cdot 10^5$	$2,207 \cdot 10^{10}$	



Sens transversal :

Niveau	Portique	$x_t^t$ (cm)	$R_j^t$ (kg/cm)	$R_j^t \cdot x_t^2$ (kg.cm)	$\sum R_j^t \cdot x_t^2$ (kg.cm)
9 <sup>e</sup> 8 <sup>e</sup> 7 <sup>e</sup> 6 <sup>e</sup> 5 <sup>e</sup> 4 <sup>e</sup>	8-8	-527,5	$0,370 \cdot 10^5$	$1,029 \cdot 10^{10}$	$2,1427 \cdot 10^{10}$
	7-7	-202,5	$0,370 \cdot 10^5$	$0,152 \cdot 10^{10}$	
	4-4	177,5	$0,370 \cdot 10^5$	$0,117 \cdot 10^{10}$	
	3-3	552,5	$0,370 \cdot 10^5$	$1,129 \cdot 10^{10}$	
3 <sup>e</sup> 2 <sup>e</sup>	8-8	-527,5	$0,490 \cdot 10^5$	$1,363 \cdot 10^{10}$	$3,215 \cdot 10^{10}$
	7-7	-202,5	$0,490 \cdot 10^5$	$0,200 \cdot 10^{10}$	
	4-4	177,5	$0,490 \cdot 10^5$	$0,154 \cdot 10^{10}$	
	3-3	552,5	$0,490 \cdot 10^5$	$1,496 \cdot 10^{10}$	
1 <sup>er</sup>	8-8	-527,5	$0,943 \cdot 10^5$	$2,624 \cdot 10^{10}$	$6,186 \cdot 10^{10}$
	7-7	-202,5	$0,943 \cdot 10^5$	$0,387 \cdot 10^{10}$	
	4-4	177,5	$0,943 \cdot 10^5$	$0,297 \cdot 10^{10}$	
	3-3	552,5	$0,943 \cdot 10^5$	$2,878 \cdot 10^{10}$	

La rigidité à la torsion de l'étage (j) est donnée par la formule suivante.

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

où  $x_t$  et  $y_l$  sont les coordonnées des portiques par rapport au repère  $(y_c, x_c)$ .

Rigidité \ Niveau	9 <sup>e</sup> - 4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup> - 2 <sup>e</sup>	1 <sup>er</sup>
$R_{j\theta}$ (kg.cm)	$3,973 \cdot 10^{10}$	$5,139 \cdot 10^{10}$	$10,600 \cdot 10^{10}$

# Etude au Seisme.

## Generalités:

Une très grande partie du territoire ALgerien est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses sismiques; L'intensité de ces secousses peut produire d'importants dégâts aux constructions, à moins que celles-ci soient construites de façon à résister à ces efforts.

## Règlement suivi et principe de calcul:

Le règlement utilisé est le RPA 81 et ceci dans le but de faire une étude sismique basée sur des analyses déjà faites sur la sismicité en Algérie.

Le calcul a été fait par la méthode pseudo-dynamique qui se prête probablement mieux à une interprétation réaliste du comportement de notre structure soumise à des charges sismiques que le calcul statique.

## Détermination des charges sismiques:

Les charges sismiques sont supposées concentrées aux niveaux des planchers. D'après le RPA 81 (art 3-3.1.5) pour les bâtiments à usage d'habitation, la valeur  $W$  comprend la totalité des charges permanentes

### 1. Niveau 9 - niveau terrasse:

- Acrotère	4,900 t
- Plancher	60,351 t
- Poutres transversales	13,200 t
- Poutres longitudinales	9,720 t
- $\frac{1}{2}$ poteau	7,344 t
- $\frac{1}{2}$ remplissage	12,139 t

$$W_g = 107,654 \text{ t}$$

Niveaux 8<sup>e</sup> - 7<sup>e</sup> - 6<sup>e</sup> - 5<sup>e</sup> - 4<sup>e</sup>

- Plancher ..	49,610 t
- Poutres transversales	13,200 t
- Poutres longitudinales	9,720 t
- Poteaux	14,688 t
- Remplissage	24,278 t
- Balcon	2,547 t

$$W = 114,043 \text{ t}$$

Niveau 3<sup>e</sup>

- Plancher	49,610 t
- Poutres transversales	13,200 t
- Poutres longitudinales.	9,720 t
- Poteaux	18,819 t
- Remplissage	24,278 t
- Balcon	2,547 t

$$W = 118,174 \text{ t}$$

Niveaux 2<sup>e</sup> - 1<sup>er</sup>

- Plancher	49,610 t
- Poutres transversales	13,200 t
- Poutres longitudinales	9,720 t
- Poteaux	22,950 t
- Remplissage	24,278 t
- Balcon	2,547 t

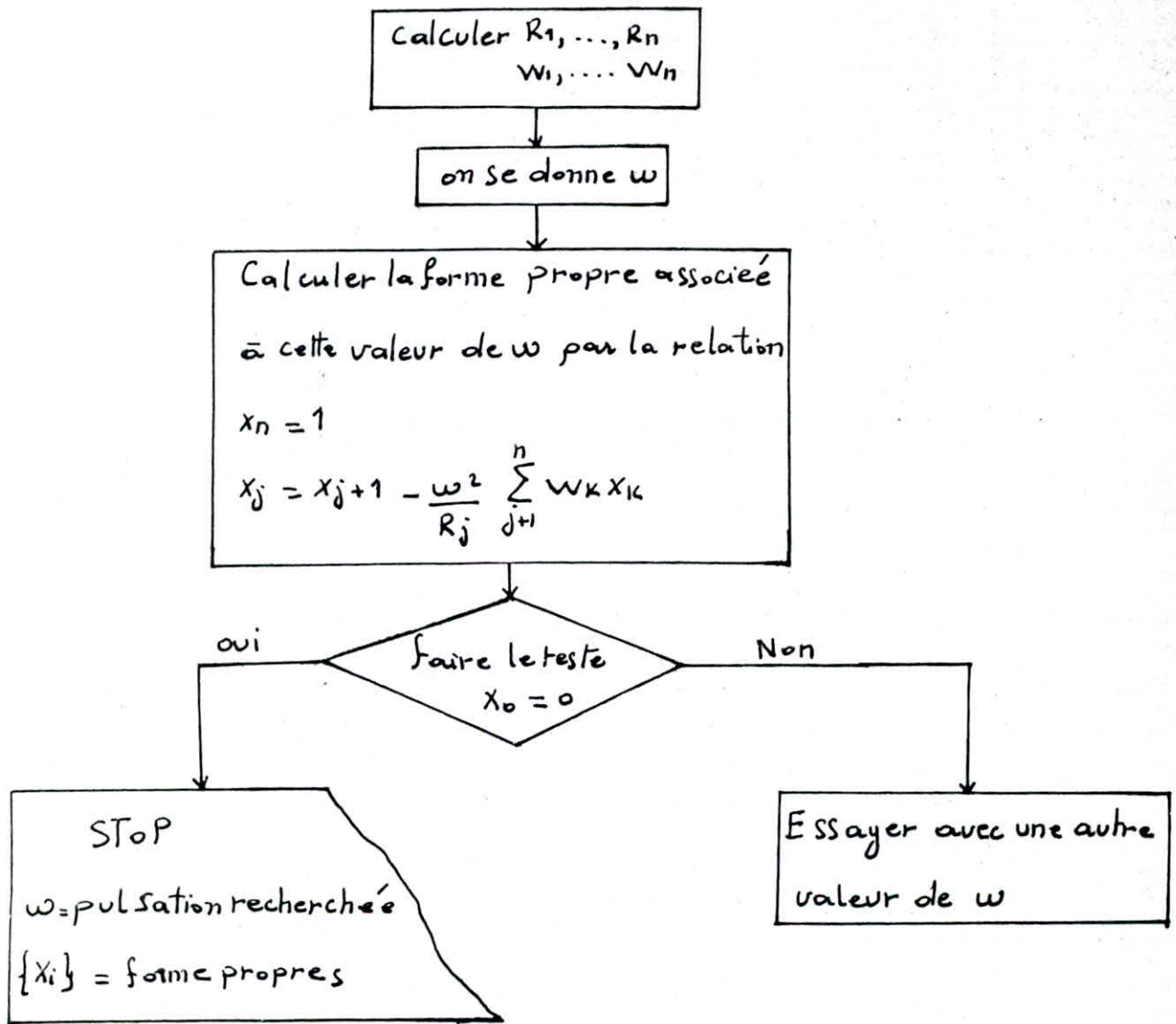
$$W = 122,305 \text{ t}$$



Évaluation des pulsations et des périodes :

La méthode utilisée est celle de HOLZER. C'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative de niveau ; elle se prête bien pour les structures en portiques.

1- Procédé de la méthode : il est donné sous forme d'organigramme



2. Calcul de la période :

a. Sens transversal :

\* Mode fondamental :  $\omega_1 \rightarrow T_1$ .

$$\omega^2 = 45,53 \text{ (rad/s)}^2$$



Sens transversal:

\*mode fondamentale :  $\omega_1^2 = 45,53 (\text{rad/s})^2$

K	$W_k(\text{kg})$	$W_k \omega^2 10^4$	$x_k$	$W_k \cdot \omega^2 x_k$ <small><math>10^4</math></small>	$\sum W_k \omega^2 x_k$ <small><math>10^4</math></small>	$R_k \cdot 10^8$ <small>N/m</small>	$\frac{\sum W_k \omega^2 x_k}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107,654	490,149	1,000	490,149	490,149	1,480	0,1033
8 <sup>e</sup>	114,043	519,238	0,967	502,103	992,252	1,480	0,1067
7 <sup>e</sup>	114,043	519,238	0,900	467,314	1459,566	1,480	0,10986
6 <sup>e</sup>	114,043	519,238	0,801	415,910	1875,476	1,480	0,127
5 <sup>e</sup>	114,043	519,238	0,675	350,486	2225,962	1,480	0,150
4 <sup>e</sup>	114,043	519,238	0,525	272,600	2498,562	1,480	0,169
3 <sup>e</sup>	118,174	538,046	0,356	191,545	2690,107	1,960	0,13
2 <sup>e</sup>	122,305	556,855	0,219	121,951	2812,058	1,960	0,1014
1 <sup>er</sup>	122,305	556,855	0,076	42,321	2854,379	3,772	0,10759

test:  $x_1 = 0,076$  et  $\frac{1}{R_k} \sum W_k \omega^2 x_k = 0,0757 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_k} \sum W_k \omega^2 x_k = 0,0003$

donc on a  $\omega_1^2 = 45,53 (\text{rad/s})^2$  et  $x_9 = 1,000$   $x_5 = 0,675$   
 $x_8 = 0,967$   $x_4 = 0,525$   
 $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} = 0,931 \text{ s.}$   $x_7 = 0,900$   $x_3 = 0,356$   
 $x_6 = 0,801$   $x_2 = 0,219$   
 $x_1 = 0,076$

2°)  $\omega_2^2 = 380,55 (\text{rad/s})^2$

K	$W_k(\text{kg})$	$W_k \omega^2 \cdot 10^4$	$x_k$	$W_k \cdot \omega^2 x_k$ <small><math>10^4</math></small>	$\sum W_k \omega^2 x_k$ <small><math>10^4</math></small>	$R_k \cdot 10^8$	$\frac{\sum W_k \omega^2 x_k}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107,654	4096,773	1,000	4096,773	4096,773	1,480	0,277
8 <sup>e</sup>	114,043	4339,906	0,724	3142,092	7238,865	1,480	0,489
7 <sup>e</sup>	114,043	4339,906	0,235	1019,878	8258,743	1,480	0,558
6 <sup>e</sup>	114,043	4339,906	-0,322	-1397,450	6861,293	1,480	0,463
5 <sup>e</sup>	114,043	4339,906	-0,785	-3406,827	3454,466	1,480	0,233
4 <sup>e</sup>	114,043	4339,906	-1,018	-4418,025	-963,559	1,480	-0,065
3 <sup>e</sup>	118,174	4497,112	-0,953	-4285,747	-5249,306	1,960	-0,267
2 <sup>e</sup>	122,305	4654,317	-0,685	-3188,207	-8437,513	1,960	-0,430
1 <sup>er</sup>	122,305	4654,317	-0,255	-1186,851	-9624,364	3,772	-0,255

test:  $x_1 = -0,255$  et  $\frac{1}{R_k} \sum W_k \omega^2 x_k = -0,255 \Rightarrow x_0 = 0$

et on a:  $\omega_2^2 = 380,55 (\text{rad/s})^2 \Rightarrow \omega = 19,507 \text{ rad/s} \Rightarrow T = 0,322 \text{ s.}$

les formes propre sont:

$$x_9 = 1,000$$

$$x_6 = -0,322$$

$$x_3 = -0,953$$

$$x_8 = 0,724$$

$$x_5 = -0,785$$

$$x_2 = -0,685$$

$$x_7 = 0,235$$

$$x_4 = -1,018$$

$$x_1 = -0,255$$

$$3) \omega_3^2 = 969,385 \text{ (rd/s)}^2$$

K	$w_k \text{ (kg)}$	$w_k \omega^2 \cdot 10^4$	$x_k$	$w \cdot x_k \cdot \omega^2 \cdot 10^4$	$\sum \frac{w_k \cdot x_k \cdot \omega^2}{10^4}$	$R_k \cdot 10^8$	$\sum \frac{w_k \cdot x_k \cdot \omega^2}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107,654	10435,817	1,000	10435,817	10435,817	1,480	0,705
8 <sup>e</sup>	114,043	11055,1570	0,296	3272,326	13708,143	1,480	0,926
7 <sup>e</sup>	114,043	11055,157	-0,629	-6953,694	6754,449	1,480	0,456
6 <sup>e</sup>	114,043	11055,157	-1,085	-11994,845	-5240,396	1,480	-0,354
5 <sup>e</sup>	114,043	11055,157	-0,731	-8081,319	-13321,715	1,480	-0,900
4 <sup>e</sup>	114,043	11055,157	0,168	1857,266	-11464,449	1,480	-0,774
3 <sup>e</sup>	118,174	11455,610	0,942	10791,185	-673,264	1,960	-0,034
2 <sup>e</sup>	122,305	11856,063	0,976	11571,517	10898,253	1,960	0,556
1 <sup>er</sup>	122,305	11856,063	0,421	4991,402	15889,655	3,772	0,421

test:  $x_1 = 0,421$  et  $\frac{1}{R_k} \sum w_k x_k \omega^2 = 0,421 \Rightarrow x_0 = 0$

et on a:  $\omega_3^2 = 969,385 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T_3 = 0,202 \text{ s}$

Les formes propres:  $x_9 = 1,000$      $x_7 = -0,629$      $x_5 = -0,731$      $x_3 = 0,942$   
 $x_8 = 0,296$      $x_6 = -1,085$      $x_4 = 0,168$      $x_2 = 0,976$   
 $x_1 = 0,421$

II) Sens longitudinal:  $\omega_1^2 = 36,35 \text{ (rd/s)}^2$

K	$w_k \text{ (kg)}$	$w_k \omega^2 \cdot 10^4$	$x_k$	$w_k \omega^2 \cdot x_k \cdot 10^4$	$\sum \frac{w_k \omega^2 \cdot x_k}{10^4}$	$R_k \cdot 10^8$	$\sum \frac{w_k \cdot x_k \cdot \omega^2}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107,654	391,322	1,000	391,322	391,322	1,196	0,033
7 <sup>e</sup>	114,043	414,546	0,967	400,866	792,188	1,196	0,066
8 <sup>e</sup>	114,043	414,546	0,901	373,506	1165,694	1,196	0,097
6 <sup>e</sup>	114,043	414,546	0,804	333,295	1498,989	1,196	0,125
5 <sup>e</sup>	114,043	414,546	0,678	281,062	1780,051	1,196	0,149
4 <sup>e</sup>	114,043	414,546	0,529	219,295	1999,346	1,196	0,167
3 <sup>e</sup>	118,174	429,563	0,362	155,502	2154,848	1,492	0,144
2 <sup>e</sup>	122,305	444,579	0,218	96,918	2251,766	1,492	0,151
1 <sup>er</sup>	122,305	444,579	0,067	29,787	2281,553	3,419	0,067

test:  $x_1 = 0,067$  et  $\frac{1}{R_k} \sum w_k \cdot x_k \cdot \omega^2 = 0,067 \Rightarrow x_0 = 0$

et  $\omega_1^2 = 36,35 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T_1 = 1,042 \text{ s}$

Les formes propres:  $x_9 = 1,000$      $x_6 = 0,804$      $x_3 = 0,362$   
 $x_8 = 0,967$      $x_5 = 0,678$      $x_2 = 0,218$   
 $x_7 = 0,901$      $x_4 = 0,529$      $x_1 = 0,067$



$$\omega_2^2 = 306,475 \text{ (rd/s)}^2$$

K	$w_k \text{ (kg)}$	$w_k \cdot \omega^4$	$x_k$	$w_k \cdot x_k \cdot \omega^4$	$\sum w_k \cdot x_k \cdot \omega^4$	$R_k \cdot 10^8$	$\frac{\sum w_k \cdot x_k \cdot \omega^4}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107654	3299,326	1,000	3299,326	3299,326	1,196	0,276
8 <sup>e</sup>	114043	3495,133	0,724	2530,1476	5829,802	1,196	0,487
7 <sup>e</sup>	114043	3495,133	0,237	828,346	6658,148	1,196	0,557
6 <sup>e</sup>	114043	3495,133	-0,320	-1118,443	5539,705	1,196	0,463
5 <sup>e</sup>	114043	3495,133	-0,783	-2736,689	2803,016	1,196	0,234
3	114043	3495,133	-1,017	-3554,550	-751,534	1,196	0,063
3 <sup>e</sup>	118174	3621,738	-0,954	-3455,138	-4206,672	1,492	-0,282
2 <sup>e</sup>	122305	3748,342	-0,672	-2518,885	-6721,557	1,492	-0,451
1 <sup>er</sup>	122305	3748,342	-0,221	-828,383	-7553,940	3,419	-0,221

test:  $x_1 = -0,221$  et  $\frac{1}{R_k} \sum w_k x_k \omega^2 = -0,221 \Rightarrow x_0 = 0$  on arrête le test.

donc  $\omega_2^2 = 306,475 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T = 0,359 \text{ s}$ .

les formes propres:  $x_9 = 1,000$      $x_8 = 0,724$      $x_7 = 0,237$      $x_6 = -0,320$   
 $x_5 = -0,783$      $x_4 = -1,017$      $x_3 = -0,954$      $x_2 = -0,672$

3)  $\omega_3^2 = 786,810 \text{ (rd/s)}^2$      $x_1 = -0,221$ .

K	$w_k \text{ (kg)}$	$w_k \omega^4$	$x_k$	$w_k \cdot x_k \cdot \omega^4$	$\sum w_k \cdot x_k \cdot \omega^4$	$R_k \cdot 10^8$	$\frac{\sum w_k \cdot x_k \cdot \omega^4}{R_k}$
9 <sup>e</sup>	107654	8470,324	1,000	8470,324	8470,324	1,196	0,708
8 <sup>e</sup>	114043	8973,017	0,292	2620,121	11090,445	1,196	0,927
7 <sup>e</sup>	114043	8973,017	-0,635	-5697,865	5392,580	1,196	0,451
6 <sup>e</sup>	114043	8973,017	-1,086	-9744,697	-4352,117	1,196	-0,364
5 <sup>e</sup>	114043	8973,017	-0,722	-6478,518	-10830,635	1,196	-0,906
4 <sup>e</sup>	114043	8973,017	0,184	1651,035	-9179,600	1,196	-0,7675
3 <sup>e</sup>	118174	9298,048	0,952	8851,734	-327,866	1,492	-0,022
2 <sup>e</sup>	122305	9623,080	0,974	9372,880	9045,014	1,492	0,606
1 <sup>er</sup>	122305	9623,080	0,368	3541,293	12586,307	3,419	0,368

test:  $x_1 = 0,368$  et  $\frac{1}{R_k} \sum w_k x_k \omega^2 = 0,368 \Rightarrow x_0 = 0$

donc  $\omega_3^2 = 786,810 \text{ (rd/s)}^2$  et  $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,224 \text{ s}$

les formes propres:  $x_9 = 1,000$      $x_6 = -1,086$      $x_3 = 0,952$   
 $x_8 = 0,292$      $x_5 = -0,722$      $x_2 = 0,974$   
 $x_7 = -0,635$      $x_4 = 0,184$      $x_1 = 0,368$



## Evaluation des forces sismiques :

Elle sera faite par la méthode modale donnée par le RPA 81. Le choix fait est dû au fait que le bloc étudié est simple dans les 2 sens; elle permet d'avoir une approche plus précise, et cela en tenant compte des modes supérieurs.

La force totale agissante à chaque niveau résulte de la combinaison des réponses modales; afin de tenir compte de la différence de phase, on fera une superposition quadratique.

$$F = \sqrt{\sum F_{ki}^2} \quad \text{avec } k: \text{représente l'indice de niveau.}$$

$i$ : mode de vibration,  $i = 1, 2, 3$ .

$F_{ki}$ : force sismique de calcul.

Dans les deux sens à chaque période correspond une force  $F_{ki}$ :

$$\text{ainsi } F_k = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + F_{k3}^2}$$

a- Sens Longitudinal :

$$\text{Force sismique de calcul : } F_{ki} = \Gamma_i w_k (A \cdot B \cdot D_i \cdot Q) X_{ki}$$

$w_k$ : poids revenant au plancher  $k$ .

$\Gamma_i$ : facteur de contribution du mode  $i$ .

$X_{ki}$ : vecteur propre du mode  $i$ .

$A$ : coefficient d'accélération des zones.

$B$ : facteur de comportement de la structure.

$Q$ : facteur de qualité.

$D_i$ : facteur d'amplification dynamique du mode  $i$ .

2) Calcul des différents coefficients (A, B, Q) :

$$* A = 0,15 \quad (\text{Groupe d'usage 2 - Zone 2})$$

$$* B = 1/4 = 0,25 \quad (\text{Structure en portiques autostables})$$

$$* Q = 1,3 \quad \text{avec } Q = 1 + \sum P_q \quad (P_q = \text{penalités})$$

### Sens longitudinal:

#### 3. Calcul du coefficient $D_i$ (Facteur d'amplification dynamique)

$$\text{Sol meuble} \Rightarrow D = 2 \sqrt{\frac{0,15}{T}}$$

$$T_1 = 1,042 \text{ s} \Rightarrow D_1 = 1,385 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode})$$

$$T_2 = 0,359 \text{ s} \Rightarrow D_2 = 2,361 \quad (2^{\text{e}} \text{ mode})$$

$$T_3 = 0,224 \text{ s} \Rightarrow D_3 = 2,988 \quad (3^{\text{e}} \text{ mode}) \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} D_2 \\ D_3 \end{matrix}} \right\} D = 2$$

#### 4. Calcul du facteur de Contribution $\Gamma_i$ :

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n w_k x_{ki}}{\sum_{k=1}^n w_k x_{ki}^2} \quad n = 9.$$

ainsi pour les trois modes on a:

$$1^{\text{er}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_1 = 1,281.$$

$$2^{\text{e}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_2 = -0,455.$$

$$3^{\text{e}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_3 = 0,266.$$

### Sens transversal:

1. Calcul des différents coefficients:  $A = 0,15$  ;  $B = 0,25$  ;  $\varphi = 1,3$ .

#### 2. Calcul du coefficient $D_i$ :

$$T_1 = 0,931 \Rightarrow D_1 = 1,466 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode})$$

$$T_2 = 0,322 \Rightarrow D_2 = 2,492 \quad (2^{\text{e}} \text{ mode})$$

$$T_3 = 0,202 \Rightarrow D_3 = 3,148 \quad (3^{\text{e}} \text{ mode}) \quad \left. \vphantom{\begin{matrix} D_2 \\ D_3 \end{matrix}} \right\} D = 2$$

#### 4. Calcul du facteur de Contribution $\Gamma_i$ :

$$1^{\text{er}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_1 = 1,293$$

$$2^{\text{e}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_2 = -0,463$$

$$3^{\text{e}} \text{ mode} \Rightarrow \Gamma_3 = 0,271$$

#### 4. Évaluation des forces sismiques dans le sens transversal:

$$F = \sqrt{\sum F_{ki}^2} \quad \text{avec} \quad F_{ki} = \Gamma_i^e w_k (A B D_i \varphi) x_{ki}.$$

Les calculs sont donnés sous forme de tableaux.

1 <sup>o</sup> Mode.				
$w_k (t)$	$x_{k1}$	$x_{k1}^2$	$w_k \cdot x_{k1}$	$w_k \cdot x_{k1}^2$
107,654	1,000	1,000	107,654	107,654
114,043	0,967	0,935	110,314	106,706
114,043	0,901	0,811	102,756	92,586
114,043	0,836	0,699	95,283	79,609
114,043	0,678	0,459	77,344	52,454
114,043	0,529	0,280	60,374	31,962
118,174	0,362	0,131	42,803	15,503
122,305	0,218	0,047	26,626	5,796
122,305	0,067	0,004	8,173	0,546
		$\Sigma$	631,327	492,816

2 <sup>o</sup> Mode			
$x_{k2}$	$x_{k2}^2$	$w_k \cdot x_{k2}$	$w_k \cdot x_{k2}^2$
1,000	1,000	107,654	107,654
0,724	0,524	82,578	59,795
0,237	0,056	26,983	6,384
-0,320	0,102	-36,482	11,670
-0,783	0,613	-89,307	69,936
-1,017	1,035	-116,027	118,046
-0,954	0,911	-112,773	107,619
-0,672	0,452	-82,201	55,247
-0,221	0,049	-27,029	5,973
		$\Sigma$	-246,604 542,324

3 <sup>o</sup> Mode			
$x_{k3}$	$x_{k3}^2$	$w_k \cdot x_{k3}$	$w_k \cdot x_{k3}^2$
1,000	1,000	107,654	107,654
0,292	0,085	33,274	9,708
-0,635	0,403	-72,451	46,028
-1,086	1,1779	-123,828	134,452
-0,722	0,521	-82,293	59,383
0,184	3,382	20,973	3,857
0,951	0,905	112,443	106,989
0,973	0,948	119,100	115,980
0,368	0,135	45,008	16,563
		$\Sigma$	159,880 600,614

Sens longitudinal

34-1



Calcul des forces  $F_{k1}$ ,  $F_{k2}$ ,  $F_{k3}$  et  $F_k$  :

Sens longitudinal

K	$\Gamma_1 ABD_1 \varphi W_k$	$\chi_{k1}$	$F_{k1}(t)$
9 <sup>e</sup>	10,035	1,000	10,035
8 <sup>e</sup>	10,631	0,967	10,283
7 <sup>e</sup>	10,631	0,901	9,579
6 <sup>e</sup>	10,631	0,836	8,882
5 <sup>e</sup>	10,631	0,678	7,210
4 <sup>e</sup>	10,631	0,529	5,628
3 <sup>e</sup>	11,016	0,362	3,990
2 <sup>e</sup>	11,401	0,218	2,482
1 <sup>e</sup>	11,401	0,067	0,762

$\Gamma_2 ABD_2 \varphi W_k$	$\chi_{k2}$	$F_{k2}(t)$
-6,068	1,000	-6,068
-6,428	0,724	-4,654
-6,428	0,237	-1,521
-6,428	-0,320	2,056
-6,428	-0,783	5,034
-6,428	-1,017	6,540
-6,661	-0,954	6,356
-6,894	-0,672	4,633
-6,894	-0,221	1,524

$\Gamma_3 ABD_3 \varphi W_k$	$\chi_{k3}$	$F_{k3}(t)$
4,497	1,000	4,497
4,764	0,292	1,390
4,764	-0,635	-3,026
4,764	-1,086	-5,172
4,764	-0,722	-3,438
4,764	0,184	0,876
4,936	0,952	4,697
5,109	0,974	4,975
5,109	0,368	1,880

Niveaux Forces	9 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>e</sup>
$F_{k1}(t)$	10,035	10,283	9,579	8,882	7,210	5,628	3,990	2,482	0,762
$F_{k2}(t)$	-6,068	-4,654	-1,521	2,056	5,034	6,540	6,356	4,633	1,524
$F_{k3}(t)$	4,497	1,390	-3,026	-5,172	-3,438	0,876	4,697	4,975	1,880
$F_k = \sqrt{\sum F_{ki}^2}(t)$	12,559	11,373	10,160	10,482	9,441	8,672	8,853	7,237	2,537

1 <sup>er</sup> Mode				
$W_k(f)$	$x_{k1}$	$x_{k1}^2$	$W_k \cdot x_{k1}$	$W_k \cdot x_{k1}^2$
107,654	1,000	1,000	107,654	107,654
114,043	0,967	0,934	110,268	106,618
114,043	0,900	0,810	102,627	92,354
114,043	0,801	0,642	91,404	73,260
114,043	0,746	0,555	76,967	51,945
114,043	0,524	0,275	59,838	31,397
118,174	0,356	0,127	42,082	14,985
122,305	0,219	0,048	26,785	5,866
122,305	0,075	0,006	9,256	0,700
		$\Sigma$	626,881	484,775

2 <sup>e</sup> Mode			
$x_{k2}$	$x_{k2}^2$	$W_k \cdot x_{k2}$	$W_k \cdot x_{k2}^2$
1,000	1,000	107,654	107,654
0,724	0,523	82,510	59,696
0,235	0,055	26,823	6,309
-0,322	0,104	-36,710	11,817
-0,785	0,616	-89,512	70,258
-1,018	1,036	-116,084	118,162
-0,953	0,908	-112,608	107,304
-0,685	0,470	-83,828	57,455
0,255	0,065	-31,212	7,965
		$\Sigma$	-252,967
			546,620

3 <sup>e</sup> Mode			
$x_{k3}$	$x_{k3}^2$	$W_k \cdot x_{k3}$	$W_k \cdot x_{k3}^2$
1,000	1,000	107,654	107,654
0,296	0,087	33,734	9,978
-0,629	0,396	-71,733	45,120
-1,085	1,176	-123,691	134,155
-0,731	0,535	-83,377	60,957
0,168	0,028	19,125	3,207
0,942	0,886	111,261	104,752
0,976	0,953	119,394	116,553
0,421	0,177	51,490	21,677
		$\Sigma$	163,857
			604,053

Sens transversal



# Calcul des forces $F_{k1}$ , $F_{k2}$ , $F_{k3}$ et $F_k$ .

Sens transversal

K	$\Gamma_{ABD_2QW_k}$	$X_{k1}$	$F_{k1} (t)$
ge	10,714	1,000	10,714
8e	11,31	0,967	10,974
7e	11,350	0,900	10,214
6e	11,350	0,802	9,097
5e	11,350	0,675	7,660
4e	11,350	0,525	5,955
3e	11,761	0,356	4,188
2e	12,173	0,219	2,666
1e	12,173	0,076	0,921

K	$\Gamma_{ABD_2QW_k}$	$X_{k2}$	$F_{k2} (t)$
ge	-6,518	1,000	-6,518
8e	-6,905	0,724	-4,996
7e	-6,905	0,235	-1,624
6e	-6,905	-0,322	2,223
5e	-6,905	-0,785	5,420
4e	-6,905	-1,018	7,028
3e	-7,155	-0,953	6,818
2e	-7,405	-0,685	5,075
1e	-7,405	-0,255	1,889

K	$\Gamma_{ABD_3QW_k}$	$X_{k3}$	$F_{k3} (t)$
ge	4,828	1,000	4,828
8e	5,114	0,296	1,513
7e	5,114	-0,629	-3,217
6e	5,114	-1,085	-5,547
5e	5,114	-0,731	-3,739
4e	5,114	0,168	0,858
3e	5,300	0,942	4,990
2e	5,485	0,976	5,354
1e	5,485	0,421	2,309

Niveaux	ge	8e	7e	6e	5e	4e	3e	2e	1e
Forces									
$F_{k1} (t)$	10,714	10,974	10,214	9,097	7,660	5,955	4,188	2,666	0,921
$F_{k2} (t)$	-6,518	-4,996	-1,624	2,223	5,420	7,028	6,818	5,075	1,889
$F_{k3} (t)$	4,828	1,513	-3,217	-5,547	-3,739	0,858	4,990	5,354	2,309
$F_k = \sqrt{\sum F_{ki}^2} (t)$	13,438	12,153	10,831	10,884	10,101	9,252	9,430	7,844	3,123



Calcul des efforts tranchants de niveaux :

Selon le RPA 81, l'effort tranchant revenant à chaque niveau est :

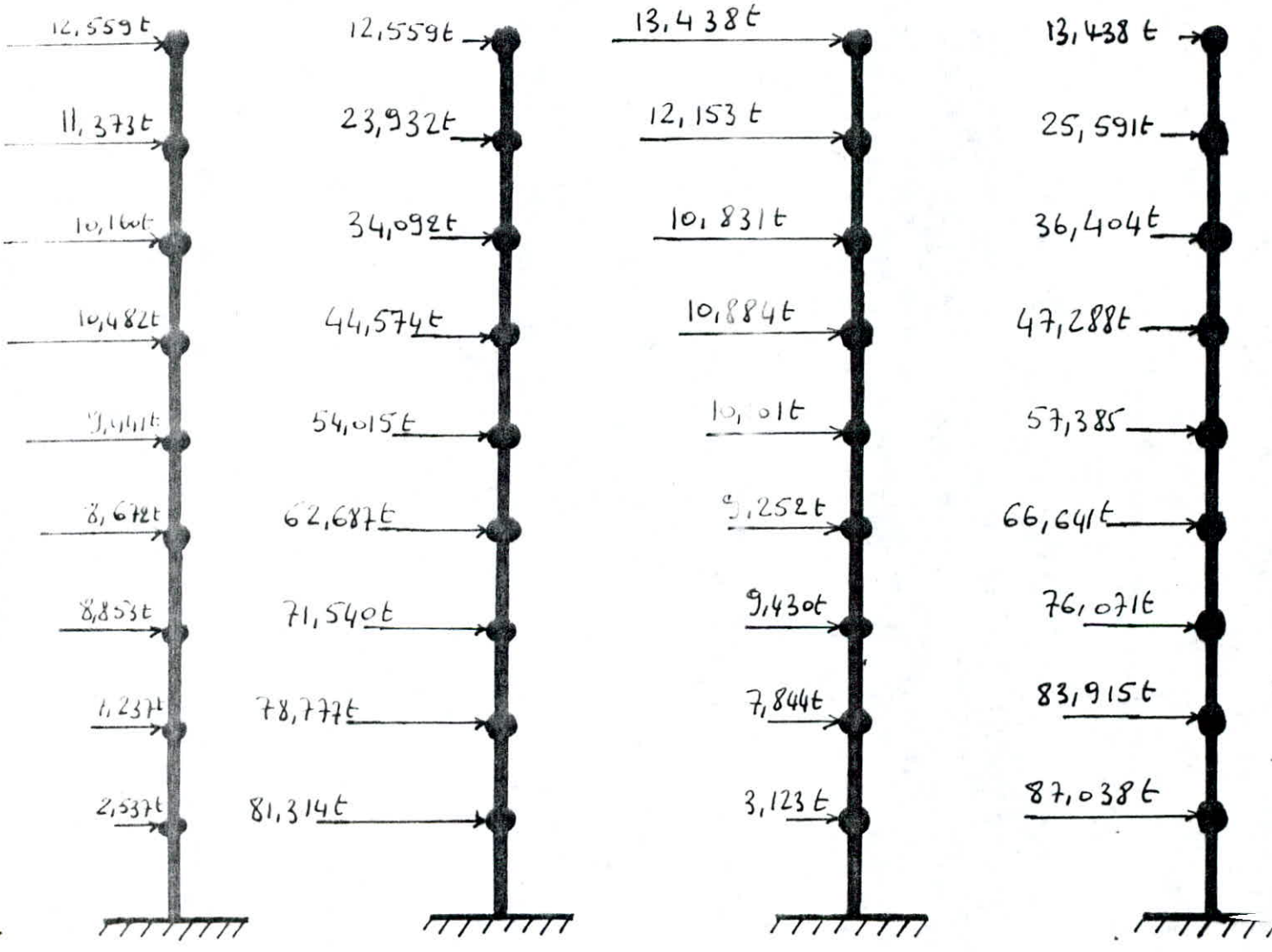
$$T_n = F_n$$

$$T_{n-1} = F_n + F_{n-1}$$

⋮

$$T_1 = F_n + F_{n-1} + \dots + F_j + \dots + F_1$$

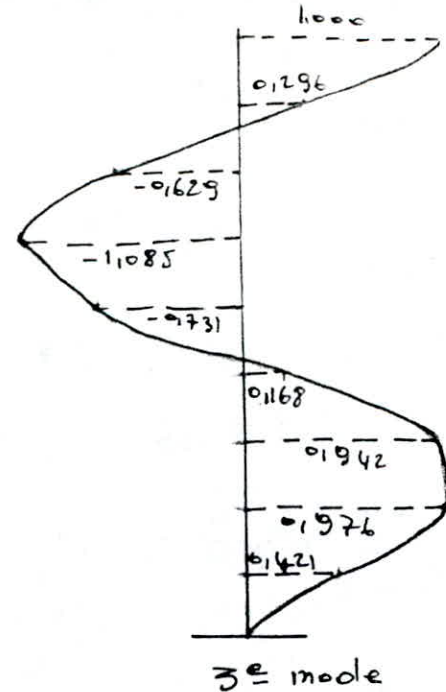
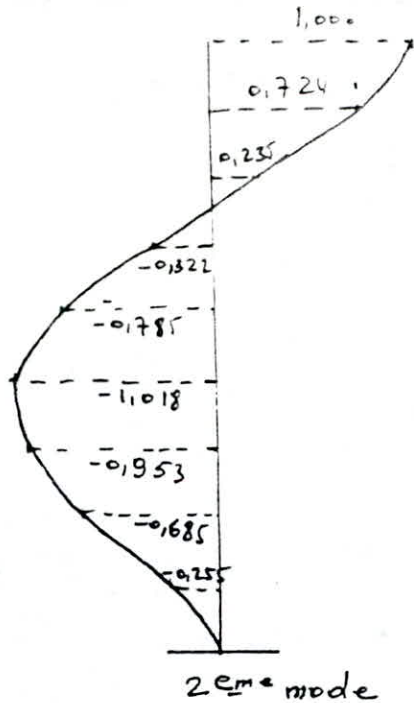
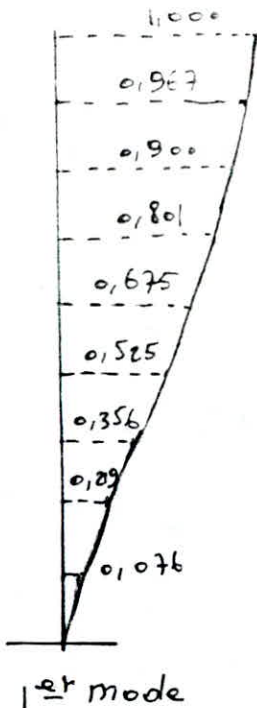
où  $F_1, F_2, \dots, F_n$  sont les forces sismiques appliquées à chaque niveau.



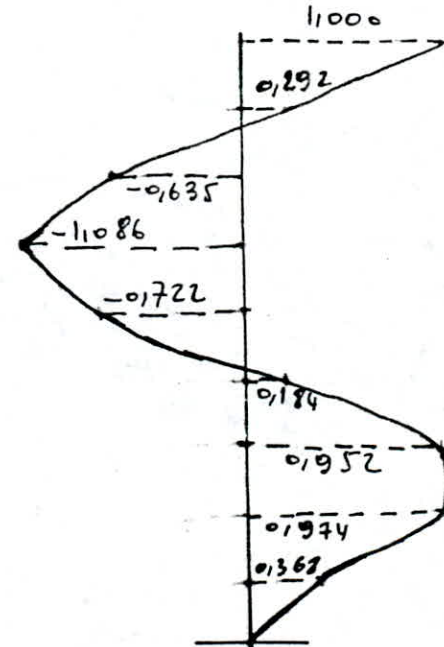
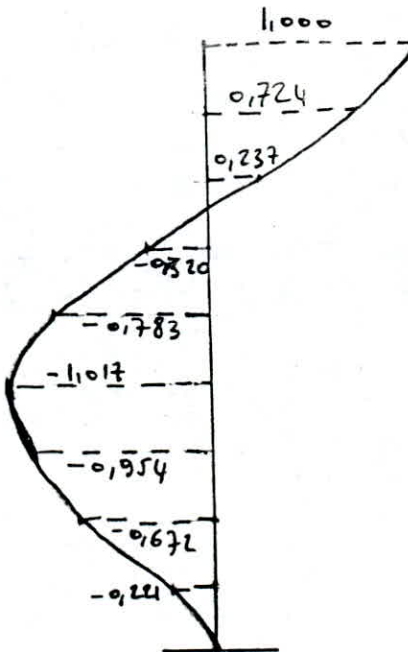
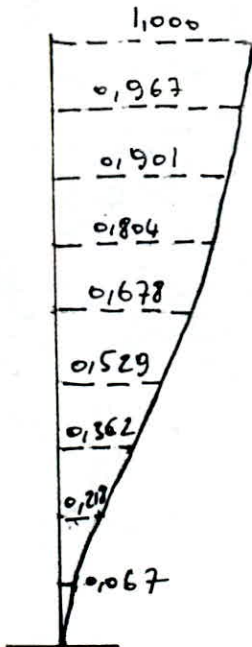
Sens Longitudinal

Sens transversal

Sens trans.



Sens long.



## Déformation horizontales.

Sens Longitudinal

Sens transversal

$K$	$F_k (t)$	$R_{jx} \cdot 10^5$ (kg/cm)	$\frac{\delta_j (cm)}{2}$	$\bar{\delta}_j (cm)$
9 <sup>e</sup>	12,559	1,197	0,026	2,3
8 <sup>e</sup>	11,373	1,197	0,024	2,3
7 <sup>e</sup>	10,160	1,197	0,021	2,3
6 <sup>e</sup>	10,482	1,197	0,022	2,3
5 <sup>e</sup>	9,441	1,197	0,019	2,3
4 <sup>e</sup>	8,672	1,197	0,018	2,3
3 <sup>e</sup>	8,853	1,492	0,015	2,3
2 <sup>e</sup>	7,237	1,492	0,012	2,3
1 <sup>e</sup>	2,537	3,419	0,002	2,3

$K$	$F_k (t)$	$R_{jy} \cdot 10^5$ (kg/cm)	$\frac{\delta_j (cm)}{2}$	$\bar{\delta}_j (cm)$
9 <sup>e</sup>	13,438	1,480	0,023	2,3
8 <sup>e</sup>	12,153	1,480	0,021	2,3
7 <sup>e</sup>	10,831	1,480	0,018	2,3
6 <sup>e</sup>	10,884	1,480	0,018	2,3
5 <sup>e</sup>	10,101	1,480	0,017	2,3
4 <sup>e</sup>	9,252	1,480	0,016	2,3
3 <sup>e</sup>	9,430	1,960	0,012	2,3
2 <sup>e</sup>	7,844	1,960	0,010	2,3
1 <sup>e</sup>	3,123	3,772	0,002	2,3

$\delta_k < \bar{\delta}_k$  vérifié ...

D'après le RPA (art 3-3-71), les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 0,0075 de la hauteur d'étage. Donc selon le R.P.A 81, le déplacement latéral calculé à partir des forces latérales, doit être multiplié par 1/23 pour obtenir le déplacement relatif.

$$\delta_k = \frac{F_k}{R_k} \cdot \frac{1}{23}$$

$\delta_k$ : déplacement du niveau  $k/k-1$

avec  $h = 3,06$  m

$F_k$ : force latérale venant à chaque niveau.

$R_k$ : rigidité du niveau  $k$ .

$$\bar{\delta}_k = 0,0075 \cdot h$$

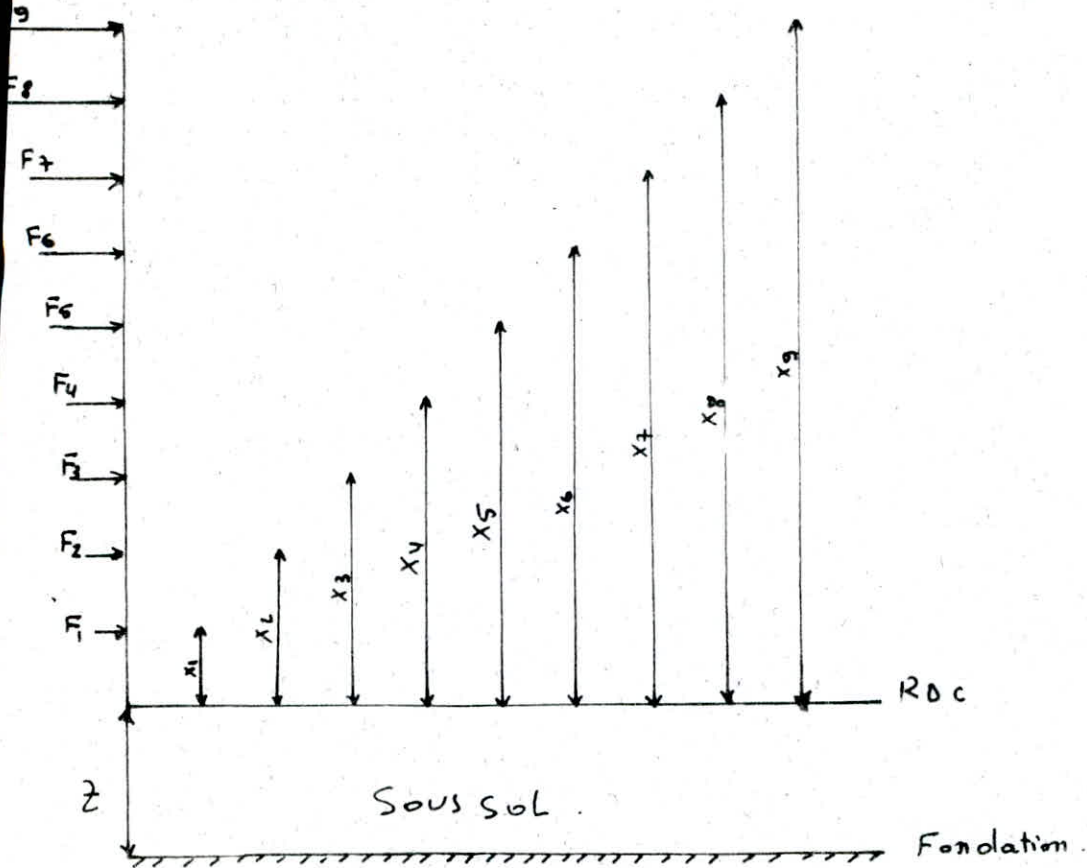
$B$ : facteur de comportement de la structure.

Les résultats seront donnés dans le tableau ci-dessus.



## verification au renversement

Chaque structure doit être calculée afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par les efforts du seisme.



$$M_{res} = b \sum_{i=1}^9 w_i \quad \text{avec } b = \frac{L}{2}$$

$$M_{renv} = \sum_{i=1}^9 F_i x_i$$

$F_i$  effort tranchant de chaque niveau

a. Sens longitudinal:  $z = 2,91 \text{ m}$ ;  $L = 11,3 \text{ m}$

$$M_{renv} = 1418,279 + 2,91 \times 81,314 = 1654,903 \text{ t.m.}$$

$$M_{res} = \frac{11,3}{2} \times 1040,653 = 5879,690 \text{ t.m.}$$

$$\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = 3,55 > 1,5$$

donc dans le sens longitudinal le bâtiment est stable vis à vis du renversement.

b. Sens transversal:

$$L = 9,30 \text{ m} \Rightarrow b = \frac{L}{2} = 4,65 \text{ m.}$$

$$M_{res} = 4839,037 \text{ t.m.}$$

$$M_{renv} = 1510,939 + 253,280 = 1764,219 \text{ t.m.}$$

$$\frac{M_{res}^{tr}}{M_{renv}^{tr}} = \frac{4839,037}{1764,219} = 2,74 > 1,5 \quad \text{Le renversement est vérifié}$$

$$M_{renv}^{tr} = 1764,219$$

## Calcul des Portiques Sous les charges horizontales

La méthode utilisée est celle de "Muto". Elle est très pratique pour déterminer les efforts dans les portiques sous les sollicitations horizontales.

Étapes à suivre :

1. Répartition des efforts tranchants de niveaux dans les différents Portiques :

- Portiques longitudinaux :

$$Z_{jx} = T_{jx} \frac{R}{\sum_{j=1}^n R_j^l} + T_{jx} \cdot e_{ox} \frac{R_j^l}{R_j^o} \cdot y$$

- Portiques transversaux :

$$Z_{jy} = T_{jy} \frac{R_j^t}{\sum_{j=1}^n R_j^t} + T_{jy} \cdot e_{oy} \cdot \frac{R_j^t}{R_j^o} \cdot x$$

avec :

$R_j^l$  : Rigidité de niveau d'un portique longitudinal.

$R_j^t$  : " " " " " transversal.

$R_j^o$  : " " " à la torsion.

$e_{ox}$  : Distance du centre de masse au centre de torsion =  $e_{oy}$  (excentricité)

$x$  : Position d'un portique transversal / au centre de torsion.

$y$  : " " " longitudinal / au centre de torsion.

$T_{jx}$  : Effort tranchant de niveau dans le sens longitudinal.

$T_{jy}$  : " " " " " " " transversal.

2. Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau :

L'effort tranchant revenant à chaque poteau est donné par :

$$t_j^{(i)} = \frac{a_j^i K_j^i}{D_j} Z_j \quad \text{avec : } a_j = \text{coefficient de correction donné selon "Mu"}$$

$$D_j = \sum a_j^i K_j^i$$

$$K_j^i = \text{Raideur du poteau } i \text{ au niveau } j.$$

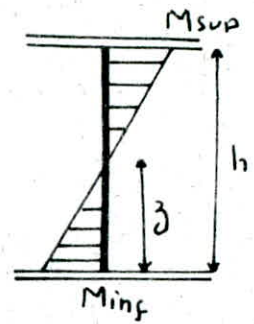
### 3- Calcul des moments fléchissants dans les poteaux :

$$M_{inf} = t_j^i \cdot z$$

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

$z$  = la position de moment nul égale à  $y \cdot v$

avec  $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$



$y_0$  = coefficient donné en fonction de  $\bar{k}$ , du nombre total de niveaux du bâtiment, du numéro du niveau considéré.

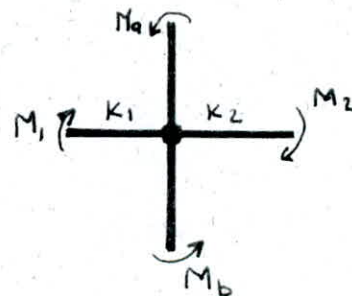
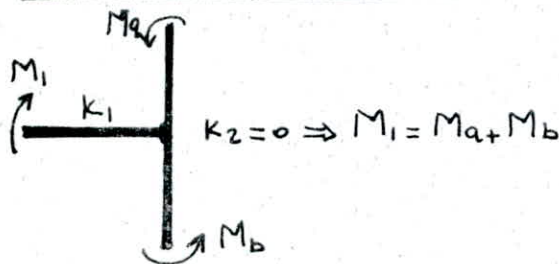
$y_1$  = terme de correction, en fonction de  $\alpha_1$  et  $\bar{k}$ .  $\alpha_1 = \frac{K_1 + K_2 \leftarrow \text{Poutres sup}}{K_3 + K_4 \leftarrow \text{Poutres inf}}$

$y_2$  = terme de correction, due à la variation de la hauteur d'étage en fonction de  $\alpha_2$  et  $\bar{k}$   $\alpha_2 = \frac{h_s}{h}$

$y_3$  = en fonction de  $\alpha_3$  et  $\bar{k}$ , avec  $\alpha_3 = \frac{h_i}{h}$

Les valeurs de  $y_0$ ;  $y_1$ ;  $y_2$  et  $y_3$  sont données par les tableaux dans l'ouvrage de "conception et calcul des Structures Soumises au Seisme".

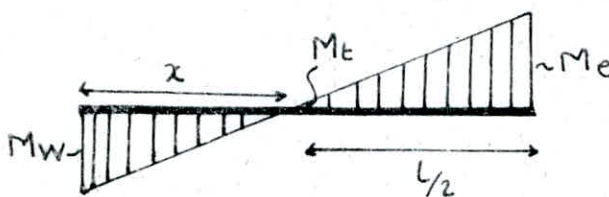
### 4- Calcul des moments fléchissants dans les Poutres :-



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

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

### 5- Calcul des moments fléchissants en travée des poutres :



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



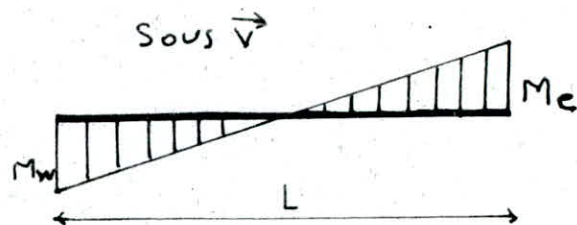
## 6. Calcul des efforts tranchants dans les poutres :-

on considère la travée indépendante avec les moments enveloppes en ses nœuds, ainsi l'équation du moment fléchissant s'écrira de la manière suivante :  $M(x) = Ax + b$   $\begin{cases} x=0 \Rightarrow M(0) = b = M_w \\ x=L \Rightarrow M(L) = AL + b = -M_e \end{cases}$

$$\Rightarrow A = - \frac{M_e + M_w}{L}$$

on sait que  $T = \frac{dM(x)}{dx} = A$

$$\text{d'où } T = - \frac{M_e + M_w}{L}$$



## 7. Efforts normaux dans les poteaux

Les efforts tranchants agissant sur les nœuds des poutres se transmettent comme efforts normaux dans les poteaux.

Pour un nœud (i) l'effort normal dans le poteau sera :

$$N_i = T_e - T_w$$

## 8. Complément donné par "MuTo"

La longueur de la poutre prise en considération sera :

$$L = L_{nu} + 2 \times \frac{1}{4} e_p = L_{nu} + \frac{1}{2} e_p.$$

$e_p$  = épaisseur de la poutre.

$L_{nu}$  = longueur de la poutre entre nus des poteaux.

soit  $L \leq$  longueur entre axes des poteaux.

# Portiques longitudinaux

Niveau	$T_{jx}$ (t)	$R_{j0}^0$ (kg/cm)	$\Sigma R_{j0}^0$ (kg/cm)	Portiques	y (cm)	$R_j^p$ (kg/cm)	$T_{jx} R_j^p / \Sigma R_j^p$ (t)	$T_{jx} R_j^p e_{jy} / R_j^0$ (t)	$Z_{jx}$ (t)
9 <sup>e</sup>	12,559	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	4,186	-0,311	4,186
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	4,186	0	4,186
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	4,186	0,311	4,497
8 <sup>e</sup>	23,932	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	7,977	-0,591	7,977
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	7,977	0	7,977
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	7,977	0,591	8,569
7 <sup>e</sup>	34,092	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	11,364	-0,843	11,364
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	11,364	0	11,364
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	11,364	0,843	12,206
6 <sup>e</sup>	44,574	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	14,858	-1,102	14,858
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	14,858	0	14,858
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	14,858	1,102	15,959
5 <sup>e</sup>	54,015	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	18,005	-1,335	18,005
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	18,005	0	18,005
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	18,005	1,335	19,340
4 <sup>e</sup>	62,687	3,974.10 <sup>10</sup>	1,196.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,399.10 <sup>5</sup>	20,896	-1,549	20,896
				B B	0	0,399.10 <sup>5</sup>	20,896	0	20,896
				C C	440	0,399.10 <sup>5</sup>	20,896	1,549	22,445
3 <sup>e</sup>	71,540	5,144.10 <sup>10</sup>	1,492.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,497.10 <sup>5</sup>	23,847	-1,704	23,847
				B B	0	0,497.10 <sup>5</sup>	23,847	0	23,847
				C C	440	0,497.10 <sup>5</sup>	23,847	1,704	25,551
2 <sup>e</sup>	78,777	5,144.10 <sup>10</sup>	1,492.10 <sup>5</sup>	A A	-440	0,497.10 <sup>5</sup>	26,259	-1,877	26,259
				B B	0	0,497.10 <sup>5</sup>	26,259	0	26,259
				C C	440	0,497.10 <sup>5</sup>	26,259	1,877	28,136
1 <sup>er</sup>	81,314	10,6.10 <sup>10</sup>	3,419.10 <sup>5</sup>	A A	-440	1,140.10 <sup>5</sup>	27,105	-2,154	27,105
				B B	0	1,140.10 <sup>5</sup>	27,105	0	27,105
				C C	440	1,140.10 <sup>5</sup>	27,105	2,154	29,259



# B - Sens longitudinal

## Portique "B B"

			Poteau	A	B	C	D
Niveau	$\Sigma_j (t)$	$D_j (cm^3)$	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
9 <sup>e</sup>	4,186	884,800	$t_j (t)$	0,861	1,305	1,247	0,773
8 <sup>e</sup>	7,977	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	1,640	2,488	2,377	1,473
7 <sup>e</sup>	11,364	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	2,336	3,544	3,386	2,098
6 <sup>e</sup>	14,858	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	3,054	4,633	4,427	2,743
5 <sup>e</sup>	18,005	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	3,702	5,614	5,364	3,324
4 <sup>e</sup>	20,896	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	4,296	6,516	6,226	3,858
3 <sup>e</sup>	23,847	1104,048	$a_j k_j (cm^3)$	215,053	360,070	339,352	189,573
			$t_j (t)$	4,645	7,779	7,330	4,093
2 <sup>e</sup>	26,259	1104,048	$a_j k_j (cm^3)$	215,053	360,070	339,352	189,573
			$t_j (t)$	5,115	8,565	8,071	4,507
1 <sup>er</sup>	27,105	2530,106	$a_j k_j (cm^3)$	586,807	695,570	680,032	567,697
			$t_j (t)$	6,286	7,451	7,285	6,082

## Portique "c c"

			Poteau	A	B	C	D
Niveau	$\Sigma_j (t)$	$D_j (cm^3)$	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
9 <sup>e</sup>	4,497	884,800	$t_j (t)$	0,925	1,402	1,340	0,830
8 <sup>e</sup>	8,569	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	1,762	2,672	2,553	1,582
7 <sup>e</sup>	12,206	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	2,510	3,807	3,637	2,254
6 <sup>e</sup>	15,959	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	3,281	4,977	4,755	2,946
5 <sup>e</sup>	19,340	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	3,976	6,031	5,762	3,570
4 <sup>e</sup>	22,445	884,800	$a_j k_j (cm^3)$	181,922	275,931	263,599	163,349
			$t_j (t)$	4,615	6,999	6,687	4,144
3 <sup>e</sup>	25,551	1104,048	$a_j k_j (cm^3)$	215,053	360,070	339,353	189,573
			$t_j (t)$	4,976	8,333	7,854	4,387
2 <sup>e</sup>	28,136	1104,048	$a_j k_j (cm^3)$	215,053	360,070	339,352	189,573
			$t_j (t)$	5,480	9,176	8,648	4,831
1 <sup>er</sup>	29,259	2530,106	$a_j k_j (cm^3)$	586,807	695,570	680,032	567,697
			$t_j (t)$	6,786	8,043	7,864	6,565



# Moments flechissants dans les poteaux

## Pontique longitudinal "c-c"

Niveau	Poteaux	y	$z = y \cdot h$ (m)	$t_j$ (t)	$h - z$ (m)	$M_{inf}$ (t.m)	$M_{sup}$ (t.m)
6 <sup>e</sup>	A	0,30	0,918	0,925	2,142	0,849	1,980
	B	0,40	1,224	1,402	1,836	1,716	2,575
	C	0,40	1,224	1,340	1,836	1,640	2,460
	D	0,30	0,918	0,830	2,142	0,762	1,778
7 <sup>e</sup>	A	0,40	1,224	1,762	1,836	2,156	3,235
	B	0,45	1,377	2,672	1,683	3,679	4,497
	C	0,45	1,377	2,553	1,683	3,515	4,296
	D	0,40	1,224	1,582	1,836	1,936	2,904
8 <sup>e</sup>	A	0,45	1,377	2,509	1,683	3,456	4,224
	B	0,45	1,377	3,807	1,683	5,242	6,407
	C	0,45	1,377	3,637	1,683	5,007	6,120
	D	0,45	1,377	2,254	1,683	3,103	3,793
9 <sup>e</sup>	A	0,45	1,377	3,281	1,683	4,518	5,523
	B	0,50	1,530	4,977	1,530	7,615	7,615
	C	0,50	1,530	4,755	1,530	7,275	7,275
	D	0,45	1,377	2,946	1,683	4,057	4,959
10 <sup>e</sup>	A	0,45	1,377	3,976	1,683	5,475	6,692
	B	0,50	1,530	6,031	1,530	9,228	9,228
	C	0,50	1,530	5,762	1,530	8,815	8,815
	D	0,45	1,377	3,570	1,683	4,916	6,009
11 <sup>e</sup>	A	0,50	1,530	4,615	1,530	7,061	7,061
	B	0,50	1,530	7,000	1,530	10,709	10,709
	C	0,50	1,530	6,687	1,530	10,231	10,231
	D	0,50	1,530	4,144	1,530	6,340	6,340
12 <sup>e</sup>	A	0,55	1,683	4,977	1,377	8,376	6,853
	B	0,50	1,530	8,333	1,530	12,750	12,750
	C	0,50	1,530	7,854	1,530	12,016	12,016
	D	0,55	1,683	4,387	1,377	7,384	6,041
13 <sup>e</sup>	A	0,65	1,989	5,480	1,071	10,901	5,870
	B	0,55	1,683	9,176	1,377	15,443	12,635
	C	0,55	1,683	8,648	1,377	14,555	11,908
	D	0,68	2,066	4,831	0,994	9,979	4,805
14 <sup>e</sup>	A	0,90	2,754	6,786	0,306	18,688	2,076
	B	0,75	2,295	8,043	0,765	18,460	6,153
	C	0,75	2,295	7,864	0,765	18,047	6,016
	D	0,95	2,907	6,565	0,153	19,084	1,005

# Moments flechissants aux noeuds des Poutres

## A. Sens longitudinal

### Portique "c-c"

Ni V	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M <sub>1</sub> (t.m)	M <sub>2</sub> (t.m)
9 <sup>e</sup>	A	0,849	1,980	/	1,980
	B	1,776	2,575	1,388	1,197
	C	1,640	2,460	1,222	1,238
	D	0,762	1,778	0,762	/
8 <sup>e</sup>	A	2,156	3,235	/	4,084
	B	3,680	4,497	3,349	2,865
	C	3,515	4,296	2,948	2,988
	D	1,936	2,904	3,667	/
7 <sup>e</sup>	A	3,456	4,224	/	6,380
	B	5,242	6,407	5,437	4,650
	C	5,007	6,120	4,786	4,850
	D	3,103	3,793	5,729	/
6 <sup>e</sup>	A	4,518	5,523	/	8,978
	B	7,615	7,615	6,930	5,927
	C	7,275	7,275	6,100	6,182
	D	4,057	4,959	8,062	/
5 <sup>e</sup>	A	5,475	6,682	/	11,211
	B	9,228	9,228	9,078	7,764
	C	8,815	8,815	7,992	8,098
	D	4,916	6,009	10,066	/

Ni V	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M <sub>1</sub> (t.m)	M <sub>2</sub> (t.m)
4 <sup>e</sup>	A	7,061	7,061	/	12,536
	B	10,709	10,709	10,746	9,191
	C	10,231	10,231	9,460	9,586
	D	6,340	6,340	11,256	/
3 <sup>e</sup>	A	8,376	6,853	/	13,914
	B	12,750	12,750	12,645	18,814
	C	12,016	12,016	11,050	11,197
	D	7,384	6,041	12,381	/
2 <sup>e</sup>	A	10,901	5,870	/	14,246
	B	15,443	12,635	13,683	11,702
	C	14,555	11,908	11,883	12,041
	D	9,979	4,805	12,188	/
1 <sup>e</sup>	A	18,688	2,076	/	12,977
	B	18,460	6,153	11,641	9,956
	C	18,047	6,016	10,217	10,353
	D	19,084	1,005	10,979	/



# TABLEAUX RECAPITULATIF

## Moments et efforts tranchants dans les Poutres

### A. Portiques longitudinaux

#### - Portique "c-c"

NIV	Poutre	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	$M_t$ (t.m)	T (t)
9 <sup>e</sup>	A B	1,980	1,388	-0,296	-1,036
	B C	1,870	1,222	-0,324	-0,634
	C D	1,238	1,778	0,270	-0,804
8 <sup>e</sup>	A B	4,084	3,349	-0,368	-2,287
	B C	2,865	2,948	0,042	-1,530
	C D	2,988	3,667	0,340	-1,774
7 <sup>e</sup>	A B	6,380	5,437	-0,472	-3,636
	B C	4,650	4,786	0,068	-2,483
	C D	4,850	5,729	0,440	-2,821
6 <sup>e</sup>	A B	8,978	6,930	-1,024	-4,895
	B C	5,927	6,100	0,087	-3,165
	C D	6,182	8,062	0,944	-3,798
5 <sup>e</sup>	A B	11,211	9,078	-1,067	-6,243
	B C	7,764	7,992	0,114	-4,146
	C D	8,098	10,066	0,984	-4,844

Niv	Poutre	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	$M_t$ (t.m)	T (t)
4 <sup>e</sup>	A B	12,536	10,746	-0,898	-7,164
	B C	9,181	9,460	0,140	-4,908
	C D	9,586	11,256	0,835	-5,558
3 <sup>e</sup>	A B	13,914	12,645	-0,635	-8,172
	B C	10,814	11,050	0,118	-5,754
	C D	11,197	12,381	0,592	-6,461
2 <sup>e</sup>	A B	14,246	13,683	-0,282	-8,593
	B C	11,702	11,883	0,091	-6,207
	C D	12,041	12,188	0,074	-6,487
1 <sup>er</sup>	A B	12,977	11,641	-0,666	-7,575
	B C	9,956	10,217	0,131	-5,309
	C D	10,353	10,979	0,313	-5,463



## Efforts normaux dans les Poteaux

A. Sens longitudinal

Portique "C-C"

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
9 <sup>e</sup>	A	1,036	1,036
	B	0,403	0,403
	C	-0,171	-0,171
	D	-0,804	-0,804
8 <sup>e</sup>	A	2,286	3,322
	B	0,757	1,160
	C	-0,245	-0,416
	D	-1,775	-2,579
7 <sup>e</sup>	A	3,636	6,958
	B	1,153	2,313
	C	-0,338	-0,754
	D	-2,821	-5,400
6 <sup>e</sup>	A	4,895	11,853
	B	1,730	4,043
	C	-0,633	-1,387
	D	-3,798	-9,198
5 <sup>e</sup>	A	6,243	18,096
	B	2,096	6,139
	C	-0,697	-2,084
	D	-4,844	-14,042

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
4 <sup>e</sup>	A	7,164	25,260
	B	2,256	8,395
	C	-0,650	-2,734
	D	-5,558	-19,600
3 <sup>e</sup>	A	8,172	33,432
	B	2,418	10,813
	C	-0,707	-3,441
	D	-6,461	-26,061
2 <sup>e</sup>	A	8,593	42,025
	B	2,387	13,200
	C	-0,280	-3,721
	D	-6,488	-32,549
1 <sup>er</sup>	A	7,575	49,600
	B	2,266	15,466
	C	-0,154	-3,875
	D	-5,463	-38,012

Portique "B-B"

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
9 <sup>e</sup>	A	0,965	0,965
	B	0,375	0,375
	C	-0,159	-0,159
	D	-0,749	-0,749
8 <sup>e</sup>	A	2,129	3,094
	B	0,705	1,080
	C	-0,228	-0,387
	D	-1,652	-2,401
7 <sup>e</sup>	A	3,385	6,479
	B	1,073	2,153
	C	-0,315	-0,702
	D	-2,626	-5,027
6 <sup>e</sup>	A	4,557	11,036
	B	1,610	3,763
	C	-0,590	-1,292
	D	-3,536	-8,563
5 <sup>e</sup>	A	5,811	16,847
	B	1,951	5,714
	C	-0,650	-1,942
	D	-4,510	-13,073

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
4 <sup>e</sup>	A	6,669	23,516
	B	2,100	7,814
	C	-0,606	-2,548
	D	-5,175	-18,248
3 <sup>e</sup>	A	7,618	31,134
	B	2,254	10,068
	C	-0,497	-3,045
	D	-5,861	-24,109
2 <sup>e</sup>	A	8,021	39,155
	B	2,228	12,296
	C	-0,236	-3,281
	D	-6,029	-30,138
1 <sup>er</sup>	A	7,058	46,213
	B	2,114	14,41
	C	-0,358	-3,639
	D	-5,302	-35,44



# Repartition des efforts tranchants

## Portiques transversaux

Niveau	$T_{jy}$	$R_{j0}$	$\Sigma R_{j0}^t$	Portique	$X$ (cm)	$R_j^t$ (kg/cm)	$T_{jy} \frac{R_j^t}{\Sigma R_j^t (t)}$	$T_{jy} \frac{R_j^t \cdot e_j^x}{R_j^t (t)}$	$T_{jy} (t)$
9 <sup>e</sup>	13,438	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	3,360	-0,370	3,360
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	3,360	-0,142	3,360
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	3,360	0,124	3,485
				3-3	552,5	$0,371 \cdot 10^5$	3,360	0,387	3,747
8 <sup>e</sup>	25,591	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	6,398	-0,705	6,398
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	6,398	-0,271	6,398
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	6,398	0,237	6,635
				3-3	552,5	$0,371 \cdot 10^5$	6,398	0,738	7,136
7 <sup>e</sup>	36,422	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	9,105	-1,003	9,105
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	9,105	-0,385	9,105
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	9,105	0,337	9,442
				3-3	552,5	$0,371 \cdot 10^5$	9,105	1,050	10,155
6 <sup>e</sup>	47,306	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	11,827	-1,302	11,827
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	11,827	-0,499	11,827
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	11,827	0,437	12,264
				3-3	552,5	$0,371 \cdot 10^5$	11,827	1,363	13,190
5 <sup>e</sup>	57,407	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	14,532	-1,580	14,532
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	14,532	-0,606	14,532
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	14,532	0,531	15,063
				3-3	552,5	$0,371 \cdot 10^5$	14,532	1,655	16,187
4 <sup>e</sup>	66,659	$3,974 \cdot 10^6$	$1,482 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,371 \cdot 10^5$	16,665	-1,835	16,665
				7-7	-202,5	$0,371 \cdot 10^5$	16,665	-0,704	16,665
				4-4	177,5	$0,371 \cdot 10^5$	16,665	0,617	17,282
				3-3	552,5	$0,495 \cdot 10^5$	16,665	1,922	18,587
3 <sup>e</sup>	76,089	$5,144 \cdot 10^6$	$1,978 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,495 \cdot 10^5$	19,028	-2,142	19,028
				7-7	-202,5	$0,495 \cdot 10^5$	19,028	-0,822	19,028
				4-4	177,5	$0,495 \cdot 10^5$	19,028	0,720	19,742
				3-3	552,5	$0,495 \cdot 10^5$	19,028	2,244	21,266
2 <sup>e</sup>	83,934	$5,144 \cdot 10^6$	$1,978 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,495 \cdot 10^5$	20,983	-2,363	20,983
				7-7	-202,5	$0,495 \cdot 10^5$	20,983	-0,907	20,983
				4-4	177,5	$0,495 \cdot 10^5$	20,983	0,794	21,777
				3-3	552,5	$0,495 \cdot 10^5$	20,983	2,475	23,458
1 <sup>er</sup>	87,056	$10,600 \cdot 10^6$	$3,772 \cdot 10^5$	8-8	-5,275	$0,943 \cdot 10^5$	21,764	-2,287	21,764
				7-7	-202,5	$0,943 \cdot 10^5$	21,764	-0,877	21,764
				4-4	177,5	$0,943 \cdot 10^5$	21,764	0,769	22,533
				3-3	552,5	$0,943 \cdot 10^5$	21,764	2,395	24,159



# Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau

## des différents niveaux :

### A - Sens transversal

#### Pontique "4-4"

			Poteau	A	B	C
Niveau	$\tau_j$ (t)	$\Delta_j$ (cm <sup>3</sup> )	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
9 <sup>e</sup>	3,487	822,365	$t_j$ (t)	0,995	1,488	0,995
8 <sup>e</sup>	6,635	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	1,895	2,834	1,895
7 <sup>e</sup>	9,442	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	2,697	4,034	2,698
6 <sup>e</sup>	12,264	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	3,504	5,239	3,504
5 <sup>e</sup>	15,063	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	4,252	6,358	4,252
4 <sup>e</sup>	17,282	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	4,937	7,383	4,937
3 <sup>e</sup>	19,742	1088,750	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	293,814	501,123	293,814
			$t_j$ (t)	5,320	9,074	5,320
2 <sup>e</sup>	21,777	1088,750	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	293,814	501,123	293,814
			$t_j$ (t)	5,869	10,010	5,869
1 <sup>er</sup>	22,533	2093,114	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	645,878	801,359	645,878
			$t_j$ (t)	6,943	8,615	6,943

#### Pontique "3-3"

			Poteau	A	B	C
Niveau	$\tau_j$ (t)	$\Delta_j$ (cm <sup>3</sup> )	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
9 <sup>e</sup>	3,747	822,365	$t_j$ (t)	1,071	1,601	1,071
8 <sup>e</sup>	7,136	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	2,039	3,048	2,039
7 <sup>e</sup>	10,155	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	2,901	4,339	2,901
6 <sup>e</sup>	13,190	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	3,769	5,635	3,769
5 <sup>e</sup>	16,187	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	4,573	6,839	4,573
4 <sup>e</sup>	18,587	822,365	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	235,273	351,819	235,273
			$t_j$ (t)	5,310	7,941	5,310
3 <sup>e</sup>	21,266	1088,750	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	293,814	501,123	293,814
			$t_j$ (t)	5,731	9,775	5,731
2 <sup>e</sup>	23,458	1088,750	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	293,814	501,123	293,814
			$t_j$ (t)	6,322	10,782	6,322
1 <sup>er</sup>	24,159	2093,114	$a_j K_j$ (cm <sup>3</sup> )	645,878	801,359	645,878
			$t_j$ (t)	7,445	9,237	7,445

# Moments flechissants dans les poteaux

Portique transversal "4-4"

Niveau	Poteaux	y	$z = y \cdot h$ (m)	$t_j^c$ (t)	$h - z$ (m)	$M_{inf}$ (t.m)	$M_{sup}$ (t.m)
9 <sup>e</sup>	1	0,40	1,224	0,995	1,836	1,218	1,827
	2	0,45	1,377	1,488	1,683	2,049	2,505
	3	0,40	1,224	0,995	1,836	1,218	1,827
8 <sup>e</sup>	1	0,45	1,377	1,895	1,836	2,610	3,190
	2	0,45	1,377	2,834	1,683	3,903	4,770
	3	0,45	1,377	1,895	1,683	2,610	3,190
7 <sup>e</sup>	1	0,45	1,377	2,697	1,683	3,714	4,540
	2	0,50	1,530	4,034	1,530	6,172	6,172
	3	0,45	1,377	2,697	1,683	3,714	4,540
6 <sup>e</sup>	1	0,50	1,530	3,504	1,530	5,361	5,361
	2	0,50	1,530	5,239	1,530	8,016	8,016
	3	0,50	1,530	3,504	1,530	5,361	5,361
5 <sup>e</sup>	1	0,50	1,530	4,252	1,530	6,505	6,505
	2	0,50	1,530	6,358	1,530	9,727	9,727
	3	0,50	1,530	4,252	1,530	6,505	6,505
4 <sup>e</sup>	1	0,50	1,530	4,937	1,530	7,554	7,554
	2	0,50	1,530	7,383	1,530	11,295	11,295
	3	0,50	1,530	4,937	1,530	7,554	7,554
3 <sup>e</sup>	1	0,55	1,683	5,320	1,377	8,953	7,325
	2	0,50	1,530	9,073	1,530	13,882	13,882
	3	0,55	1,683	5,320	1,377	8,953	7,325
2 <sup>e</sup>	1	0,60	1,836	5,868	1,224	10,774	7,183
	2	0,50	1,530	10,009	1,530	15,313	15,313
	3	0,60	1,836	5,868	1,224	10,774	7,183
1 <sup>er</sup>	1	0,80	2,448	6,943	0,612	16,997	4,249
	2	0,70	2,142	8,615	0,918	18,453	7,908
	3	0,80	2,448	6,943	0,612	16,997	4,249



B. Sens transversal

Portique "3-3"

Niveau	Nœud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)
4 <sup>e</sup>	1	7,554	7,554			14,059
	2	11,295	11,295		10,511	10,511
	3	7,554	7,554		14,059	
3 <sup>e</sup>	1	8,953	7,325			14,879
	2	13,882	13,882		12,589	12,589
	3	8,953	8,9		14,879	
2 <sup>e</sup>	1	10,774	7,183			16,136
	2	15,313	15,313		14,598	14,598
	3	10,774	7,183		16,136	
1 <sup>er</sup>	1	16,997	4,249			15,023
	2	18,453	7,908		11,611	11,611
	3	16,997	4,249		15,023	

Niveau	Nœud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)
9 <sup>e</sup>	1	1,218	1,827			1,827
	2	2,049	2,505		1,252	1,252
	3	1,218	1,827		1,827	
8 <sup>e</sup>	1	2,610	3,190			4,408
	2	3,903	4,770		3,410	3,410
	3	2,610	3,190		4,408	
7 <sup>e</sup>	1	3,715	4,540			7,150
	2	6,172	6,172		5,037	5,037
	3	3,715	4,540		7,150	
6 <sup>e</sup>	1	5,361	5,361			9,075
	2	8,016	8,016		7,094	7,094
	3	5,361	5,361		9,075	
5 <sup>e</sup>	1	6,505	6,505			11,866
	2	9,727	9,727		8,872	8,872
	3	6,505	6,505		11,866	



## B. Portique transversaux

### Portique "3-3"

Niveau	Poutre	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	T (t)
9 <sup>e</sup>	1 - 2	1,827	1,252	-0,2875	-0,700
	2 - 3	1,252	1,827	0,575	-0,700
8 <sup>e</sup>	1 - 2	4,408	3,409	-0,499	-1,777
	2 - 3	3,409	4,408	0,999	-1,777
7 <sup>e</sup>	1 - 2	7,150	5,035	-1,0575	-2,770
	2 - 3	5,035	7,150	2,115	-2,770
6 <sup>e</sup>	1 - 2	9,074	7,094	-0,990	-3,675
	2 - 3	7,094	9,074	1,980	-3,675
5 <sup>e</sup>	1 - 2	11,865	8,872	-1,497	-4,713
	2 - 3	8,872	11,865	2,993	-4,713
4 <sup>e</sup>	1 - 2	14,058	10,511	-1,774	-5,584
	2 - 3	10,511	14,058	3,547	-5,584
3 <sup>e</sup>	1 - 2	14,880	12,588	-1,146	-6,243
	2 - 3	12,588	14,880	2,292	-6,243
2 <sup>e</sup>	1 - 2	16,136	14,598	-0,769	-6,985
	2 - 3	14,598	16,136	1,538	-6,985
1 <sup>e</sup>	1 - 2	15,023	11,611	-1,706	-6,053
	2 - 3	11,611	15,023	3,412	-6,053

## B. Sens transversal

### Portique "3-3"

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
9 <sup>e</sup>	1	0,700	0,700
	2	0	0
	3	-0,700	-0,700
8 <sup>e</sup>	1	1,777	2,477
	2	0	0
	3	-1,777	-2,477
7 <sup>e</sup>	1	2,770	5,247
	2	0	0
	3	-2,770	-5,247
6 <sup>e</sup>	1	3,675	8,922
	2	0	0
	3	-3,675	-8,922
5 <sup>e</sup>	1	4,713	13,635
	2	0	0
	3	-4,713	-13,635
4 <sup>e</sup>	1	5,584	19,219
	2	0	0
	3	-5,584	-19,219
3 <sup>e</sup>	1	6,243	25,462
	2	0	0
	3	-6,243	-25,462
2 <sup>e</sup>	1	6,985	32,447
	2	0	0
	3	-6,985	-32,447
1 <sup>er</sup>	1	6,053	38,500
	2	0	0
	3	-6,053	-38,500

### Portique "4-4"

Niveau	Poteau	N (t)	Ncum (t)
9 <sup>e</sup>	1	0,753	0,753
	2	0	0
	3	-0,753	-0,753
8 <sup>e</sup>	1	1,911	2,664
	2	0	0
	3	-1,911	-2,664
7 <sup>e</sup>	1	2,979	5,643
	2	0	0
	3	-2,979	-5,643
6 <sup>e</sup>	1	3,953	9,596
	2	0	0
	3	-3,953	-9,596
5 <sup>e</sup>	1	5,069	14,665
	2	0	0
	3	-5,069	-14,665
4 <sup>e</sup>	1	6,006	20,671
	2	0	0
	3	-6,006	-20,671
3 <sup>e</sup>	1	6,720	27,391
	2	0	0
	3	-6,720	-27,391
2 <sup>e</sup>	1	7,525	34,916
	2	0	0
	3	-7,525	-34,916
1 <sup>er</sup>	1	6,512	41,428
	2	0	0
	3	-6,512	-41,428

# Calcul des efforts sous les charges verticales.

Le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la méthode de "Caquot" exposée en Annexe A du CCBA 68.

Cette méthode concerne essentiellement les solitaires des poteaux qui les supportent. Les moments d'inertie sont supposés constants.

## I) Exposé de la méthode :

### a. Calcul des hauteurs fictives :

$h_n = 0,9 h_n$  si le noeud considéré est à l'avant dernier plancher.

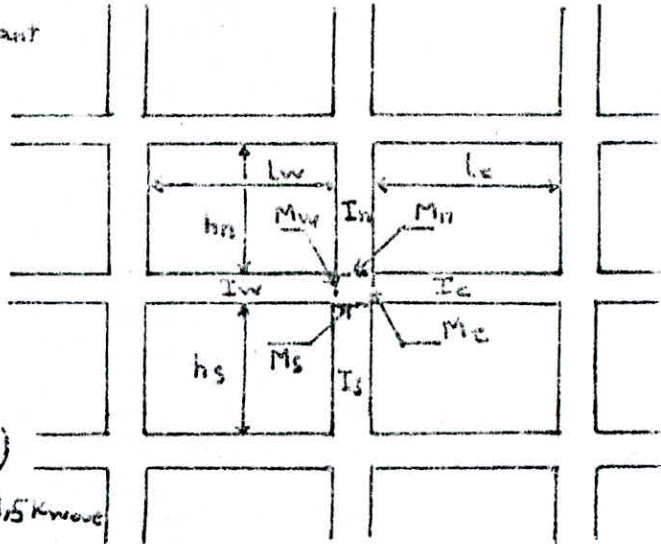
$h_n = 0,8 h_n$  pour les autres niveaux.

$h_s = 0,8 h_s$ .

\* travée intermédiaire :  $\begin{cases} l_w = 0,8 l_w \\ l_e = 0,8 l_e \end{cases}$

\* travée de rive : (noeud voisin du noeud de rive)

$l_{w\text{rive}} = \lambda l_{w\text{rive}}$  avec  $\begin{cases} \lambda = 0,8 \text{ si } K_s + K_n > 1,5 K_{w\text{rive}} \\ \lambda = \frac{K_s + K_n}{7,5 K_{w\text{rive}}} \end{cases}$



### b. Calcul des moments fictifs :

$M_w' = q_w \cdot \frac{l_w^2}{8,5}$  ;  $M_e' = q_e \cdot \frac{l_e^2}{8,5}$   $q = \text{charge uniformément répartie.}$

### c. Calcul des raideurs :

$K_w = \frac{I_w}{l_w}$  ;  $K_e = \frac{I_e}{l_e}$  ;  $K_n = \frac{I_n}{h_n}$  ;  $K_s = \frac{I_s}{h_s}$  ;  $D = K_w + K_e + K_n + K_s$ .

$I_n, I_e, I_s, I_w$  : désignent les moments d'inertie respectifs des éléments formant le noeud considéré.

### d. Moments dans les sections dangereuses (nos d'appuis) :

$M_w = M_e' \frac{K_w}{D} + M_w' \left(1 - \frac{K_w}{D}\right)$  ;  $M_e = M_w' \frac{K_e}{D} + M_e' \left(1 - \frac{K_e}{D}\right)$

$M_s = \frac{K_s}{D} (M_e' - M_w')$  ;  $M_n = \frac{K_n}{D} (M_e' - M_w')$

## II) Etapes à suivre :-

1. Calcul des caractéristiques de chaque portique.
2. Détermination des charges revenant à chaque portique.
3. calcul des moments dans les sections dangereuses.



4. Calcul des efforts tranchants et normaux sous G et P.

5. calcul des moments fléchissants en travées dans les poutres sous G et P.

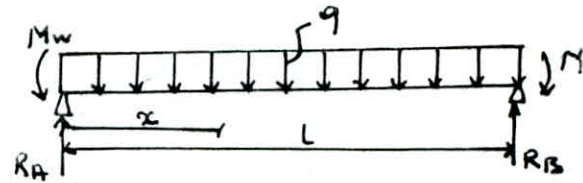
### III) Calcul des efforts tranchants dans les poutres :

Les efforts tranchants dans les poutres se calculent conformément aux règles CCBA 68, en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge  $q$  qui lui est appliquée.

$$\sum M^0/B = 0 \Rightarrow R_B \cdot L - M_w + M_c - q \frac{L^2}{2} = 0$$

$$\text{d'où } R_B = \frac{M_w - M_c + q \frac{L}{2}}{L}$$

$$R_A = -\frac{M_w - M_c + q \frac{L}{2}}{L}$$



$$\text{avec } T(x) = R_A - q \cdot x \Rightarrow \boxed{T(x) = \frac{M_c - M_w}{L} + q \frac{L}{2} - q \cdot x}$$

### IV) Effort normal dans les poteaux :

Les efforts tranchants aux appuis des poutres provoquent des réactions qui créent des efforts de compression dans les poteaux.

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

### V) Moments en travées dans les poutres : (Art 1.2 CCBA 68)

Le moment maximum en travée sous (G+1,2P) ; (G+P) ; (0,8G) sera donné

$$\text{par : } M_{t_1} = M_0(G+1,2P) - M_{a_1}$$

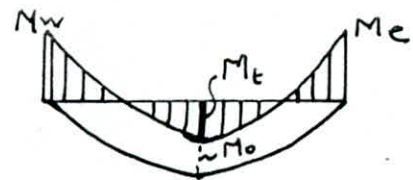
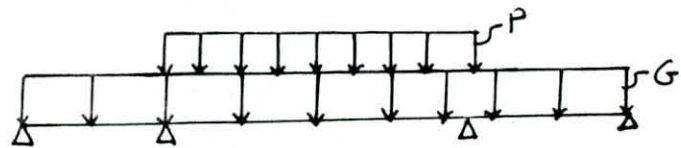
$$M_{t_2} = M_0(G+P) - M_{a_2}$$

$$M_{t_3} = M_0(0,8G) - M_{a_3}$$

$$\text{avec : } M_{a_1} = \frac{M_c(G) + M_w(G)}{2}$$

$$M_{a_2} = \frac{M_c(G) + M_w(G)}{2}$$

$$M_{a_3} = \frac{M_c(0,8G) + M_w(0,8G)}{2}$$



Les résultats seront présentés sous forme de tableaux.

# CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES . PORTIQUE LONGITUDINAL

Niv	Nœud	$L_w$ (m)	$L_e$ (m)	$h_n$ (m)	$h_s$ (m)	$I_w \cdot 10^4$ (m <sup>4</sup> )	$I_e \cdot 10^4$ (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)	$L'_e$ (m)	$h'_n$ (m)	$h'_s$ (m)	$K_w \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_e \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_n \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_s \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$D \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$\chi$
ge	A	/	2,85	/	2,66	/	16	/	21,33	/	2,28	/	2,128	/	7,017	/	10,023	17,104	0,809
	B	2,85	3,40	/	2,66	16	16	/	21,33	2,306	2,72	/	2,128	6,938	5,982	/	10,023	22,843	/
	C	3,40	3,35	/	2,66	16	16	/	21,33	2,72	2,68	/	2,128	5,982	5,970	/	10,023	21,875	/
	D	3,35	/	/	2,66	16	/	/	21,33	2,68	/	/	2,128	5,970	/	/	10,023	15,993	0,8
8e	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	21,33	/	2,28	2,394	2,128	/	7,017	8,910	10,023	25,95	0,8
	B	2,85	3,40	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,28	2,72	2,394	2,128	7,017	5,882	8,910	10,023	31,830	/
	C	3,40	3,35	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,72	2,68	2,394	2,128	5,882	5,970	8,910	10,023	30,785	/
	D	3,35	/	2,66	2,66	16	/	21,33	21,33	2,68	/	2,394	2,128	5,970	/	8,910	10,023	24,903	0,8
7e	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	21,33	/	2,28	2,128	2,128	/	7,017	10,023	10,023	27,063	0,8
	B	2,85	3,40	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,28	2,72	2,128	2,128	7,017	5,882	10,023	10,023	32,945	/
	C	3,40	3,35	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,72	2,68	2,128	2,128	5,882	5,970	10,023	10,023	31,896	/
	D	3,35	/	2,66	2,66	16	/	21,33	21,33	2,68	/	2,128	2,128	5,970	/	10,023	10,023	26,016	0,8
6e	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	21,33	/	2,280	2,128	2,128	/	7,017	10,023	10,023	27,063	0,8
	B	2,85	3,40	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,280	2,72	2,128	2,128	7,017	5,882	10,023	10,023	32,945	/
	C	3,40	3,35	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,72	2,68	2,128	2,128	5,882	5,970	10,023	10,023	31,896	/
	D	3,35	/	2,66	2,66	16	/	21,33	21,33	2,68	/	2,128	2,128	5,970	/	10,023	10,023	26,016	0,8
5e	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	21,33	/	2,28	2,128	2,128	/	7,017	10,023	10,023	27,063	0,8
	B	2,85	3,40	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,28	2,72	2,128	2,128	7,017	5,882	10,023	10,023	32,945	/
	C	3,40	3,35	2,66	2,66	16	16	21,33	21,33	2,72	/	2,128	2,128	5,882	5,970	10,023	10,023	31,896	/
	D	3,35	/	2,66	2,66	16	/	21,33	21,33	/	/	2,128	2,128	5,970	/	10,023	10,023	26,016	0,8

- 60 -

1001



Niv	Noeud	Lw (m)	Le (m)	hn (m)	hs (m)	Iw.10 <sup>4</sup> (m <sup>4</sup> )	Ie.10 <sup>4</sup> (m <sup>4</sup> )	In.10 <sup>4</sup> (m <sup>4</sup> )	Is.10 <sup>4</sup> (m <sup>4</sup> )	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h's (m)	Kw.10 <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )	Ke.10 <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )	Kn.10 <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )	Ks.10 <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )	D.10 <sup>4</sup> (m <sup>3</sup> )	χ
4 <sup>e</sup>	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	52,08	/	2,28	2,128	2,128	/	7,017	10,023	24,474	41,514	0,8
	B	2,85	3,40	2,66	2,66	16	16	21,33	52,08	2,28	2,72	2,128	2,128	7,017	5,882	10,023	24,474	47,398	/
	C	3,40	3,35	2,66	2,66	16	16	21,33	52,08	2,72	2,68	2,128	2,128	5,992	5,970	10,023	24,474	46,349	/
	D	3,35	/	2,66	2,66	16	/	21,33	52,08	2,68	/	2,128	2,128	5,970	/	10,023	24,474	49,467	0,8
3 <sup>e</sup>	A	/	2,85	2,66	2,66	/	16	21,33	52,08	/	2,20	2,128	2,128	/	7,273	10,023	24,474	41,770	0,8
	B	2,75	3,30	2,66	2,66	16	16	21,33	52,08	2,20	2,64	2,128	2,128	7,273	6,061	10,023	24,474	47,831	/
	C	3,30	3,25	2,66	2,66	16	16	21,33	52,08	2,64	2,60	2,128	2,128	6,061	6,154	10,023	24,474	46,712	/
	D	3,25	/	2,66	2,66	16	/	21,33	52,08	2,60	/	2,128	2,128	6,154	/	10,023	24,474	40,651	0,8
2 <sup>e</sup>	A	/	2,75	2,66	2,66	/	16	52,08	52,08	/	2,20	2,128	2,128	/	7,273	24,474	24,474	56,221	0,8
	B	2,75	3,30	2,66	2,66	16	16	52,08	52,08	2,20	2,64	2,128	2,128	7,273	6,061	24,474	24,474	62,282	/
	C	3,30	3,25	2,66	2,66	16	16	52,08	52,08	2,64	2,60	2,128	2,128	6,061	6,154	24,474	24,474	61,163	/
	D	3,25	/	2,66	2,66	16	/	52,08	52,08	2,60	/	2,128	2,128	6,154	/	24,474	24,474	55,102	0,8
1 <sup>e</sup>	A	/	2,75	2,66	2,66	/	16	52,08	52,08	/	2,20	2,128	2,128	/	7,273	24,474	24,474	56,221	0,8
	B	2,75	3,30	2,66	2,66	16	16	52,08	52,08	2,20	2,64	2,128	2,128	7,273	6,061	24,474	24,474	62,282	/
	C	3,30	3,25	2,66	2,66	16	16	52,08	52,08	2,64	2,60	2,128	2,128	6,061	6,154	24,474	24,474	61,163	/
	D	3,25	/	2,66	2,66	16	/	52,08	52,08	2,60	/	2,128	2,128	6,154	/	24,474	24,474	55,102	0,8



# MOMENTS AUX APPUIS DES PORTIQUES LONGITUDINAUX

- Moment sous G  
Portique "c-c"

Niv	Nœud	$q_w(t/m)$	$q_e(t/m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_n(t.m)$	$M_s(t.m)$
9 <sup>e</sup>	A	/	0,968	/	0,592	/	0,348	/	0,348
	B	0,968	0,968	0,606	0,863	0,684	0,797	/	0,113
	C	0,968	0,968	0,843	0,818	0,836	0,825	/	-0,011
	D	0,968	/	0,818	/	0,513	/	/	-0,513
8 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,665	/	0,485	0,228	0,257
	B	1,088	1,088	0,665	0,947	0,727	0,895	0,079	0,089
	C	1,088	1,088	0,947	0,919	0,942	0,925	-0,008	-0,009
	D	1,088	/	0,919	/	0,699	/	-0,329	-0,370
7 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,665	/	0,493	0,246	0,246
	B	1,088	1,088	0,665	0,947	0,725	0,897	0,086	0,086
	C	1,088	1,088	0,947	0,919	0,942	0,924	-0,009	-0,009
	D	1,088	/	0,919	/	0,708	/	-0,354	-0,354
6 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,665	/	0,493	0,246	0,246
	B	1,088	1,088	0,665	0,947	0,725	0,897	0,086	0,086
	C	1,088	1,088	0,947	0,919	0,942	0,924	-0,009	-0,009
	D	1,088	/	0,919	/	0,708	/	-0,354	-0,354
5 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,665	/	0,493	0,246	0,246
	B	1,088	1,088	0,665	0,947	0,725	0,897	0,086	0,086
	C	1,088	1,088	0,947	0,919	0,942	0,925	-0,009	-0,009
	D	1,088	/	0,919	/	0,708	/	-0,354	-0,354
4 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,619	/	0,512	0,149	0,369
	B	1,088	1,088	0,619	0,892	0,661	0,858	0,057	0,139
	C	1,088	1,088	0,892	0,865	0,889	0,869	-0,006	-0,014
	D	1,088	/	0,865	/	0,734	/	-0,213	-0,521
3 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,619	/	0,539	0,270	0,270
	B	1,088	1,088	0,619	0,892	0,651	0,866	0,107	0,107
	C	1,088	1,088	0,892	0,865	0,889	0,870	-0,011	-0,011
	D	1,088	/	0,865	/	0,769	/	-0,384	-0,384
2 <sup>e</sup>	A	/	1,088	/	0,619	/	0,539	0,270	0,270
	B	1,088	1,088	0,619	0,81	0,651	0,866	0,107	0,107
	C	1,088	1,088	0,892	0,865	0,889	0,870	-0,011	-0,011
	D	1,088	/	0,865	/	0,769	/	-0,384	-0,384
1 <sup>er</sup>	A	/	1,088	/	0,619	/	0,539	0,270	0,270
	B	1,088	1,088	0,619	0,892	0,651	0,866	0,107	0,107
	C	1,088	1,088	0,892	0,865	0,889	0,870	-0,011	-0,011
	D	1,088	/	0,865	/	0,769	/	-0,384	-0,384



# Portique

## MOMENT SOUS P

Niv	Noeud	$q_w(t/m)$	$q_e(t/m)$	$M'_w(t.m)$	$M'_e(t.m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_n(t.m)$	$M_s(t.m)$
9 <sup>e</sup>	A	/	0,033	/	0,020	/	0,012	/	0,012
	B	0,033	0,033	0,020	0,029	0,023	0,027	/	0,002
	C	0,033	0,033	0,028	0,027	0,028	0,028	/	-0,0004
	D	0,033	/	0,027	/	0,017	/	/	-0,017
8 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,035	/	0,026	0,012	0,014
	B	0,057	0,057	0,035	0,049	0,038	0,047	0,004	0,005
	C	0,057	0,057	0,049	0,048	0,049	0,048	-0,0004	-0,0005
	D	0,057	/	0,048	/	0,037	/	-0,017	0,019
7 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,035	/	0,026	0,013	0,013
	B	0,057	0,057	0,035	0,049	0,038	0,047	0,005	0,005
	C	0,057	0,057	0,049	0,048	0,049	0,048	-0,0005	-0,0005
	D	0,057	/	0,048	/	0,037	/	-0,019	-0,019
6 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,035	/	0,026	0,013	0,013
	B	0,057	0,057	0,035	0,049	0,038	0,047	0,005	0,005
	C	0,057	0,057	0,049	0,048	0,049	0,048	-0,0005	-0,0005
	D	0,057	/	0,048	/	0,037	/	-0,019	-0,019
5 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,035	/	0,026	0,013	0,013
	B	0,057	0,057	0,035	0,049	0,038	0,047	0,005	0,005
	C	0,057	0,057	0,049	0,048	0,049	0,048	-0,0005	-0,0005
	D	0,057	/	0,048	/	0,037	/	-0,019	-0,019
4 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,035	/	0,026	0,013	0,013
	B	0,057	0,057	0,035	0,049	0,038	0,047	0,005	0,005
	C	0,057	0,057	0,049	0,048	0,049	0,048	-0,0005	-0,0005
	D	0,057	/	0,048	/	0,037	/	-0,019	-0,019
3 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,033	/	0,027	0,008	0,019
	B	0,057	0,057	0,033	0,047	0,035	0,045	0,003	0,007
	C	0,057	0,057	0,047	0,045	0,047	0,046	-0,0003	-0,0007
	D	0,057	/	0,045	/	0,039	/	-0,011	-0,024
2 <sup>e</sup>	A	/	0,057	/	0,033	/	0,028	0,014	0,014
	B	0,057	0,057	0,033	0,047	0,034	0,045	0,006	0,006
	C	0,057	0,057	0,047	0,046	0,047	0,046	-0,0006	-0,0006
	D	0,057	/	0,046	/	0,040	/	-0,020	-0,020
1 <sup>er</sup>	A	/	0,057	/	0,033	/	0,028	0,014	0,014
	B	0,057	0,057	0,033	0,047	0,034	0,045	0,006	0,006
	C	0,057	0,057	0,047	0,046	0,047	0,046	-0,0006	-0,0006
	D	0,057	/	0,046	/	0,040	/	-0,020	-0,020



## Moments et efforts tranchants dans les Poutres

A. Sens longitudinal

- Portique "c-c"

Niveau	Poutre	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)	l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
9 <sup>e</sup>	AB	2,85	0,968	0,348	0,684	1,497	-1,262	2,85	0,033	0,012	0,023	0,0503	-0,042
	BC	2,85	0,968	0,797	0,836	1,657	-1,634	2,85	0,033	0,027	0,028	0,056	-0,055
	CD	2,85	0,968	0,825	0,513	1,528	-1,715	2,85	0,033	0,028	0,017	0,051	-0,058
8 <sup>e</sup>	AB	2,85	1,088	0,485	0,727	1,635	-1,465	2,85	0,057	0,026	0,038	0,086	-0,077
	BC	2,85	1,088	0,895	0,942	1,864	-1,836	2,85	0,057	0,047	0,049	0,098	-0,096
	CD	2,85	1,088	0,925	0,699	1,755	-1,890	2,85	0,057	0,048	0,037	0,092	-0,099
7 <sup>e</sup>	AB	2,85	1,088	0,493	0,725	1,632	-1,469	2,85	0,057	0,026	0,038	0,086	-0,077
	BC	2,85	1,088	0,897	0,942	1,863	-1,836	2,85	0,057	0,047	0,049	0,098	-0,096
	CD	2,85	1,088	0,924	0,708	1,758	-1,887	2,85	0,057	0,048	0,037	0,092	-0,099
6 <sup>e</sup>	AB	2,85	1,088	0,493	0,725	1,632	-1,469	2,85	0,057	0,026	0,038	0,086	-0,077
	BC	2,85	1,088	0,897	0,942	1,863	-1,836	2,85	0,057	0,047	0,049	0,098	-0,096
	CD	2,85	1,088	0,924	0,708	1,758	-1,887	2,85	0,057	0,048	0,037	0,092	-0,099
5 <sup>e</sup>	AB	2,85	1,088	0,493	0,725	1,632	-1,836	2,85	0,057	0,026	0,038	0,086	-0,077
	BC	2,85	1,088	0,897	0,942	1,758	-1,469	2,85	0,057	0,047	0,049	0,098	-0,096
	CD	2,85	1,088	0,925	0,708	1,863	-1,887	2,85	0,057	0,048	0,037	0,092	-0,099

-49-



Niveau	Poutre	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		$l$ (m)	$q$ (t/m)	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	$T_w$ (t)	$T_e$ (t)	$l$ (m)	$q$ (t/m)	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	$T_w$ (t)	$T_e$ (t)
4 <sup>e</sup>	AB	2,85	1,088	0,512	0,661	1,632	-1,836	2,85	0,057	0,026	0,038	0,086	-0,077
	BC	2,85	1,088	0,858	0,889	1,758	-1,469	2,85	0,057	0,047	0,049	0,098	-0,096
	CD	2,85	1,088	0,869	0,734	1,863	-1,887	2,85	0,057	0,048	0,037	0,092	-0,099
3 <sup>e</sup>	AB	2,75	1,088	0,539	0,651	1,550	-1,442	2,75	0,057	0,027	0,035	0,081	-0,076
	BC	2,75	1,088	0,866	0,889	1,805	-1,786	2,75	0,057	0,045	0,047	0,095	-0,094
	CD	2,75	1,088	0,870	0,769	1,727	-1,809	2,75	0,057	0,046	0,039	0,091	-0,095
2 <sup>e</sup>	AB	2,75	1,088	0,539	0,651	1,537	-1,455	2,75	0,057	0,028	0,034	0,081	-0,076
	BC	2,75	1,088	0,866	0,889	1,803	-1,788	2,75	0,057	0,045	0,047	0,094	-0,094
	CD	2,75	1,088	0,870	0,769	1,737	-1,799	2,75	0,057	0,046	0,040	0,091	-0,094
1 <sup>er</sup>	AB	2,75	1,088	0,539	0,651	1,537	-1,455	2,75	0,057	0,028	0,034	0,081	-0,076
	BC	2,75	1,088	0,866	0,889	1,803	-1,788	2,75	0,057	0,045	0,047	0,094	-0,094
	CD	2,75	1,088	0,870	0,769	1,737	-1,799	2,75	0,057	0,046	0,040	0,091	-0,094

# Efforts Normaux Dans les Poteaux

## Portique "c-c"

Niv	Poteaux	Sous G				Sous P			
		T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>c</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>c</sub> (t)
9 <sup>e</sup>	A	/	1,497	1,497	1,497	/	0,0503	0,0503	0,0503
	B	-1,262	1,657	2,918	2,918	-0,042	0,056	0,098	0,098
	C	-1,634	1,528	3,163	3,163	-0,055	0,051	0,106	0,106
	D	-1,715	/	1,715	1,715	-0,058	/	0,058	0,058
8 <sup>e</sup>	A	/	1,635	1,635	3,132	/	0,086	0,086	0,136
	B	-1,465	1,864	3,329	6,247	-0,077	0,098	0,175	0,273
	C	-1,836	1,755	3,591	6,754	-0,096	0,092	0,188	0,294
	D	-1,890	/	1,890	3,605	-0,099	/	0,099	0,157
7 <sup>e</sup>	A	/	1,632	1,632	4,764	/	0,086	0,086	0,222
	B	-1,469	1,863	3,332	9,579	-0,077	0,098	0,175	0,448
	C	-1,836	1,758	3,594	10,348	-0,096	0,092	0,188	0,482
	D	-1,887	/	1,887	5,492	-0,099	/	0,099	0,256
6 <sup>e</sup>	A	/	1,632	1,632	6,396	/	0,086	0,086	0,308
	B	-1,469	1,863	3,332	12,911	-0,077	0,098	0,175	0,623
	C	-1,836	1,758	3,594	13,942	-0,096	0,092	0,188	0,670
	D	-1,887	/	1,887	7,379	-0,099	/	0,099	0,355



Niv	Poteaux	Sous G				Sous P			
		T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>c</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>c</sub> (t)
5 <sup>e</sup>	A	/	1,632	1,632	8,028	/	0,086	0,086	0,394
	B	-1,836	1,758	3,332	16,243	-0,077	0,098	0,175	0,798
	C	-1,469	1,863	3,594	17,536	-0,096	0,092	0,188	0,858
	D	-1,887	/	1,887	9,266	-0,099	/	0,099	0,454
4 <sup>e</sup>	A	/	1,632	1,632	9,660	/	0,086	0,086	0,480
	B	-1,836	1,758	3,332	19,575	-0,077	0,098	0,175	0,973
	C	-1,469	1,863	3,594	21,130	-0,096	0,092	0,188	1,046
	D	-1,887	/	1,887	11,153	-0,099	/	0,099	0,553
3 <sup>e</sup>	A	/	1,550	1,550	11,210	/	0,081	0,081	0,561
	B	-1,442	1,805	3,246	22,821	-0,076	0,095	0,170	1,143
	C	-1,786	1,727	3,513	24,643	-0,094	0,091	0,184	1,230
	D	-1,809	/	1,809	12,968	-0,095	/	0,095	0,648
2 <sup>e</sup>	A	/	1,537	1,537	12,747	/	0,081	0,081	0,642
	B	-1,455	1,803	3,258	26,079	-0,076	0,094	0,171	1,314
	C	-1,788	1,737	3,525	28,168	-0,094	0,091	0,185	1,415
	D	-1,799	/	1,799	14,761	-0,094	/	0,094	0,742
1 <sup>er</sup>	A	/	1,537	1,537	14,284	/	0,081	0,081	0,723
	B	-1,455	1,803	3,258	29,337	-0,076	0,094	0,171	1,485
	C	-1,788	1,737	3,525	31,693	-0,094	0,091	0,185	1,600
	D	-1,799	/	1,799	16,560	-0,094	/	0,094	0,836



# CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES - PORTIQUE TRANSVERSAL

Niv	Nœud	$L_w$ (m)	$L_e$ (m)	$h_n$ (m)	$h_s$ (m)	$I_w \cdot 10^4$ (m <sup>4</sup> )	$I_e \cdot 10^4$ (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)	$L_e$ (m)	$h_n$ (m)	$h_s$ (m)	$K_w \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_e \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_n \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$K_s \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$D \cdot 10^4$ (m <sup>3</sup> )	$\lambda$
6 <sup>e</sup>	1	/	4,00	/	2,56	/	31,25	/	21,53	/	3,20	/	2,048	/	9,765	/	10,415	20,180	0,86
	2	4,00	4,00	/	2,56	31,25	31,25	/	21,33	3,44	3,44	/	2,048	9,084	9,084	/	10,415	28,583	/
	3	4,00	/	/	2,56	31,25	/	/	21,33	3,20	/	/	2,048	9,765	/	/	10,415	20,180	0,86
7 <sup>e</sup>	1	/	4,00	2,56	2,56	/	31,25	21,33	21,33	/	3,20	2,304	2,048	/	9,765	9,258	10,415	29,437	0,8
	2	4,00	4,00	2,56	2,56	31,25	31,25	21,33	21,33	3,20	3,20	2,304	2,048	9,765	9,765	9,258	10,415	29,203	/
	3	4,00	/	2,56	2,56	31,25	/	21,33	21,33	3,20	/	2,304	2,048	9,765	/	9,258	10,415	29,437	0,8
8 <sup>e</sup>	1	/	4,00	2,56	2,56	/	31,25	21,33	21,33	/	3,20	2,048	2,048	/	9,765	10,415	10,415	30,595	0,8
	2	4,00	4,00	2,56	2,56	31,25	31,25	21,33	21,33	3,20	3,20	2,048	2,048	9,765	9,765	10,415	10,415	40,360	/
	3	4,00	/	2,56	2,56	31,25	/	21,33	21,33	3,20	/	2,048	2,048	9,765	/	10,415	10,415	30,595	0,8
9 <sup>e</sup>	1	/	4,00	2,56	2,56	/	31,25	21,33	21,33	/	3,20	2,048	2,048	/	9,765	10,415	10,415	30,595	0,8
	2	4,00	4,00	2,56	2,56	31,25	31,25	21,33	21,33	3,20	3,20	2,048	2,048	9,765	9,765	10,415	10,415	40,360	/
	3	4,00	/	2,56	2,56	31,25	/	21,33	21,33	3,20	/	2,048	2,048	9,765	/	10,415	10,415	30,595	0,8
10 <sup>e</sup>	1	/	4,00	2,56	2,56	/	31,25	21,33	21,33	/	3,20	2,048	2,048	/	9,765	10,415	10,415	30,595	0,8
	2	4,00	4,00	2,56	2,56	31,25	31,25	21,33	21,33	3,20	3,20	2,048	2,048	9,765	9,765	10,415	10,415	40,360	/
	3	4,00	/	2,56	2,56	31,25	/	21,33	21,33	3,20	/	2,048	2,048	9,765	/	10,415	10,415	30,595	0,8

- 68 -

Niv	Noeud	Lw (m)	Lc (m)	hn (m)	hs (m)	Iv.10 <sup>-4</sup>	Ie.10 <sup>-4</sup>	In.10 <sup>-4</sup>	Is.10 <sup>-4</sup>	Lw	L'e	bn	h's	Kw.10 <sup>-4</sup>	Ke.10 <sup>-4</sup>	Km.10 <sup>-4</sup>	Ks.10 <sup>-4</sup>	D.10 <sup>-4</sup>	γ
4 <sup>e</sup>	1	/	4,00	2,56	2,56	/	3,125	21,33	52,083	/	3,2	2,048	2,048	/	9,765	10,915	25,431	45,611	0,8
	2	4,00	4,00	2,56	2,56	3,125	3,125	21,33	52,083	3,2	3,2	2,048	2,048	9,765	9,765	10,915	25,431	55,336	/
	3	4,00	/	2,56	2,56	3,125	/	21,33	52,083	3,2	/	2,048	2,048	9,765	/	10,915	25,431	45,611	0,8
3 <sup>e</sup>	1	/	3,90	2,56	2,56	/	3,125	21,33	52,083	/	3,12	2,048	2,048	/	10,016	10,016	25,431	45,862	0,8
	2	3,90	3,90	2,56	2,56	3,125	3,125	21,33	52,083	3,12	3,12	2,048	2,048	10,016	10,016	10,915	25,431	55,878	/
	3	3,90	/	2,56	2,56	3,125	/	21,33	52,083	3,12	/	2,048	2,048	10,016	/	10,915	25,431	45,862	0,8
2 <sup>e</sup>	1	/	3,90	2,56	2,56	/	3,125	52,083	52,083	/	3,12	2,048	2,048	/	10,016	10,016	25,431	60,878	0,8
	2	3,90	3,90	2,56	2,56	3,125	3,125	52,083	52,083	3,12	3,12	2,048	2,048	10,016	10,016	25,431	25,431	70,894	/
	3	3,90	/	2,56	2,56	3,125	/	52,083	52,083	3,12	/	2,048	2,048	10,016	/	25,431	25,431	60,878	0,8
1 <sup>er</sup>	1	/	3,90	2,56	2,56	/	3,125	52,083	52,083	/	3,12	2,048	2,048	/	10,016	10,016	25,431	60,878	0,8
	2	3,90	3,90	2,56	2,56	3,125	3,125	52,083	52,083	3,12	3,12	2,048	2,048	10,016	10,016	25,431	25,431	70,894	/
	3	3,90	/	2,56	2,56	3,125	/	52,083	52,083	3,12	/	2,048	2,048	10,016	/	25,431	25,431	60,878	0,8



# PORTIQUE "3.3"

## Moment Sous G

NiV	Nœud	$q_w(t/m)$	$q_e(t/m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_n(t.m)$	$M_s(t.m)$
9 <sup>e</sup>	1	/	2,772	/	3,839	/	1,724	/	1,724
	2	2,772	2,772	3,839	3,839	3,839	3,839	/	0
	3	2,772	/	3,839	/	1,723	/	/	-1,724
8 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,821	/	1,886	0,887	0,998
	2	2,343	2,343	2,822	2,822	2,822	2,822	0	0
	3	2,343	/	2,821	/	1,886	/	-0,887	-0,998
7 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,821	/	1,921	0,961	0,961
	2	2,343	2,343	2,821	2,821	2,821	2,821	0	0
	3	/	/	2,821	/	1,921	/	-0,961	-0,961
6 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,821	/	1,921	0,961	0,961
	2	2,343	2,343	2,821	2,821	2,821	2,821	0	0
	3	2,343	/	2,821	/	1,921	/	-0,961	-0,961
5 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,821	/	1,921	0,961	0,961
	2	2,343	2,343	2,821	2,821	2,821	2,821	0	0
	3	2,343	/	2,821	/	1,921	/	-0,961	-0,961
4 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,821	/	1,921	0,961	0,961
	2	2,343	2,343	2,821	2,821	2,821	2,821	0	0
	3	2,343	/	2,821	/	1,921	/	-0,961	-0,961
3 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,682	/	2,096	0,609	1,487
	2	2,343	2,343	2,682	2,682	2,682	2,682	0	0
	3	2,343	/	2,682	/	2,096	/	-0,609	-1,487
2 <sup>e</sup>	1	/	2,343	/	2,682	/	2,241	1,121	1,121
	2	2,343	2,343	2,682	2,682	2,682	2,682	0	0
	3	2,343	/	2,682	/	2,241	/	-1,121	-1,121
1 <sup>er</sup>	1	/	2,343	/	2,682	/	2,241	1,121	1,121
	2	2,343	2,343	2,682	2,682	2,682	2,682	1,121	0
	3	2,343	/	2,682	/	2,241	/	-1,121	-1,121

Portique "3-3"

Moment Sous P

Niv	Nœud	$q_w(t/m)$	$q_e(t/m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_n(t.m)$	$M_s(t.m)$
9 <sup>e</sup>	1	/	0,3775	/	0,455	/	0,235	/	0,235
	2	0,3775	0,3775	0,523	0,523	0,523	0,523	/	0
	3	0,3775	/	0,455	/	0,235	/	/	-0,235
8 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,796	/	0,532	0,251	0,282
	2	0,661	0,661	0,796	0,796	0,796	0,796	0	0
	3	0,661	/	0,796	/	0,532	/	-0,251	-0,282
7 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,796	/	0,542	0,271	0,271
	2	0,661	0,661	0,796	0,796	0,796	0,796	0	0
	3	0,661	/	0,796	/	0,542	/	-0,271	-0,271
6 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,796	/	0,542	0,271	0,271
	2	0,661	0,661	0,796	0,796	0,796	0,796	0	0
	3	0,661	/	0,796	/	0,542	/	-0,271	-0,271
5 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,796	/	0,542	0,271	0,271
	2	0,661	0,661	0,796	0,796	0,796	0,796	0	0
	3	0,661	/	0,796	/	0,542	/	-0,271	-0,271
4 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,796	/	0,542	0,271	0,271
	2	0,661	0,661	0,796	0,796	0,796	0,796	0	0
	3	0,661	/	0,796	/	0,542	/	-0,271	-0,271
3 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,757	/	0,592	0,172	0,420
	2	0,661	0,661	0,757	0,757	0,757	0,757	0	0
	3	0,661	/	0,757	/	0,592	/	0,172	-0,420
2 <sup>e</sup>	1	/	0,661	/	0,757	/	0,633	0,316	0,316
	2	0,661	0,661	0,757	0,757	0,757	0,757	0	0
	3	0,661	/	0,757	/	0,633	/	-0,316	-0,316
1 <sup>er</sup>	1	/	0,661	/	0,757	/	0,633	0,316	0,316
	2	0,661	0,661	0,757	0,757	0,757	0,757	0	0
	3	0,661	/	0,757	/	0,633	/	-0,316	-0,316



Sens transversal

- Portique "3-3"

Niveau	Poutre	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)	l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
9 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,772	1,724	3,839	6,073	-5,015	4,00	0,3775	0,235	0,523	0,827	-0,683
	2-3	4,00	2,772	3,839	1,724	5,015	-6,073	4,00	0,3775	0,523	0,235	0,683	-0,827
8 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,343	1,886	2,822	4,918	-4,450	4,00	0,661	0,532	0,796	1,388	-1,256
	2-3	4,00	2,343	2,822	1,886	4,450	-4,918	4,00	0,661	0,796	0,532	1,256	-1,388
7 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,343	1,921	2,821	4,909	-4,459	4,00	0,661	0,542	0,796	1,386	-1,258
	2-3	4,00	2,343	2,821	1,921	4,459	-4,909	4,00	0,661	0,796	0,542	1,258	-1,386
6 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,343	1,921	2,821	4,909	-4,459	4,00	0,661	0,542	0,796	1,386	-1,258
	2-3	4,00	2,343	2,821	1,921	4,459	-4,909	4,00	0,661	0,796	0,542	1,258	-1,386
5 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,343	1,921	2,821	4,909	-4,459	4,00	0,661	0,542	0,796	1,386	-1,258
	2-3	4,00	2,343	2,821	1,921	4,459	-4,909	4,00	0,661	0,796	0,542	1,258	-1,386
4 <sup>e</sup>	1-2	4,00	2,343	1,921	2,821	4,909	-4,459	4,00	0,661	0,542	0,796	1,386	-1,258
	2-3	4,00	2,343	2,821	1,921	4,459	-4,909	4,00	0,661	0,796	0,542	1,258	-1,386
3 <sup>e</sup>	1-2	3,90	2,343	2,096	2,682	4,717	-4,4165	3,90	0,661	0,592	0,757	1,331	-1,2465
	2-3	3,90	2,343	2,682	2,096	4,4165	-4,717	3,90	0,661	0,757	0,592	1,2465	-1,331
2 <sup>e</sup>	1-2	3,90	2,343	2,241	2,682	4,680	-4,454	3,90	0,661	0,633	0,757	1,321	-1,257
	2-3	3,90	2,343	2,682	2,241	4,454	-4,680	3,90	0,661	0,757	0,633	1,257	-1,321
1 <sup>er</sup>	1-2	3,90	2,343	2,241	2,682	4,680	-4,454	3,90	0,661	0,633	0,757	1,321	-1,257
	2-3	3,90	2,343	2,682	2,241	4,454	-4,680	3,90	0,661	0,757	0,633	1,257	-1,321

-72-



# Efforts Normaux Dans les Poteaux

Portique "3-3"

Niv	Poteau	Sous G				Sous P			
		Tw (t)	Te (t)	N (t)	Nc (t)	Tw (t)	Te (t)	N (t)	Nc (t)
9 <sup>e</sup>	1	/	6,073	6,073	6,073	/	0,827	0,827	0,827
	2	-5,015	5,015	10,030	10,030	-0,683	0,683	1,366	1,366
	3	-6,073	/	6,073	6,073	-0,827	/	0,827	0,827
8 <sup>e</sup>	1	/	4,918	4,918	10,991	/	1,388	1,388	2,215
	2	-4,450	4,450	8,900	18,930	-1,256	1,256	2,512	3,878
	3	-4,918	/	4,918	10,991	-1,388	/	1,388	2,215
7 <sup>e</sup>	1	/	4,909	4,909	15,900	/	1,386	1,386	3,601
	2	-4,459	4,459	8,918	27,848	-1,258	1,258	2,517	6,395
	3	-4,909	/	4,909	15,900	-1,386	/	1,386	3,601
6 <sup>e</sup>	1	/	4,909	4,909	20,809	/	1,386	1,386	4,987
	2	-4,459	4,459	8,918	36,766	-1,258	1,258	2,517	8,912
	3	-4,909	/	4,909	20,809	-1,386	/	1,386	4,987
5 <sup>e</sup>	1	/	4,909	4,909	25,718	/	1,386	1,386	6,373
	2	-4,459	4,459	8,918	45,684	-1,258	1,258	2,517	11,429
	3	-4,459	/	4,909	25,718	-1,386	/	1,386	6,373
4 <sup>e</sup>	1	/	4,909	4,909	30,627	/	1,386	1,386	7,759
	2	-4,459	4,459	8,918	54,602	-1,258	1,258	2,517	13,946
	3	-4,909	/	4,909	30,627	-1,386	/	1,386	7,759



-74-

Niv	Poteau	Sous G				Sous P			
		$T_w$ (t)	$T_e$ (t)	N (t)	$N_c$ (t)	$T_w$ (t)	$T_e$ (t)	N (t)	$N_c$ (t)
3 <sup>e</sup>	1	/	4,717	4,717	35,435	/	1,331	1,331	9,090
	2	-4,4165	4,4165	8,833	63,435	-1,2465	1,2465	2,493	16,439
	3	-4,717	/	4,717	35,344	-1,331	/	1,331	9,090
2 <sup>e</sup>	1	/	4,680	4,680	40,024	/	1,321	1,321	10,411
	2	-4,454	4,454	8,908	72,343	-1,257	1,257	2,514	18,953
	3	-4,680	/	4,680	40,024	-1,321	/	1,321	10,411
1 <sup>er</sup>	1	/	4,680	4,680	44,704	/	1,321	1,321	11,732
	2	-4,454	4,454	8,908	81,251	-1,257	1,257	2,514	21,467
	3	-4,680	/	4,680	44,704	-1,321	/	1,321	11,732

# Superposition des Sollicitations

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour les combinaisons sur la base des règlements de béton en vigueur (RPA 81).

## I) Poteaux:

\* Sollicitation du 1<sup>er</sup> genre: (Conformément au CCBA 68)

$$G + 1,2 P$$

\* Sollicitation du 2<sup>e</sup> genre: (d'après le RPA 81)

$$G + P \pm 1,2 E \quad \text{et} \quad 0,8 G \mp E.$$

" $\mp E$ " c'est que le séisme peut agir dans un sens, comme dans l'autre.

## II) Poutres:

\* Sollicitation du 1<sup>er</sup> genre: (Conformément au CCBA 68)

$$G + 1,2 P.$$

\* Sollicitation du 2<sup>e</sup> genre: (d'après le RPA 81)

$$G + P \mp E \quad \text{et} \quad 0,8 G \pm E.$$

1) Moment entravés dans les poutres:

$$* \text{ Sous } G + 1,2 P \Rightarrow M_t = M_0(G + 1,2 P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$$

$$* \text{ Sous } G + P \pm E \Rightarrow M_t = M_0(G + P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \pm M_t(E)$$

$$* \text{ Sous } 0,8 G \pm E \Rightarrow M_t = M_0(0,8 G) - \frac{M_w(0,8 G) + M_e(0,8 G)}{2} \pm M_t(E)$$

2) Moments aux appuis dans les poutres:

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

$$* \text{ Sous } G + P \pm E \Rightarrow M_a = M_a(G) + M_a(P) \pm M_a(E)$$

$$* \text{ Sous } 0,8 G \pm E \Rightarrow M_a = 0,8 M_a(G) \pm M_a(E).$$

3) Efforts tranchants dans les poutres:

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

$$* \text{ Sous } G + P \pm E \Rightarrow T = T(G) + T(P) \mp T(E).$$

$$* \text{ Sous } 0,8 G \mp E \Rightarrow T = 0,8 T(G) \mp T(E).$$

Tous les détails de calcul sont donnés sous forme de tableaux.



# Moments en travées dans les Poutres.

## A- Portique longitudinal

### - Portique "c-c"

Niveau	Poutre	M <sub>w</sub> (t.m) "Sous G"	M <sub>e</sub> (t.m) "Sous G"	M <sub>o</sub> (t.m)			M <sub>e</sub> (t.m)		
				G+1,2P	G+P	0,8G	G+1,2P	G+P	0,8G
9 <sup>e</sup>	AB	0,348	0,684	1,014	1,008	0,780	0,498	0,492	0,367
	BC	0,797	0,836	1,444	1,434	1,110	0,628	0,618	0,457
	CD	0,825	0,513	1,402	1,392	1,077	0,733	0,723	0,542
8 <sup>e</sup>	AB	0,485	0,725	1,174	1,163	0,884	0,569	0,558	0,400
	BC	0,895	0,942	1,671	1,654	1,258	0,753	0,736	0,523
	CD	0,925	0,670	1,622	1,606	1,221	0,825	0,809	0,583
7 <sup>e</sup>	AB	0,493	0,725	1,174	1,163	0,884	0,565	0,554	0,397
	BC	0,895	0,942	1,671	1,654	1,258	0,752	0,735	0,522
	CD	0,925	0,708	1,622	1,606	1,221	0,806	0,790	0,570
6 <sup>e</sup>	AB	0,493	0,725	1,174	1,163	0,884	0,565	0,554	0,397
	BC	0,897	0,942	1,671	1,654	1,258	0,752	0,735	0,522
	CD	0,925	0,708	1,622	1,606	1,221	0,806	0,790	0,570
5 <sup>e</sup>	AB	0,493	0,725	1,174	1,163	0,884	0,565	0,554	0,397
	BC	0,897	0,942	1,671	1,654	1,258	0,752	0,735	0,522
	CD	0,925	0,708	1,622	1,606	1,221	0,806	0,790	0,570
4 <sup>e</sup>	AB	0,493	0,725	1,174	1,163	0,884	0,565	0,554	0,397
	BC	0,897	0,942	1,671	1,654	1,258	0,752	0,735	0,522
	CD	0,925	0,708	1,622	1,606	1,221	0,806	0,790	0,570
3 <sup>e</sup>	AB	0,512	0,661	1,093	1,082	0,823	0,507	0,496	0,354
	BC	0,860	0,890	1,574	1,560	1,185	0,699	0,685	0,485
	CD	0,870	0,734	1,527	1,512	1,149	0,725	0,710	0,507
2 <sup>e</sup>	AB	0,539	0,651	1,093	1,082	0,823	0,498	0,487	0,476
	BC	0,865	0,889	1,574	1,560	1,185	0,697	0,683	0,483
	CD	0,870	0,770	1,527	1,512	1,149	0,707	0,692	0,493
1 <sup>er</sup>	AB	0,539	0,651	1,093	1,082	0,823	0,498	0,487	0,476
	BC	0,865	0,889	1,574	1,560	1,185	0,697	0,683	0,483
	CD	0,870	0,770	1,527	1,512	1,149	0,707	0,692	0,493

Portique longitudinal "c-c"

Niveau	travées	G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Mw(k.m)	Mt(k.m)	Me(k.m)	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me	Mw	Mt	Me
9 <sup>e</sup>	A-B	-0,362	0,498	-0,712	1,620	0,196	-2,095	-2,340	0,196	0,681	1,702	0,663	-1,935	-2,258	0,071	0,841
	B-C	-0,829	0,628	-0,870	0,363	0,600	-2,088	-2,011	0,600	0,358	0,550	0,475	-1,891	-1,825	0,435	0,553
	C-D	-0,859	0,733	-0,533	0,385	0,453	-2,308	-2,091	0,453	1,248	0,578	0,812	-2,188	-1,898	0,272	1,368
8 <sup>e</sup>	A-B	-0,516	0,569	-0,771	3,573	0,925	-4,113	-4,593	0,191	2,587	3,695	0,767	-3,930	-4,471	0,033	2,770
	B-C	-0,951	0,753	-1,001	1,922	0,779	-3,941	-3,806	0,693	1,959	2,148	0,566	-3,704	-3,580	0,480	2,196
	C-D	-0,983	0,825	-0,714	2,015	1,149	-4,374	-3,961	0,469	2,960	2,248	0,923	-4,203	-3,728	0,243	3,131
7 <sup>e</sup>	A-B	-0,524	0,565	-0,771	5,861	1,026	-6,199	-6,899	0,082	4,673	5,986	0,869	-6,016	-6,774	-0,075	4,858
	B-C	-0,524	0,752	-1,001	3,708	0,803	-5,777	-5,592	0,667	3,795	3,934	0,590	-5,540	-5,366	0,454	4,032
	C-D	-0,983	0,806	-0,752	3,877	1,230	-6,475	-5,823	0,350	4,985	4,110	1,010	-6,269	-5,590	0,130	5,164
6 <sup>e</sup>	A-B	-0,524	0,565	-0,771	8,459	1,578	-7,693	-9,497	-0,470	6,167	8,584	1,421	-7,510	-9,372	-0,627	6,350
	B-C	-0,953	0,752	-1,001	4,983	0,822	-7,091	-6,871	0,648	5,109	5,209	0,609	-6,854	-6,645	0,435	5,346
	C-D	-0,983	0,806	-0,752	5,220	1,730	-8,807	-7,144	0,150	7,317	5,442	1,510	-8,628	-6,922	-0,370	7,496
5 <sup>e</sup>	A-B	-0,524	0,565	-0,771	10,692	1,621	-9,841	-11,730	-0,513	8,315	10,817	1,464	-9,796	-11,605	-0,670	8,360
	B-C	-0,953	0,752	-1,001	6,820	0,879	-8,983	-8,708	0,591	7,001	7,046	0,666	-8,746	-8,482	0,378	7,238
	C-D	-0,983	0,806	-0,752	7,125	2,774	-10,811	-9,071	-0,194	9,321	7,358	1,554	-10,632	-8,832	-0,414	9,500



-78-

Niveau	Travées	G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)
4 <sup>e</sup>	A-B	-0,524	0,565	-0,771	12,017	1,449	-11,509	-13,055	-0,341	9,983	12,142	1,292	-11,326	-12,930	-0,498	10,166
	B-C	-0,953	0,752	-1,001	8,247	0,870	-10,451	-10,135	0,600	8,469	8,473	0,657	-10,214	-9,909	0,387	8,706
	C-D	-0,983	0,806	-0,752	8,613	1,625	-12,001	-10,559	-0,045	10,511	8,846	1,405	-11,822	-10,326	-0,265	10,690
3 <sup>e</sup>	A-B	-0,544	0,505	-0,703	13,375	1,131	-13,341	-14,453	-0,139	11,949	13,504	0,989	-13,174	-14,324	-0,281	12,116
	B-C	-0,914	0,699	-0,946	9,909	0,803	-11,987	-11,719	0,567	10,113	10,126	0,603	-11,762	-11,502	0,367	10,338
	C-D	-0,925	0,725	-0,780	10,282	1,302	-12,910	-12,112	0,118	11,366	10,501	1,099	-12,725	-11,893	-0,085	11,551
2 <sup>e</sup>	A-B	-0,573	0,498	-0,707	13,675	0,769	-14,368	-14,813	0,205	12,998	13,815	0,758	-14,204	-14,677	0,149	13,162
	B-C	-0,919	0,697	-0,944	10,792	0,774	-12,819	-12,612	0,592	10,947	11,010	0,574	-12,594	-12,394	0,392	11,172
	C-D	-0,924	0,707	-0,818	11,126	0,766	-12,998	-12,956	0,618	11,378	11,345	0,567	-12,804	-12,737	0,419	11,572
1 <sup>er</sup>	A-B	-0,573	0,498	-0,707	12,410	1,155	-12,326	-13,544	-0,191	10,956	12,546	1,144	-12,162	-13,408	-0,192	11,120
	B-C	-0,919	0,697	-0,944	9,046	0,814	-11,153	-10,866	0,553	9,281	9,264	0,614	-10,928	-10,648	0,353	9,506
	C-D	-0,924	0,707	-0,818	9,437	1,005	-11,789	-11,269	0,375	10,169	9,657	0,806	-11,595	-11,049	0,180	10,363



# Efforts tranchants dans les poutres.

## Portique longitudinal derive "c-c"

Niv	travées	G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E		0,8 G + E		0,8 G - E	
		T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)
9 <sup>e</sup>	A-B	1,557	-1,311	0,511	-2,339	2,583	-0,267	0,162	-2,044	2,234	0,027
	B-C	1,724	-1,700	0,945	-2,323	2,213	-1,055	0,692	-1,941	1,959	-0,673
	C-D	1,589	-1,785	0,775	-2,577	2,383	-0,969	0,418	-2,176	2,026	-0,568
8 <sup>e</sup>	A-B	1,739	-1,557	-0,565	-3,825	4,009	+0,745	-0,975	-3,459	3,595	1,115
	B-C	1,980	-1,951	0,432	-3,461	3,490	-0,403	-0,039	-2,998	3,019	0,060
	C-D	1,855	-2,009	0,073	-3,763	3,621	0,215	-0,370	-3,286	3,178	0,262
7 <sup>e</sup>	A-B	1,734	-1,561	-1,919	-5,182	5,353	2,109	-2,330	-4,811	4,941	2,461
	B-C	1,980	-1,951	-0,522	-4,415	4,444	0,551	-0,993	-3,951	3,973	1,014
	C-D	1,868	-2,006	-0,971	-4,807	4,671	0,835	-1,415	-4,331	4,227	1,311
6 <sup>e</sup>	A-B	1,734	-1,561	-3,177	-6,440	6,611	3,348	-3,588	-6,069	6,199	3,719
	B-C	1,980	-1,951	-1,204	-5,097	5,126	1,233	-1,666	-4,634	4,646	1,696
	C-D	1,868	-2,006	-1,948	-5,784	5,648	1,812	-2,392	-5,308	5,204	2,288
5 <sup>e</sup>	A-B	1,734	-1,561	-4,526	-7,789	7,960	4,697	-4,937	-7,418	7,549	5,068
	B-C	1,980	-1,951	-2,191	-6,078	6,101	2,214	-2,656	-5,445	5,636	2,677
	C-D	1,868	-2,006	-2,994	-6,830	6,694	2,858	-3,437	-6,354	6,250	3,334
4 <sup>e</sup>	A-B	1,734	-1,561	-5,447	-8,710	8,881	5,618	-5,858	-8,339	8,470	5,989
	B-C	1,980	-1,951	-2,947	-6,840	6,869	2,976	-3,418	-6,377	6,398	3,439
	C-D	1,868	-2,006	-3,708	-7,544	7,408	3,572	-4,152	-7,068	6,964	4,048
3 <sup>e</sup>	A-B	1,647	-1,533	-6,541	-9,690	9,803	6,654	-6,932	-9,326	9,412	7,018
	B-C	1,919	-1,899	-3,853	-7,633	7,653	3,873	-4,309	-7,197	7,197	4,309
	C-D	1,835	1,923	-4,644	-8,365	8,278	4,557	-5,079	-7,908	7,843	5,014
2 <sup>e</sup>	A-B	1,633	-1,546	-6,976	-10,124	10,210	7,062	-7,363	-9,757	9,823	7,429
	B-C	1,915	-1,900	-4,310	-8,088	8,102	4,324	-4,764	-7,636	7,647	4,775
	C-D	1,846	1,912	-4,659	-8,380	8,315	4,594	-5,097	-7,926	7,876	5,048
1 <sup>er</sup>	A-B	1,633	-1,546	-5,954	-9,105	9,191	6,043	-6,344	-8,738	8,804	6,410
	B-C	1,915	-1,900	-3,412	-7,190	7,204	3,426	-3,866	-6,738	6,749	3,877
	C-D	1,846	1,912	-3,634	-7,355	7,290	3,569	-4,072	-6,901	6,851	4,023



Portique "C-C"

Moments et efforts Normaux Dans les Poteaux

Niv	Pot	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum
6 <sup>e</sup>	A	0,363	0,243	1,557	2,736	-0,779	2,790	-2,016	1,259	0,304	2,258	-0,667	2,234	-1,702	1,031	0,162
	B	0,118	0,084	3,036	3,207	-1,976	3,500	-2,973	2,142	2,533	2,665	-1,653	2,737	-2,485	1,779	1,932
	C	-0,012	-0,009	3,289	2,940	-1,976	3,064	-2,964	1,960	3,472	2,451	-1,646	2,360	-2,469	1,634	2,700
	D	0,534	-0,349	1,786	1,604	-1,261	2,739	-2,664	0,568	0,808	1,368	-1,025	2,176	-2,188	0,499	0,568
7 <sup>e</sup>	A	0,273	0,262	3,292	4,152	-2,328	7,255	-3,612	2,846	-0,720	3,341	-1,959	5,829	-3,029	2,353	-0,817
	B	0,095	0,092	6,578	5,490	-4,326	7,912	-5,302	4,507	5,128	4,568	-3,611	6,157	-4,426	3,749	3,838
	C	-0,0096	-0,0093	7,109	5,146	-4,227	6,549	-5,165	4,209	7,545	4,289	-3,522	4,988	-4,303	3,508	5,818
	D	-0,393	-0,377	3,792	3,096	-2,696	6,858	-3,874	1,950	0,667	2,608	-2,219	5,463	-3,200	1,653	0,305
8 <sup>e</sup>	A	0,262	0,262	5,024	5,328	-3,888	13,336	-4,810	4,406	-3,365	4,421	-3,259	10,771	-4,027	3,653	-3,147
	B	0,092	0,092	10,12	7,779	-6,200	12,803	-7,598	6,381	7,252	6,476	-5,173	9,976	-6,338	5,311	5,351
	C	-0,0093	-0,0093	10,929	7,335	-6,018	9,926	-7,353	5,999	11,733	6,127	-5,014	7,525	-6,113	5,000	9,031
	D	-0,377	-0,377	5,798	4,179	-4,096	12,229	-4,925	3,352	-0,732	3,510	-3,386	9,794	-4,076	2,820	-1,007
9 <sup>e</sup>	A	0,262	0,262	6,762	6,887	-5,163	13,673	-6,369	5,681	-7,521	5,720	-4,321	16,972	-5,326	4,715	-6,736
	B	0,092	0,092	13,663	9,229	-9,048	18,387	-9,048	9,229	8,684	7,684	-7,546	14,372	-7,546	7,684	6,287
	C	-0,0093	-0,0093	14,749	8,721	-8,739	12,949	-8,739	8,721	16,275	7,268	-7,282	9,767	-7,282	7,268	12,539
	D	-0,377	-0,377	7,804	5,577	-5,242	18,773	-6,323	4,495	-3,304	4,675	-4,340	15,102	-5,241	3,774	-3,295

- 80 -



Niv	Pot	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>
5 <sup>e</sup>	A	0,262	0,262	8,497	8,289	-6,829	22,883	-7,772	6,311	-13,295	6,889	-5,672	24,521	-6,495	5,278	-11,673
	B	0,092	0,092	17,205	11,164	-10,983	24,409	-10,983	11,164	9,676	9,297	-9,159	19,134	-9,159	9,297	6,857
	C	-0,0093	-0,0093	18,569	10,565	-10,587	17,567	-10,591	10,569	19,221	8,808	-8,822	11,945	-8,822	8,808	16,111
	D	-0,377	-0,377	9,810	6,838	-5,526	26,572	-7,584	6,272	-7,131	5,726	-5,199	21,456	-6,292	4,633	-6,630
4 <sup>e</sup>	A	0,262	0,158	10,232	8,732	-8,316	33,198	-8,214	8,630	-20,174	7,258	-6,942	32,991	-6,864	7,180	-17,531
	B	0,092	0,061	20,747	12,941	-12,791	30,650	-12,760	12,911	10,476	10,778	-10,663	24,056	-10,640	10,755	7,267
	C	-0,0093	-0,007	22,389	12,268	-12,283	20,569	-12,286	12,271	23,783	10,224	-10,236	14,170	-10,238	10,226	19,636
	D	-0,377	-0,214	11,816	7,235	-7,832	35,229	-7,981	7,384	-11,815	6,057	-6,510	28,524	-6,623	6,170	-10,679
3 <sup>e</sup>	A	0,386	0,287	11,879	8,606	-9,768	44,636	-7,842	10,334	-28,350	7,144	-8,161	42,403	-6,563	8,591	-24,463
	B	0,148	0,114	24,197	15,415	-15,186	36,968	-15,153	15,411	10,991	12,860	-12,664	29,071	-12,638	12,835	7,446
	C	-0,015	-0,012	26,129	14,404	-14,431	23,417	-14,434	14,408	28,328	12,005	-12,025	16,273	-12,027	12,007	23,153
	D	-0,554	-0,408	13,739	6,701	-9,265	44,885	-7,797	8,457	-17,664	5,624	-7,691	36,432	-6,458	7,077	-15,693
2 <sup>e</sup>	A	0,287	0,287	13,513	7,326	-12,798	56,565	-6,760	13,364	-37,044	6,084	-10,685	52,226	-5,654	11,116	-31,827
	B	0,144	0,144	27,660	15,275	-18,419	43,262	-15,049	18,644	11,556	12,721	-15,357	34,065	-12,549	15,529	7,665
	C	-0,012	-0,012	29,869	14,278	-17,477	26,791	-14,301	17,455	32,374	11,899	-14,564	18,813	-11,917	14,546	26,253
	D	-0,408	-0,408	15,651	5,361	-12,379	54,564	-6,169	14,571	-23,557	4,497	-10,286	44,356	-5,111	9,672	-20,742
1 <sup>er</sup>	A	0,287	0,287	15,147	2,774	-22,426	67,273	-2,208	22,426	-44,517	2,291	-18,688	61,031	-1,861	18,688	-38,172
	B	0,144	0,144	31,123	7,496	-22,152	49,409	-7,271	22,152	12,266	6,239	-18,460	38,938	-6,067	18,460	8,006
	C	-0,012	-0,012	33,612	7,231	-21,656	30,316	-7,208	21,656	36,269	6,025	-18,047	21,479	-6,008	18,047	29,227
	D	-0,408	-0,408	17,563	0,807	-22,901	63,013	-1,609	22,901	-28,220	0,697	-19,084	51,258	-1,311	19,084	-24,766

Portique C-C

-18-



Portique "B-B"

Moments et efforts Normaux Dans les Poteaux

Niv	Pot	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum
6 <sup>e</sup>	A	0,366	0,209	1,573	2,572	-0,746	2,702	-1,854	1,150	0,386	2,104	-0,657	2,083	-1,584	0,924	0,153
	B	0,118	0,072	3,065	2,993	-1,848	3,458	-2,760	1,988	2,558	2,481	-1,552	2,553	-2,313	1,645	1,803
	C	-0,012	-0,007	3,322	2,736	-1,839	3,069	-2,760	1,825	3,451	2,282	-1,532	2,201	-2,298	1,522	2,519
	D	-0,543	-0,301	1,801	1,459	-1,143	0,868	-2,516	0,562	2,666	1,274	-0,902	0,530	-2,038	0,518	2,028
7 <sup>e</sup>	A	0,225	0,225	3,068	3,840	-2,190	6,702	-3,386	2,626	-0,724	3,161	-1,863	5,168	-2,861	2,151	-1,020
	B	0,079	0,079	6,107	5,102	-4,034	7,244	-4,945	4,186	4,652	4,238	-3,375	5,204	-4,134	3,475	3,044
	C	-0,008	-0,008	6,604	4,792	-3,935	5,968	-4,808	3,920	6,897	3,995	-3,278	4,072	-4,005	3,268	4,846
	D	-0,325	-0,325	3,528	2,918	-2,477	0,555	-3,572	1,851	6,317	2,487	-1,846	-0,017	-2,921	1,760	4,785
8 <sup>e</sup>	A	0,225	0,225	4,559	4,936	-3,642	12,205	-4,500	4,078	-3,345	4,076	-3,073	9,507	-3,788	3,361	-3,451
	B	0,079	0,079	9,151	7,233	-5,779	11,474	-7,081	5,931	6,306	6,015	-4,829	8,224	-5,914	4,929	3,918
	C	-0,008	-0,008	9,888	6,830	-5,602	8,764	-6,845	5,587	10,449	5,693	-4,667	5,858	-5,703	4,657	7,262
	D	-0,325	-0,325	5,253	3,924	-3,780	-0,929	-4,550	3,154	11,135	3,324	-3,096	-1,540	-3,738	2,682	8,514
9 <sup>e</sup>	A	0,225	0,225	6,050	6,387	-4,830	19,114	-5,952	5,265	-7,372	5,285	-4,062	15,018	-4,997	4,350	-7,054
	B	0,079	0,079	12,195	8,583	-8,431	16,348	-8,431	8,583	7,316	7,139	-7,040	11,781	-7,040	7,139	4,255
	C	-0,008	-0,008	13,172	8,120	-8,135	11,230	-8,135	8,120	14,331	6,768	-6,778	7,369	-6,778	6,768	9,953
	D	-0,325	-0,325	6,978	5,227	-4,847	-3,505	-5,854	4,221	17,045	4,410	-3,571	-3,973	-4,824	3,985	13,153



Niv	Pot	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum
5 <sup>e</sup>	A	0,226	0,226	7,541	7,694	-5,898	27,558	-7,259	6,334	-12,904	6,374	-4,953	21,783	-6,086	5,241	11,911
	B	0,079	0,079	15,239	10,384	-10,232	21,631	-10,232	10,384	7,917	8,641	-8,540	15,679	-8,540	8,641	4,251
	C	-0,008	-0,008	16,456	9,842	-9,857	13,624	-9,857	9,842	18,285	8,203	-8,213	8,819	-8,213	8,203	12,704
	D	-0,325	-0,325	8,703	6,401	-5,807	-7,250	-7,027	5,181	24,124	5,388	-4,785	-7,380	-5,802	4,371	18,766
4 <sup>e</sup>	A	0,226	0,137	9,032	8,105	-7,756	37,002	-7,671	8,020	-19,466	6,717	-6,486	29,406	-6,429	6,660	17,626
	B	0,079	0,052	18,283	12,039	-11,912	27,093	-11,887	12,014	8,339	10,019	-9,936	19,726	-9,919	10,002	4,098
	C	-0,008	-0,005	19,740	11,423	-11,435	16,071	-11,437	11,425	22,186	9,520	-9,528	10,314	-9,530	9,522	15,411
	D	-0,325	-0,160	10,428	6,771	-7,273	-11,793	-7,397	6,895	32,001	5,696	-6,028	-11,452	-6,110	5,778	25,044
3 <sup>e</sup>	A	0,331	0,246	10,449	7,995	-9,232	47,514	-7,355	9,532	-27,238	6,608	-7,731	37,930	-6,184	7,905	24,338
	B	0,127	0,097	21,177	14,404	-14,198	32,665	-14,158	14,376	8,501	11,983	-11,840	23,878	-11,819	11,965	3,742
	C	-0,013	-0,010	22,950	13,446	-13,467	18,578	-13,470	13,449	25,895	11,277	-11,221	11,871	-11,223	11,209	17,961
	D	-0,476	-0,352	12,081	6,304	-8,607	-17,228	-7,224	7,927	40,632	5,332	-7,114	-16,255	-5,942	6,664	31,962
2 <sup>e</sup>	A	0,246	0,246	11,853	6,812	-11,971	58,496	-6,336	12,447	-35,506	5,636	-10,016	46,849	-5,321	10,332	31,461
	B	0,097	0,097	24,153	14,247	-17,205	38,215	-14,059	17,393	8,704	11,860	-14,354	28,010	-11,732	14,478	3,418
	C	-0,010	-0,010	26,170	13,327	-16,310	21,408	-13,346	16,292	29,281	11,108	-13,590	13,696	-11,120	13,578	20,258
	D	-0,352	-0,352	13,724	5,041	-11,511	-22,875	-5,719	10,833	49,455	4,258	-9,535	-21,233	-4,708	9,085	39,042
1 <sup>er</sup>	A	0,246	0,246	13,257	2,547	-20,774	68,323	-2,071	20,774	-42,619	2,082	-17,312	54,805	-1,766	17,312	37,62
	B	0,097	0,097	27,129	6,934	-20,521	47,629	-6,746	20,521	9,044	5,763	-17,101	32,028	-5,637	17,101	3,208
	C	-0,010	-0,010	29,390	6,678	-20,064	24,091	-6,696	20,064	32,824	5,567	-16,720	15,399	-5,579	16,720	22,677
	D	-0,352	-0,352	15,367	0,777	-21,216	-27,649	-1,457	21,216	57,405	0,706	-17,680	-25,484	-1,156	17,680	45,395



# B. Sens transversal

## - Portique "3-3"

Niv	Poutre	M <sub>w</sub> (t.m) "Sous G"	M <sub>e</sub> (t.m) "Sous G"	M <sub>o</sub> (t.m)			M <sub>t</sub> (t.m)		
				G + 1,2 P	G + P	0,8 G	G + 1,2 P	G + P	0,8 G
9 <sup>e</sup>	1-2	1,724	3,838	6,450	6,299	4,435	3,669	3,518	2,210
	2-3	3,839	1,724	6,450	6,299	4,435	3,669	3,518	2,210
8 <sup>e</sup>	1-2	1,886	2,821	6,2704	6,006	3,747	3,917	3,653	1,865
	2-3	2,821	1,886	6,2704	6,006	3,747	3,917	3,653	1,865
7 <sup>e</sup>	1-2	1,921	2,821	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
	2-3	2,821	1,921	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
6 <sup>e</sup>	1-2	1,921	2,821	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
	2-3	2,821	1,921	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
5 <sup>e</sup>	1-2	1,921	2,821	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
	2-3	2,821	1,921	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,653	1,865
4 <sup>e</sup>	1-2	1,921	2,821	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,635	1,851
	2-3	2,821	1,921	6,2704	6,006	3,747	3,900	3,635	1,851
3 <sup>e</sup>	1-2	2,096	2,682	5,921	5,709	3,562	3,572	3,320	1,651
	2-3	2,682	2,096	5,921	5,709	3,562	3,572	3,320	1,651
2 <sup>e</sup>	1-2	2,241	2,682	5,961	5,709	3,562	3,500	3,248	1,593
	2-3	2,682	2,241	5,961	5,709	3,562	3,500	3,248	1,593
1 <sup>er</sup>	1-2	2,241	2,682	5,961	5,709	3,562	3,500	3,248	1,593
	2-3	2,682	2,241	5,961	5,709	3,562	3,500	3,248	1,593



Portique transversal "3-3"

Niveau	Travées	G + 1,2 P			G + P + E			G + P - E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>t</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)
9 <sup>e</sup>	1-2	-2,005	3,670	-4,467	-0,131	3,810	-5,614	-3,786	3,231	3,110	3,206	2,500	-3,206	-3,206	1,923	+1,819
	2-3	-4,467	3,670	-2,005	-3,110	3,810	-3,786	-5,614	3,231	0,132	4,323	2,500	-1,323	-1,323	1,923	0,448
8 <sup>e</sup>	1-2	-2,524	3,917	-3,776	-0,991	4,140	-7,027	-6,826	3,136	0,207	5,917	2,370	-5,917	-5,917	1,366	1,153
	2-3	-3,776	3,917	-2,524	-0,791	4,140	-6,826	-7,027	3,136	1,990	5,667	2,370	-5,667	-5,667	1,366	2,899
7 <sup>e</sup>	1-2	-2,571	3,90	-3,776	7,150	4,700	-8,654	-9,613	2,578	1,420	5,613	2,910	-7,294	-8,687	0,794	2,780
	2-3	-3,776	3,90	-2,571	1,418	4,700	-9,613	-8,654	2,578	4,687	2,780	2,910	-8,687	-7,294	0,794	5,613
6 <sup>e</sup>	1-2	-2,571	3,90	-3,776	6,611	4,630	-10,711	-11,538	2,645	3,477	7,538	2,841	-9,351	-10,612	0,861	4,837
	2-3	-3,776	3,90	-2,571	3,477	4,630	-11,538	-10,711	2,645	6,612	4,837	2,841	-10,612	-9,351	0,861	7,537
5 <sup>e</sup>	1-2	-2,571	3,90	-3,776	9,412	5,132	-12,489	-14,329	2,139	5,255	10,329	3,350	-11,130	-13,403	0,355	6,615
	2-3	-3,776	3,90	-2,571	5,255	5,132	-14,329	-12,489	2,139	9,403	6,615	3,350	-13,403	-11,130	0,355	10,329
4 <sup>e</sup>	1-2	-2,571	3,90	-3,776	11,595	5,410	-14,128	-16,522	1,862	6,894	12,522	3,630	-12,768	-15,596	0,078	8,254
	2-3	-3,776	3,90	-2,571	6,894	5,410	-16,522	-14,128	1,862	11,596	8,254	3,630	-15,596	-12,768	0,078	12,522
3 <sup>e</sup>	1-2	-2,806	3,572	-3,590	12,191	4,400	-16,028	-17,567	2,102	9,150	13,202	2,800	-14,735	-16,556	0,505	10,440
	2-3	-3,590	3,572	-2,806	9,150	4,400	-17,567	-16,028	2,102	12,191	10,443	2,800	-16,556	-14,735	0,505	13,202
2 <sup>e</sup>	1-2	-3,00	3,50	-3,590	13,265	4,020	-19,575	-19,009	2,479	12,697	14,343	2,360	-16,744	-17,930	0,824	12,452
	2-3	-3,590	3,50	-3,00	11,160	4,020	-19,009	-19,575	2,479	13,263	12,452	2,360	-17,930	-16,744	0,824	14,343
1 <sup>er</sup>	1-2	-3,00	3,50	-3,590	12,150	4,960	-15,050	-17,896	1,542	8,172	13,230	3,300	-13,757	-16,816	-0,113	9,465
	2-3	-3,590	3,50	-3,00	8,172	4,960	-17,896	-15,050	1,542	12,150	9,465	3,300	-16,816	-13,757	-0,113	13,230



# Efforts tranchants dans les poutres

## Portique transversal "3-3"

Niv	traveées	G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E		0,8 G + E		0,8 G - E	
		T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)
9 <sup>e</sup>	1 - 2	7,065	-5,834	6,201	-6,397	7,599	-4,999	4,159	-4,711	5,557	-3,313
	2 - 3	5,834	-7,065	4,999	-7,599	6,397	-6,201	3,313	-5,557	4,711	-4,159
8 <sup>e</sup>	1 - 2	6,583	-5,957	4,530	-7,482	8,082	-3,990	2,158	-5,336	5,710	-1,778
	2 - 3	5,957	6,583	3,930	-8,082	7,482	-4,530	1,778	-5,710	5,336	-2,158
7 <sup>e</sup>	1 - 2	6,571	-5,968	3,525	-8,486	9,063	-2,948	1,158	-6,336	6,696	-0,798
	2 - 3	5,968	-6,571	2,948	-9,063	8,486	-3,525	0,798	-6,696	6,336	-1,158
6 <sup>e</sup>	1 - 2	6,571	-5,968	2,620	-9,391	9,968	-2,043	0,253	-7,241	7,601	0,107
	2 - 3	5,968	-6,571	2,043	-9,968	9,391	-2,620	0,107	-7,601	7,241	-0,253
5 <sup>e</sup>	1 - 2	6,571	-5,968	1,581	-10,430	11,007	-1,004	-0,786	-8,280	8,640	1,145
	2 - 3	5,968	-6,571	1,004	-11,007	10,430	-1,581	-1,145	-8,640	8,280	0,786
4 <sup>e</sup>	1 - 2	6,571	-5,968	0,710	-11,301	11,878	-0,133	-1,657	-9,151	9,511	2,017
	2 - 3	5,968	-6,571	0,133	-11,878	11,301	-0,710	-2,017	-9,511	9,151	1,657
3 <sup>e</sup>	1 - 2	6,314	5,911	-0,194	-11,904	12,290	0,580	-2,468	-9,775	10,016	2,709
	2 - 3	5,911	6,314	-0,580	-12,290	11,904	0,194	-2,709	-10,016	9,775	2,468
2 <sup>e</sup>	1 - 2	6,265	-5,961	-0,984	-12,695	12,986	1,275	-3,241	-10,547	10,729	3,423
	2 - 3	5,961	-6,265	-1,275	-12,986	12,695	0,984	-3,423	-10,729	10,547	3,241
1 <sup>er</sup>	1 - 2	6,265	-5,961	-0,052	-11,763	12,054	0,343	-2,309	-9,615	9,797	2,490
	2 - 3	5,961	-6,265	-0,343	-12,054	11,763	0,052	-2,490	-9,797	9,615	2,309



# Moments et efforts Normaux Dans les Poteaux

## Portique "3-3"

Niv	Poteau	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum	Msup	Minf	Ncum
9 <sup>e</sup>	1	2,005	1,187	7,065	4,115	-0,325	6,060	-0,235	2,599	7,740	3,205	-0,508	4,158	-0,449	1,928	5,558
	2	0	0	11,669	3,006	-2,459	11,396	-3,006	2,459	11,396	2,505	-2,049	8,024	-2,505	2,049	8,024
	3	-2,005	-1,187	7,065	0,235	-2,599	7,740	-4,151	0,325	6,060	0,449	-1,928	5,558	-3,205	0,508	4,158
8 <sup>e</sup>	1	1,480	1,286	13,649	5,108	-1,900	10,234	-2,548	4,364	16,178	3,416	-1,841	6,315	-2,392	3,379	11,269
	2	0	0	23,583	5,724	-4,684	22,808	-5,724	4,684	22,808	4,770	-3,903	15,144	-4,770	3,903	15,144
	3	-1,480	-1,286	13,649	2,548	-4,364	16,178	-5,108	1,900	10,234	2,392	-3,379	11,269	-3,416	1,841	6,315
7 <sup>e</sup>	1	1,286	1,286	20,221	6,680	-3,257	13,205	-4,216	5,721	25,797	5,310	-2,945	7,472	-3,771	4,483	17,966
	2	0	0	35,521	7,406	-7,406	34,243	-7,406	7,406	34,243	6,172	-6,172	22,279	-6,172	6,172	22,279
	3	-1,286	-1,286	20,221	4,216	-5,721	25,797	-6,680	3,257	13,205	3,771	-4,483	17,966	-5,310	2,945	7,472
6 <sup>e</sup>	1	1,286	1,286	26,793	7,665	-5,201	15,090	-5,201	7,665	36,502	6,130	-4,592	7,724	-4,592	6,130	25,568
	2	0	0	47,459	9,619	-9,619	45,678	-9,619	9,619	45,678	8,016	-8,016	29,414	-8,016	8,016	29,414
	3	-1,286	-1,286	26,793	5,201	-7,665	36,502	-7,665	5,201	15,090	4,592	-6,130	25,568	-6,130	4,592	7,724
5 <sup>e</sup>	1	1,286	1,286	33,365	9,038	-6,574	15,729	-6,574	9,038	51,453	7,274	-5,736	6,938	-5,736	7,274	34,208
	2	0	0	59,397	11,673	-11,673	57,113	-11,673	11,673	57,113	9,727	-9,727	36,549	-9,727	9,727	36,549
	3	-1,286	-1,286	33,365	6,574	-9,038	51,453	-9,038	6,574	15,729	5,736	-7,274	34,208	-7,274	5,736	6,938
4 <sup>e</sup>	1	1,286	1,286	39,937	10,297	-8,285	15,323	-7,833	9,845	64,449	8,323	-7,067	5,281	-6,785	8,041	43,719
	2	0	0	71,335	13,554	-13,554	68,548	-13,554	13,554	68,548	11,295	-11,295	43,684	-11,295	11,295	43,684
	3	-1,286	-1,286	39,937	7,833	-9,845	64,449	-10,297	8,285	15,323	6,785	-8,041	43,719	-8,323	7,067	5,281



Niv	Poteau	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>
3 <sup>e</sup>	1	1,991	0,814	46,251	10,697	-9,308	13,879	-6,883	12,180	77,989	9,980	-8,057	2,812	-7,604	9,849	53,736
	2	0	0	83,160	16,658	-16,658	79,874	-16,658	16,658	79,874	13,882	-13,882	50,751	-13,882	13,882	50,751
	3	-1,991	-0,814	46,251	6,883	-12,180	77,989	-10,697	9,308	13,879	7,604	-9,849	53,736	-9,980	8,057	2,812
2 <sup>e</sup>	1	1,499	1,499	58,515	10,056	-11,493	11,497	-7,184	14,365	92,371	9,516	-9,878	-0,429	-7,724	11,670	64,465
	2	0	0	95,084	18,376	-18,376	91,296	-18,376	18,376	91,296	15,313	-15,313	57,877	-15,313	15,313	57,877
	3	-1,499	-1,499	58,515	7,184	-14,365	92,371	-10,056	11,493	11,497	7,724	-11,670	64,465	-9,516	9,878	-0,429
1 <sup>er</sup>	1	1,499	1,499	58,779	6,536	-20,396	10,234	-3,664	20,396	105,635	5,996	-16,997	-2,738	-4,204	16,997	74,262
	2	0	0	107,008	9,490	-22,144	102,718	-9,490	22,144	102,718	7,908	-18,453	65,003	-7,908	18,453	65,003
	3	-1,499	-1,499	58,779	3,664	-20,396	105,635	-6,536	20,396	10,234	3,354	-16,997	74,262	-5,146	16,997	-2,738

# Moments et efforts Normaux Dans les Poteaux

## Portique "4-4"

Niv	Poteau	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	N <sub>cum</sub>
9 <sup>e</sup>	1	1,4004	0,896	5,345	3,735	-0,701	3,948	-0,981	2,443	5,756	2,973	-0,712	2,800	-0,957	1,908	4,306
	2	0	0	8,148	3,238	-2,645	8,012	-3,238	2,645	8,012	2,694	-2,204	5,867	-2,694	2,204	5,867
	3	-1,4004	-0,896	5,345	0,981	-2,443	5,756	-3,735	0,701	3,948	0,957	-1,908	4,306	-2,973	0,712	2,800
8 <sup>e</sup>	1	1,008	0,970	10,311	5,097	-2,425	6,483	-3,137	4,311	12,877	4,103	-2,161	4,200	-2,759	3,453	9,528
	2	0	0	17,133	6,157	-5,038	16,750	-6,157	5,038	16,750	5,131	-4,198	11,859	-5,131	4,198	11,859
	3	-1,008	0,970	10,311	3,137	-4,311	12,877	-5,097	2,425	6,483	2,759	-3,453	9,528	-4,103	2,161	4,200
7 <sup>e</sup>	1	0,970	0,970	15,286	6,803	-3,851	7,727	-4,917	5,737	21,271	5,529	-3,349	4,526	-4,237	4,641	15,812
	2	0	0	26,137	7,966	-7,966	25,504	-7,966	7,966	25,504	6,638	-6,638	17,863	-6,638	6,638	17,863
	3	-0,970	-0,970	15,286	4,917	-5,737	21,271	-6,803	3,851	7,727	4,237	-4,641	15,812	-5,529	3,349	4,526
6 <sup>e</sup>	1	0,970	0,970	20,243	7,862	-5,976	7,802	-5,976	7,862	30,834	6,412	-5,119	3,878	-5,120	6,412	23,070
	2	0	0	35,141	10,346	-10,346	34,258	-10,346	10,346	34,258	8,622	-8,622	23,867	-8,622	8,622	23,867
	3	-0,970	-0,970	20,243	5,976	-7,862	30,834	-7,862	5,976	7,802	5,120	-6,412	23,070	-6,412	5,119	3,878
5 <sup>e</sup>	1	0,970	0,970	25,2	9,339	-7,453	6,538	-7,453	9,339	41,736	7,643	-6,351	2,114	-6,351	7,643	31,444
	2	0	0	44,145	12,556	-12,556	43,012	-12,556	12,556	43,012	10,463	-10,463	29,871	-10,463	10,463	29,871
	3	-0,970	-0,970	25,2	7,453	-9,339	41,736	-9,339	7,453	6,538	6,351	-7,643	31,444	-7,643	6,351	2,114
4 <sup>e</sup>	1	0,970	0,970	30,157	10,693	-9,152	4,150	-8,807	10,348	53,762	8,772	-7,715	-0,587	-7,479	8,535	40,755
	2	0	0	53,149	14,580	-14,580	51,766	-14,580	14,580	51,766	12,149	-12,149	35,875	-12,149	12,149	35,875
	3	-0,970	-0,970	30,157	8,807	-10,348	53,762	-10,693	9,152	4,150	7,479	-8,535	40,755	-8,772	7,715	-0,587



Niv	Poteau	G + 1,2 P			G + P + 1,2 E			G + P - 1,2 E			0,8 G + E			0,8 G - E		
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	Ncum	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	Ncum	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	Ncum	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	Ncum	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	Ncum
3 <sup>e</sup>	1	1,502	1,131	34,92	10,930	-10,474	0,717	-8,010	12,674	66,457	8,894	-8,891	-4,131	-6,891	10,399	50,651
	2	0	0	62,067	17,946	-17,946	60,437	-17,946	17,946	60,437	14,955	-14,955	41,822	-14,955	14,955	41,822
	3	-1,502	-1,131	34,920	8,010	-12,674	66,457	-10,930	10,474	0,717	6,891	-10,399	50,651	-8,894	8,891	-4,131
2 <sup>e</sup>	1	1,131	1,131	39,643	10,385	-12,828	-3,721	-8,185	15,028	80,079	8,492	-10,853	-8,506	-6,984	12,361	61,326
	2	0	0	71,061	19,796	-19,796	69,181	-19,796	19,796	69,181	16,497	-16,497	47,819	-16,497	16,497	47,819
	3	-1,131	-1,131	39,643	8,185	-15,028	80,079	-10,385	12,828	-3,721	6,984	-12,361	61,326	-8,492	10,853	-8,506
1 <sup>er</sup>	1	1,131	1,131	44,368	6,567	-21,871	-6,941	-4,367	21,871	92,487	5,310	-18,226	-11,867	-3,802	18,226	70,989
	2	0	0	80,055	10,176	-23,743	77,925	-10,176	23,743	77,925	8,480	-19,786	53,816	-8,480	19,786	53,816
	3	-1,131	-1,131	44,368	4,367	-21,871	92,487	-6,567	21,871	-6,941	3,802	-18,226	70,989	-5,310	18,226	-11,867

## Ferraillage des poutres

Les poutres seront ferraillées en flexion simple sous  $SP_1$  si  $1,5 SP_1 > SP_2$  et sous  $SP_2$  si  $1,5 SP_1 < SP_2$ .

$SP_1$ : toute sollicitation de 1<sup>er</sup> genre (moment flechissant, et efforts tranchants)

$SP_2$ : toute sollicitation de 2<sup>e</sup> genre déduite de la combinaison la plus défavorable

Contraintes admissibles :

$$\bar{\sigma}'_b(SP_2) = 1,5 \bar{\sigma}'_b(SP_1) = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_{b0}(SP_2) = 1,5 \bar{\sigma}'_{b0}(SP_1) = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a(SP_2) = 1,5 \bar{\sigma}_a(SP_1) = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Le calcul des armatures longitudinales se fera par la méthode de "Pierre CHARON" ainsi que les vérifications aux contraintes.

Conditions exigées par le C.T.C :

- Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 3% pour (AHA) et 0,5% (A d<sub>2</sub>)
- Les poutres sollicitées principalement par les forces latérales sismiques doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section sur appui. (Cas des poutres du portique long)
- Toutes les vérifications des sections d'armatures seront faites par les règles de béton (CCBA 68), ainsi que le règlement du CTC (RPA 81).

Sens transversal :

Le calcul des armatures longitudinales ainsi que les vérifications seront donnés sous forme de tableaux.



## Tableau Récapitulatif

### Calcul des armatures longitudinales

Niv	Section	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M (t.m)	$\mu$	$\epsilon$	K	$\delta'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	A cal. (cm <sup>2</sup> )	A adop.
9 <sup>e</sup>	1/3	4200	-3,785 3,206	0,0225 0,01884	0,9346 0,9394	61,50 67,50	68,29 62,22	2,143 1,806	4T14 2T14+2T12
	2	4200	-4,467 3,110	0,0394 0,0182	0,9155 0,9405	44,20 69,00	95,02 60,00	3,873 1,750	4T14 2T14+2T2
	1-2 2-3	2800	3,670	0,0324	0,9226	49,60	56,45	3,157	2T14+2T12
8 <sup>e</sup> -7 <sup>e</sup>	1/3	4200	-9,613 7,150	0,0565 0,0420	0,9012 0,9129	35,60 42,40	117,97 99,06	5,644 4,144	4T14 2T14+2T12
	2	4200	-8,654 2,780	0,0510 0,0163	0,9057 0,9435	38,00 73,50	110,526 57,143	5,060 1,560	4T14 2T14+2T12
	1-2 2-3	2800	3,917	0,0345	0,9204	47,80	58,580	3,378	2T14+2T12
6 <sup>e</sup> -5 <sup>e</sup>	1/3	4200	-14,329 10,329	0,0842 0,0607	0,8829 0,8980	27,70 34,00	151,624 123,529	8,587 6,086	2T20+2T16 2T16+2T12
	2	4200	-12,489 6,615	0,0734 0,0389	0,8894 0,9161	30,20 44,60	139,073 94,170	7,430 3,869	4T16 2T16+2T12
	1-2 2-3	2800	3,900	0,0344	0,9204	47,80	58,580	3,363	2T16+2T12
4 <sup>e</sup> -3 <sup>e</sup>	1/3	4200	-17,567 13,202	0,1033 0,0776	0,8725 0,8866	24,2 29,10	173,554 144,330	10,653 7,879	4T20 4T16
	2	4200	-16,028 9,150	0,0942 0,0538	0,8771 0,9031	25,70 36,80	163,424 114,130	9,669 5,361	4T20 2T16+2T12
	1-2 2-3	2800	3,572	0,0315	0,9237	50,50	55,460	3,069	2T16+2T12
2 <sup>e</sup> -1 <sup>er</sup>	1/3	4200	-19,009 14,343	0,1118 0,0843	0,8684 0,8826	23,00 27,6	182,609 152,174	11,582 8,508	4T20 2T12+2T6
	2	4200	-19,575 12,697	0,1151 0,0746	0,8668 0,8886	22,60 29,90	185,841 140,468	11,948 7,560	4T20 2T20+2T12
	1-2 2-3	2800	3,500	0,0309	0,9242	51,00	54,906	3,006	2T20+2T12

# Portique transversal "3-3"

## Armatures longitudinales

<u>Niveau terrasse</u>	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12
<u>Niveau 8<sup>e</sup></u>	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12
<u>Niveau 7<sup>e</sup></u>	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12	2T14+2T12	4T14 Δ 2T14 + 2T12
<u>Niveau 6<sup>e</sup></u>	2T20+2T16 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	4T16 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	2T20+ Δ 2T16 + 2T12
<u>Niveau 5<sup>e</sup></u>	2T16+2T20 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	4T16 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	2T20+2 Δ 2T16 + 2T12
<u>Niveau 4<sup>e</sup></u>	4T20 Δ 4T16	2T16+2T12	4T20 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	4T20 Δ 4T16
<u>Niveau 3<sup>e</sup></u>	4T20 Δ 4T16	2T16+2T12	4T20 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	4T20 Δ 4T16
<u>Niveau 2<sup>e</sup></u>	4T20 Δ 2T12 + 2T20	2T20+2T12	4T20 Δ 2T20 + 2T12	2T20+2T12	4T20 Δ 2T12 + 2T20
<u>Niveau 1<sup>er</sup></u>	4T20 Δ 2T12 + 2T20	2T20+2T12	4T20 Δ 2T16 + 2T12	2T16+2T12	4T20 Δ 2T20 + 2T12

Vérification à la fissuration:  $K = 1,5 \cdot 10^4$  (fissuration permise)  $\rho = 1,6$

$$A = 4T20 = 12,56 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega_f = \frac{12,56}{2,5 \cdot 30} = 4,186 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \sigma_1 = 5312,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 2T16 + 2T20 = 10,3 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega_f = \frac{10,3}{2,5 \cdot 30} = 3,433 \cdot 10^{-2} \Rightarrow \sigma_1 = 4600 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 4T14 = 6,15 \text{ cm}^2 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = 4374,63 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ \omega_f = 0,0205 \end{array} \right. \text{ vérifiée}$$

$$A = 4T16 = 8,04 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega_f = 0,0268 \Rightarrow \sigma_1 = 4755,52 \text{ kg/cm}^2 > \sigma_a$$

donc la vérification de toute les sections est vérifiée.



## Vérification des Contraintes:

### Sens transversal

NIV	APP.	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	travée	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	1:3	1523,86	45,08	1476,66	59,78	1-2	1690,30	45,93
	2	1798,40	53,21	1432,44	38,93	2-3	1690,30	45,93
8 <sup>e</sup> -7 <sup>e</sup>	1:3	3870,20	114,504	3293,20	89,49	1-2	1804,10	49,03
	2	3484,10	103,08	1280,40	34,79	2-3	1804,10	49,03
6 <sup>e</sup> -5 <sup>e</sup>	1:3	3536,76	143,77	4076,90	122,430	1-2	1539,37	46,23
	2	3895,60	113,90	2611,00	78,408	2-3	1539,37	46,23
4 <sup>e</sup> -3 <sup>e</sup>	1:3	3595,20	164,16	4118,02	142,49	1-2	1409,90	42,339
	2	2555,99	116,712	3611,50	108,45	2-3	1409,90	42,339
2 <sup>e</sup> -1 <sup>e</sup>	1:3	3890,30	177,64	3875,70	147,93	1-2	1031,189	37,09
	2	4006,20	182,93	3740,80	134,56	2-3	1031,19	37,09
		Armat-SUP		Armat-INF		Armat. EN travées		

### • Vérification de la flèche: (CCBA 68, art 61.21)

$$\bullet \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16} \Rightarrow \frac{50}{440} = 0,1136 > 0,0625$$

$$\bullet \frac{A}{b \cdot h} \leq \frac{43}{\sigma_{en}} \text{ avec } A_{sup} = 2T20 + 2T12 = 8,54 \text{ cm}^2$$

$$b = 30 \text{ cm} ; h = 45 \text{ cm} ; \sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$0,0063 < 0,102$$

$$\bullet \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \Rightarrow \frac{50}{440} = 0,1136 > \frac{1}{10} \cdot 0,5 \quad \dots \text{vérifiée}$$

### • Condition de non fragilité du béton: (BA 68 - Art 52.)

$$\bullet \text{En travée: } A \geq 0,69 b \cdot h \cdot \frac{\sigma'_b}{\sigma_{en}} \Rightarrow A \geq 0,69 \cdot 30 \cdot 45 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,308 \text{ cm}^2$$

$$\bullet \text{Aux appuis: } A_{ap} \geq 0,69 \cdot 30 \cdot 45 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,308 \text{ cm}^2 \quad \dots \text{Vérifiée}$$

conditions aux appuis :

$C \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_b} = c_0$  avec T effort tranchant max à l'appui de rive

$r = 5,5 \phi$  ;  $d = 5 \text{ cm}$  ;  $C = a - (d + r)$   
 $a$  : largeur du poteau.  
 $d$  : enrobage.

Si cette condition est vérifiée, la contrainte de compression dans les bielles du béton engendrée par l'effort tranchant reste inférieure à la contrainte admissible ( $\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b$ )

Niveau 9-8-7 :  $C = a - (d + r) = 40 - (5 + 5,5 \cdot 1,4) = 27,3 \text{ cm}$

$c_0 = \frac{2 \times 9,063 \cdot 10^3}{30 \cdot 68,5 \cdot 1,5} = 5,88 \text{ cm} \Rightarrow C > c_0$

Niveau 6-5-4 :  $C = 40 - (5 + 5,5 \cdot 2,0) = 24,0 \text{ cm}$

$c_0 = \frac{2 \times 11,878 \cdot 10^3}{30 \cdot 68,5 \cdot 1,5} = 7,706 \text{ cm} \Rightarrow C > c_0$

Niv 3-2-1 :  $C = 50 - (5 + 5,5 \cdot 2,0) = 34 \text{ cm}$

$c_0 = \frac{2 \cdot 12,986 \cdot 10^3}{30 \cdot 68,5 \cdot 1,5} = 8,425 \text{ cm} \Rightarrow C > c_0$

donc  $\sigma_b < \bar{\sigma}_b$   
 et les barres ne seront pas entraînées.

Armatures inférieures en appuis

on vérifie si  $A \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$

Niveau	T (t)	M (t.m)	$(T+M/3)/\bar{\sigma}_a$	A (cm <sup>2</sup> )	Niveau	T (t)	M (t.m)	$(T+M/3)/\bar{\sigma}_a$	A (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	7,599	3,206	0,130	5,340	4 <sup>e</sup>	11,878	12,522	4,744	8,04
8 <sup>e</sup>	8,082	5,917	1,630	5,340	3 <sup>e</sup>	12,290	13,202	5,057	8,04
7 <sup>e</sup>	9,063	7,150	2,166	5,340	2 <sup>e</sup>	12,986	14,343	5,581	8,04
6 <sup>e</sup>	9,968	7,531	2,212	6,28	1 <sup>er</sup>	12,054	13,230	5,114	8,04
5 <sup>e</sup>	11,007	10,329	3,625	6,28					

vérifiée



Condition de non entrainement des barres: (CC BA 68 art 29)

on verifie si  $\tau_d = \frac{T}{n p_3} \leq \bar{\tau}_d$  avec  $\bar{\tau}_d = 2 \cdot \gamma_d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 \cdot 1,5 =$

$$\bar{\tau}_d = 26,55 \text{ kg/cm}^2.$$

$$z = 7/8 h = 39,38 \text{ cm.}$$

verifiee ...

$$P = \pi \cdot \phi \quad (\phi \text{ en cm}).$$

Niveau	9 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>er</sup>
T <sub>max</sub> (t)	7,599	8,082	9,063	9,968	11,067	11,878	12,290	12,986	12,054
np	16,336	16,336	16,336	17,593	17,593	17,593	17,593	20,106	20,106
$\tau_d$	11,814	12,564	14,089	14,389	15,889	17,146	17,700	16,403	15,225
$\bar{\tau}_d$	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55

Armatures transversales: D'après le "RPA 81"  $A_{t \min} = 0,003 \cdot S \cdot b$

avec S = espacement des armatures.

b = l'argeur de la section.

$$S \leq h_t / 2 \quad (h_t : \text{hauteur total de la poutre}).$$

pour notre cas :  $h_t = 50 \text{ cm} \rightarrow S = 25 \text{ cm}$  on prendra  $S = 20 \text{ cm}$

dans la zone nodale  $S \leq \min \left( \frac{h_t}{4}; 12\phi \right) = 12,5$ .

$$\tau_{b \max} = T_{\max} / b \cdot z \quad ; \quad T = A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at} / T \quad \text{avec } \bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \cdot \sigma_{en}$$

- si il n'y a pas reprise de beton  $\rho_{at} = \max \left\{ \frac{2}{3} \text{ ou } \left( 1 - \frac{\tau_b}{\rho_b \bar{\sigma}_b} \right) \rho \right\}$
- si il y a reprise de beton  $\rho_{at} = \frac{2}{3}$ .

on prendra dans notre cas  $\rho_{at} = \frac{2}{3}$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2400 \text{ kg/cm}^2; \quad A_t = 2,01 \text{ cm}^2 \Rightarrow 2 \text{ cadres en}$$

Niveau	9 <sup>e</sup>	8 <sup>e</sup>	7 <sup>e</sup>	6 <sup>e</sup>	5 <sup>e</sup>	4 <sup>e</sup>	3 <sup>e</sup>	2 <sup>e</sup>	1 <sup>er</sup>
T <sub>max</sub> (t)	7,599	8,082	9,063	9,968	11,067	11,878	12,290	12,986	12,054
t (cm)	24,99	23,502	20,96	19,06	17,163	15,99	15,46	14,63	15,76

$$\tau_{b \max} = \frac{12986}{30 \cdot 7/8 \cdot 45} = 10,99 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{et: } \bar{\tau}_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b \quad \text{si } \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$$

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

$$\sigma'_b = 177,64 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b = 102,75 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = 16,350 \text{ kg/cm}^2.$$

donc  $\tau_b < \bar{\tau}_b$ .

et on choisit un écartement de 12 cm en zone nodale et 20 cm en zone courante.

Sens longitudinal

Calcul des armatures longitudinales

Tableau Récapitulatif

Niv	Section	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M (t.m)	$\mu$	$\epsilon$	K	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Acal (cm <sup>2</sup> )	A adop.
Terrasse	1 4	4200	-2,340 1,702	0,0215 0,0156	0,9355 0,9448	63,00 75,5	66,667 55,629	1,654 1,194	2T14+2T12 2T14+2T12
	2 3	4200	-2,095 0,841	0,01924 0,0077	0,9390 0,9602	67,00 111,00	62,687 37,838	1,476 0,579	2T14+2T12 2T14+2T12
	1-2 2-3 3-4	2800	0,733	0,0110	0,9531	91,5	30,601	0,763	2T14+2T12
	1 4	4200	-6,899 5,986	0,0694 0,0549	0,8920 0,9021	31,30 36,10	134,185 116,343	5,115 4,389	4T14 4T14
8 <sup>e</sup> - 7 <sup>e</sup>	2 3	4200	-6,199 4,858	0,0569 0,0446	0,9006 0,9108	35,30 41,00	118,980 102,439	4,552 3,528	4T14 2T14+2T12
	1-2 2-3 3-4	2800	0,806	0,0111	0,9528	91,00	30,769	0,839	2T14+2T12
	1 4	4200	-11,730 10,817	0,1077 0,0994	0,8704 0,8746	23,55 24,85	178,344 169,014	8,913 8,180	2T20+2T14 2T20+2T14
6 <sup>e</sup> - 5 <sup>e</sup>	2 3	4200	-9,841 8,983	0,0904 0,0825	0,8792 0,8837	26,40 28,00	159,091 150,00	7,403 6,723	2T20+2T14 2T20+2T14
	1-2 2-3 3-4	4200	1,744 -0,670	0,01602 0,00615	0,9440 0,9642	74,30 126,00	56,528 33,333	1,222 0,460	2T20+2T12
	1 4	4200	-14,453 13,504	0,1327 0,1240	0,8592 0,8630	20,50 21,50	204,878 195,349	11,125 10,349	4T20 4T20
4 <sup>e</sup> - 3 <sup>e</sup>	2 3	4200	-13,341 12,116	0,1225 0,1113	0,8634 0,8681	21,60 22,90	194,450 183,406	10,219 9,231	4T20 2T20+2T14
	1-2 2-3 3-4	4200	1,131 -0,281	0,0104 0,0026	0,9460 0,9765	77,5 198	54,194 21,212	0,791 0,190	2T20+2T12
	1 4	4200	-14,813 3,815	0,1288 0,1269	0,8580 0,8619	20,3 21,2	206,89 198,113	11,418 10,600	4T20 4T20
	2 3	4200	-14,318 13,162	0,1319 0,1209	0,8596 0,8642	20,6 21,85	203,884 192,219	11,016 10,072	4T20 4T20
	1-2 2-3 3-4	2800 4200	0,704 -0,192	0,0094 0,0017	0,9580 0,9808	104 245	26,923 171143	0,732 0,130	2T20+2T12

-96-



# Portique longitudinal "c-c"

## Armatures longitudinales

<u>Niveau terrasse:</u>	$\begin{array}{c} 2T12 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T14 \\ + \\ 2T12 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T12 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T14 \\ + \\ 2T12 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T12 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T14 \\ + \\ 2T12 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T14+2T12 \\ \hline \Delta \\ 2T14+2T12 \end{array}$
<u>Niveau 8<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$
<u>Niveau 7<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T14 \\ \hline \Delta \\ 4T14 \end{array}$
<u>Niveau 6<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 2T14 \\ + \\ 2T20 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T14 \\ + \\ 2T20 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T14 \\ + \\ 2T20 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T14 \\ + \\ 2T20 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$
<u>Niveau 5<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 2T20 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T20 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T20 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$	$\begin{array}{c} 2T20 \\ + \\ 2T14 \\ \hline \Delta \\ 2T20 \\ + \\ 2T14 \end{array}$
<u>Niveau 4<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$
<u>Niveau 3<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$
<u>Niveau 2<sup>e</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$
<u>Niveau 1<sup>er</sup>:</u>	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$	$\begin{array}{c} 4T20 \\ \hline \Delta \\ 4T20 \end{array}$

### Verifications:

Les même verifications que le portique transversal.

Armatures transversales:  $A_{t3} \geq 2,01 \text{ cm}^2$  (2 cadres  $\phi 8$ )  $\left\{ \begin{array}{l} e_{3n} = 10 \text{ cm} \text{ (RPA 81)} \\ e_{3c} = 20 \text{ cm} \end{array} \right.$

## Vérification à la fissuration:

on vérifie les sections les plus exposées à la fissuration.

$$A = 2T14 + 2T20 = 9,36 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega_f = \frac{9,36}{2 \cdot 30 \cdot 4} = 0,039 \Rightarrow \sigma_1 = 5050,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 2T14 + 2T12 = 5,34 \text{ cm}^2 \Rightarrow \omega_f = 0,0222 \Rightarrow \sigma_1 = 4680,105 \text{ kg/cm}^2$$

avec  $\sigma_a = \frac{2}{3} \sigma_{\text{gen}} = 4200 \text{ kg/cm}^2$  ;  $k = 1,5 \cdot 10^6$  (fissuration peu nuisible)

$\eta = 1,6$  (HA) ; donc toutes les sections sont vérifiées à la fissuration

## Condition de non fragilité: (CC BA 68, Art 52)

$$A_{\text{min}} = bh \cdot 0,69 \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{\text{gen}}} \Rightarrow A \geq 0,69 \cdot 30 \cdot 36 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,047 \text{ cm}^2$$

EN travée  $\Rightarrow A > A_{\text{min}}$  ... vérifiée ...

Aux appuis  $\Rightarrow A > A_{\text{min}}$

Vérification à la flèche:  $h_t = 40 \text{ cm} > \frac{l}{16} = 38\% = 23,75 \text{ cm}$

$$k = \frac{M_t}{M_0} \leq 0,5 ; \frac{l}{10} = 38 \text{ cm} \Rightarrow 12 \frac{l}{10} \leq h_t \Rightarrow 19 < 40 \text{ cm}$$

$$\max A_L = 2T20 + 2T12 = 8,54 \text{ cm}^2 \leq \frac{43 b \cdot h}{\sigma_{\text{gen}}} = \frac{43 \cdot 30 \cdot 36}{4200} = 11,06 \text{ cm}^2$$

Les 3 conditions sont vérifiées donc la vérification à la flèche est inutile.

## Vérification des contraintes

Niv	Appuis	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	travée	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	1:4	1361,397	42,279	990,215	30,75	1-2	426,456	13,240
	2:3	1218,881	37,853	489,289	15,195	2-3 3-4	426,456	13,240
8 <sup>e</sup> -7 <sup>e</sup>	1:4	3509,493	118,564	3045,054	102,873	1-2	468,93	14,56
	2:3	3153,406	106,534	2826,03	87,78	2-3 3-4	468,93	14,56
6 <sup>e</sup> -5 <sup>e</sup>	1:4	4010,051	175,111	3697,93	161,482	1-2 2-3	650,160	26,866
	2:3	3364,2	146,911	3070,953	134,103	3-4	650,160	26,866
4 <sup>e</sup> -3 <sup>e</sup>	1:4	3747,725	197,249	3501,6	184,29	1-2	421,635	17,430
	2:3	3459,378	182,073	4142,010	180,874	2-3 3-4	421,635	17,430
2 <sup>e</sup> -1 <sup>er</sup>	1:4	3841,075	202,162	3582,200	188,537	1-2	263,568	10,891
	2:3	3712,700	195,405	3413,00	179,632	2-3 3-4	263,568	10,891
		ARMAT-SUP		ARMAT-INF		ARMAT-EN travées.		



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

Le calcul se fait sous "SP1" et sous la plus défavorable des combinaisons du second genre "SP2", et on adoptera la section d'acier la plus grande.

Méthode de calcul

Armatures longitudinales

1. Cas de flexion composée

Le calcul des aciers comprimés et tendus se fait sous les efforts suivants:  $(N_{max}, M_{corr})$ ;  $(M_{max}, N_{corr})$  et  $(N_{min}, M_{corr})$ .

Contrainte admissible de compression dans le béton

$$\bar{\sigma}_b = 2 \bar{\sigma}_{b0} \quad \text{si } e_0 > \frac{h_t}{2}$$

avec  $e_0 = \frac{M}{N}$ ;  $e_1 = \frac{h_t}{6}$

$$\bar{\sigma}_b = (1 + \frac{e_0}{3e_1}) \bar{\sigma}_{b0} \quad \text{si } e_0 < \frac{h_t}{2}$$

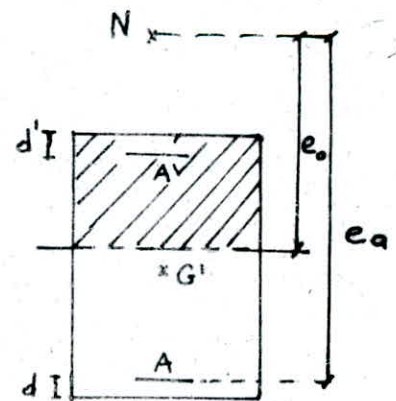
1-a) Séction partiellement comprimée ( $e_0 > e_1$ ; N effort de comp)

$$e_a = e_0 + (\frac{h_t}{2} - d) \quad M_f = N \cdot e_a$$

$$A = \frac{M_f}{\beta_a \bar{\sigma}_a} \quad \text{et } A = A - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} \quad (\beta_a = \frac{7}{8} h)$$

$$A' = A' = \frac{M_f - M_{rb}}{(h - d') \bar{\sigma}_a} \quad (\text{si } M_{rb} < M_f)$$

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



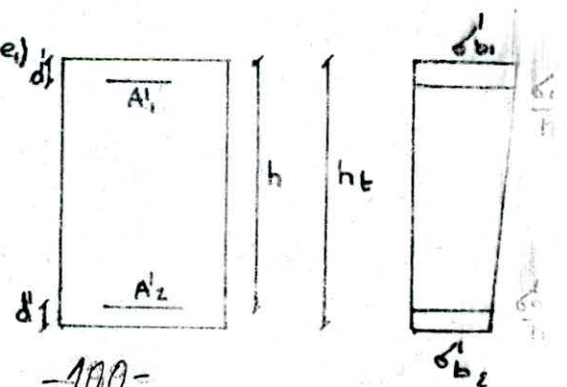
1-b) Séction Entièrement comprimée ( $e_0 < e_1$ )

$$P = \frac{\bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_t}{N}; \quad B = \frac{6 e_0}{h_t}; \quad S = \frac{d}{h_t}$$

$$D = 0,3 (P - B) - 0,9 (1 - P) (1 - 2S)^2$$

$$E = P - 1 - B; \quad C = 0,27 (1 - 2S)^2 \cdot P$$

$$w' = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4CE}}{2C} \Rightarrow A'_1 = A'_2 = \frac{w' \cdot b \cdot h_t}{100}$$



## Vérification des contraintes

### Section entièrement comprimée :

$$A'_1 = A'_2 \text{ avec } A' = A'_1 + A'_2 = 2A'_1; B'_0 = b \cdot h_t + 2nA'$$

$$I_{xx} = \frac{b h_t^3}{12} + 2nA' \left( \frac{h_t}{2} - d' \right)^2; \sigma'_{b_1/b_2} = \frac{N'}{B'_0} \pm \frac{M_G}{I} \frac{h_t}{2}; \sigma'_{a_1/a_2} = n \left( \frac{N'}{B'_0} \pm \frac{U_1 - d'_1}{I} \right)$$

$$\text{avec } U_1 = U_2 = \frac{h_t}{2}$$

### Section Partiellement comprimée

On utilisera les tableaux de DAVIDOVICI

$$A = A'; K_e = \frac{N}{M} h_t; \omega = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h_t} = \frac{100 A'}{b \cdot h_t} \rightarrow K_b; K$$

$$\sigma'_b = \frac{1}{K_b} \cdot \frac{M}{b h_t^2}; \sigma_a = K \sigma'_b$$

### Compression Simple

$$A = \max \begin{cases} A'_{\min} = \frac{1,25}{1000} \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \frac{N}{\sigma'_{b_0}} \\ A' = \frac{N - B'_0 \sigma'_{b_0}}{n \sigma'_{b_0}} \end{cases}$$

$\theta_1$  : Coefficient pris égal à :

1 pour les poteaux intérieurs.

1,4 " " " dérivés.

1,8 " " " d'angle.

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

$l_c$  : longueur de flambement égale à 0,7  $l_0$  (Bâtiment à étages multiples)

$a$  : plus petite dimension de la section transversale.

$c$  : enrobage des armatures longitudinales.

$$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma'_{en}}$$



## Armatures longitudinales (RPA 81)

Le pourcentage minimum des armatures longitudinales sera de :

- 1% en zone II ; sans toute fois dépasser en toute section 4% pour  $\delta \leq 2$

## Longueur de recouvrement

$$l_{\min} = 50 \phi$$

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

Les jonctions par recouvrement doivent être si possible à l'extérieur des zones nodales.

## Verification au flambement :

$$l_c = 0,7 l_0 = 0,7 \cdot 3,06 = 214,2 \text{ cm. ; } i = \sqrt{\frac{I}{S}} \text{ avec } I = \frac{b h^3}{12} ; S = b \cdot h$$

$$\text{Niveau 9-4} \Rightarrow i = 11,547 \text{ et } \lambda = 18,55$$

$$\text{Niveau 3-1} \Rightarrow i = 14,44 \text{ et } \lambda = 14,84$$

Dans les deux cas  $\lambda < 50 \Rightarrow$  on ne tiendra pas compte du flambement.

## Armature transversales : RPA 81 art(4-2-3.1.2)

$$t = A_t h_t \delta_{en} \text{ espacement des armatures transversales avec } T = \begin{cases} 2 T_{calcul} & \text{si } \lambda \\ 3 T_{calcul} & \text{si } \lambda \end{cases}$$

$$1,25 T$$

$T$  : Effort tranchant

$A_t$  : Section d'armatures transversales.

$\delta_{en}$  : Contrainte nominale des armatures transversales.

## Ecartement admissible

$\bar{e} \leq 12 \phi$  en zone courante ( $\phi$  = plus petit diamètre des armatures long)

$\bar{e} = \min(10 \phi, 15 \text{ cm})$  en zone nodale.

## Sections minimales : (RPA 81)

$$A_{t \min} = 0,004 \cdot t \cdot b_1$$

Poteau de rive "3-c"

Sens Transversal

Niv	N (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	10,354	2,005	19,365	S.P.C	3,656	—
8 <sup>e</sup>	20,750	1,480	7,133	S.P.C	1,968	—
7 <sup>e</sup>	31,150	1,286	4,128	S.E.C	21,146	—
6 <sup>e</sup>	41,542	1,286	3,096	"	< 0	—
5 <sup>e</sup>	51,934	1,286	2,476	"	< 0	—
4 <sup>e</sup>	62,326	1,286	2,063	"	< 0	—
3 <sup>e</sup>	72,373	1,991	2,751	"	< 0	—
2 <sup>e</sup>	82,384	1,499	1,820	"	< 0	—
1 <sup>er</sup>	92,395	1,499	1,622	"	< 0	—

Nmax (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
7,740	2,599	33,578	S.P.C	1,058	—
16,178	4,364	26,975	"	1,403	—
25,797	5,721	22,176	"	1,302	—
36,205	7,665	21,171	"	1,552	—
51,453	9,038	17,565	"	0,803	—
64,449	9,845	15,275	"	-0,119	1,103
77,989	12,180	15,617	"	-1,772	—
92,371	14,365	15,551	"	-2,136	—
105,635	20,396	19,307	"	-0,078	4,093

Niv	Nmin (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	4,158	3,205	77,080	S.P.C	1,935	—
8 <sup>e</sup>	6,315	3,416	54,093	"	1,842	—
7 <sup>e</sup>	7,472	5,310	71,065	"	3,138	—
6 <sup>e</sup>	7,724	6,130	79,363	"	1,859	—
5 <sup>e</sup>	6,938	7,274	62,843	"	1,685	—
4 <sup>e</sup>	5,281	8,323	157,603	"	5,672	—
3 <sup>e</sup>	2,812	9,980	354,907	"	8,705	—
2 <sup>e</sup>	-0,429	9,878	2302,256	"	2,922	—
1 <sup>er</sup>	-2,738	16,397	620,782	"	3,957	—

M <sub>max</sub> (t.m)	N <sub>corr</sub> (t)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
4,115	6,060	67,904	S.P.C	2,400	—
5,108	10,234	49,912	"	2,662	—
6,680	13,205	50,586	"	3,502	—
7,665	15,701	50,029	"	4,821	—
9,038	15,729	57,460	"	4,989	—
10,297	15,323	67,199	"	5,988	—
10,697	13,879	77,073	"	4,842	—
14,365	92,371	15,551	"	-2,136	—
20,396	10,234	199,296	"	2,436	—

-103-



Sens transversal  
Poteau intermédiaire "2-C"

Niv	N (t)	M <sub>corr</sub>	e <sub>0</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	14,991	0	-	C.S	-	0,998
8 <sup>e</sup>	30,187	0	-	"	-	2,009
7 <sup>e</sup>	45,408	0	-	"	-	3,023
6 <sup>e</sup>	60,630	0	-	"	-	4,035
5 <sup>e</sup>	75,851	0	-	"	-	5,049
4 <sup>e</sup>	91,073	0	-	"	-	6,061
3 <sup>e</sup>	106,108	0	-	"	-	7,179
2 <sup>e</sup>	121,253	0	-	"	-	8,204
1 <sup>er</sup>	136,397	0	-	"	-	9,229

N <sub>max</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
11,396	3,006	26,377	S.P.C	0,937	-
22,808	5,724	25,096	"	1,655	-
34,243	7,406	21,627	"	1,586	-
45,678	9,619	21,058	"	1,919	-
57,113	11,673	20,438	"	2,115	2,004
68,548	13,554	19,773	"	2,153	7,105
79,874	16,658	20,855	"	0,715	-
91,296	18,376	20,127	"	0,415	-
102,718	22,144	21,558	"	1,310	5,375

Niv	N <sub>min</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	8,024	2,505	31,219	S.P.C	0,954	-
8 <sup>e</sup>	15,144	4,770	31,497	"	1,831	-
7 <sup>e</sup>	22,279	6,172	27,703	"	2,055	-
6 <sup>e</sup>	29,414	8,016	27,252	"	2,613	-
5 <sup>e</sup>	36,549	9,727	26,613	"	3,070	-
4 <sup>e</sup>	43,684	11,295	25,856	"	3,419	-
3 <sup>e</sup>	50,751	13,882	27,353	"	2,448	-
2 <sup>e</sup>	57,877	15,313	26,457	"	2,479	-
1 <sup>er</sup>	65,003	18,453	28,387	"	3,542	-

Poteau intermédiaire "2-C"

Sens longitudinal

Niv	N (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	14,991	0,012	0,080	S.E.C	-	<0
8 <sup>e</sup>	30,187	0,008	0,027	"	-	<
7 <sup>e</sup>	45,408	0,008	0,018	"	-	<
6 <sup>e</sup>	60,630	0,008	0,013	"	-	<
5 <sup>e</sup>	75,851	0,008	0,011	"	-	<
4 <sup>e</sup>	91,073	0,0079	0,009	"	-	<
3 <sup>e</sup>	106,108	0,013	0,013	"	-	<
2 <sup>e</sup>	121,253	0,010	0,008	"	-	<
1 <sup>er</sup>	136,397	0,010	0,007	"	-	<

N <sub>max</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
3,451	2,760	79,976	S.P.C	1,682	-
6,897	4,808	69,711	"	2,826	-
10,449	6,845	65,508	"	3,950	-
14,331	8,135	56,765	"	4,470	-
18,285	9,857	53,907	"	5,308	-
22,186	11,437	51,550	"	6,045	-
25,885	13,470	52,038	"	5,113	-
29,281	16,292	55,640	"	6,421	-
32,824	20,064	61,126	"	8,287	-

Niv	N <sub>min</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	2,201	2,282	103,680	S.P.C	1,467	-
8 <sup>e</sup>	4,072	3,995	98,109	"	2,543	-
7 <sup>e</sup>	5,858	5,693	97,183	"	3,617	-
6 <sup>e</sup>	7,369	6,778	91,979	"	4,260	-
5 <sup>e</sup>	8,819	8,213	93,128	"	5,175	-
4 <sup>e</sup>	10,314	9,528	92,379	"	5,993	-
3 <sup>e</sup>	11,871	11,277	94,996	"	5,428	-
2 <sup>e</sup>	13,696	13,590	99,226	"	6,613	-
1 <sup>er</sup>	15,399	16,720	108,578	"	8,306	-

M <sub>max</sub> (t.m)	N <sub>corr</sub> (t)	e <sub>o</sub>	Nat.	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
2,760	3,451	79,976	S.P.C	1,682	-
4,808	6,897	69,711	"	2,826	-
6,845	10,449	65,508	"	3,950	-
8,135	11,230	72,439	"	4,833	-
9,857	13,624	72,350	"	5,854	-
11,437	22,186	51,550	"	6,045	-
13,470	25,885	52,038	"	5,113	-
16,310	21,408	76,186	"	7,354	-
20,064	24,091	83,284	"	9,310	-



Poteau de rive "3-c"

Sens longitudinal

-105-

Niv	N (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	10,354	0,012	0,116	S.E.C	-	<0
8 <sup>e</sup>	20,750	0,0096	0,046	"	-	<0
7 <sup>e</sup>	31,150	0,0093	0,030	"	-	<0
6 <sup>e</sup>	41,542	0,0093	0,022	"	-	<0
5 <sup>e</sup>	51,934	0,0093	0,018	"	-	<0
4 <sup>e</sup>	62,326	0,093	0,49	"	-	<0
3 <sup>e</sup>	72,373	0,015	0,021	"	-	<0
2 <sup>e</sup>	82,384	0,012	0,015	"	-	<0
1 <sup>er</sup>	92,395	0,012	0,013	"	-	<0

N <sub>max</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
3,472	2,964	85,368	S.P.C	1,834	-
7,545	5,165	68,455	"	3,020	-
11,733	7,353	62,669	"	4,183	-
16,275	8,739	53,695	"	4,700	-
19,221	10,591	55,101	"	5,753	-
23,783	12,286	51,658	"	6,500	-
28,328	14,434	50,953	"	5,409	-
32,374	17,455	53,916	"	6,762	-
36,269	21,656	59,709	"	8,846	-

Niv	N <sub>min</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
9 <sup>e</sup>	2,360	2,451	103,856	S.P.C	1,576	-
8 <sup>e</sup>	4,988	4,289	85,986	"	2,657	-
7 <sup>e</sup>	7,525	6,127	81,421	"	3,749	-
6 <sup>e</sup>	9,767	7,282	74,557	"	4,360	-
5 <sup>e</sup>	11,945	8,822	73,855	"	5,269	-
4 <sup>e</sup>	14,170	10,236	72,237	"	6,077	-
3 <sup>e</sup>	16,273	12,025	73,895	"	5,365	-
2 <sup>e</sup>	18,813	14,564	77,414	"	6,603	-
1 <sup>er</sup>	21,479	18,047	84,021	"	8,396	-

M <sub>max</sub> (t.m)	N <sub>corr</sub> (t)	e <sub>0</sub> (cm)	Nat	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )
2,964	3,472	85,368	S.P.C	1,834	-
5,165	7,545	68,455	"	3,020	-
7,353	11,733	62,669	"	4,183	-
8,739	12,949	67,487	"	5,088	-
10,591	19,221	55,101	"	5,754	-
12,283	20,569	59,716	"	6,874	-
14,431	23,417	61,626	"	5,983	-
17,477	26,791	65,234	"	7,429	-
21,656	30,316	71,434	"	9,543	-

## Tableau récapitulatif

Poteau	Niveau	Sens	Amax	Ncorr(t)	Mcorr.(m)	Soll.	A adop.
3-c	9-4	trans.	5,988	15,323	10,292	P.S	4T16
		Long.	6,874	20,569	12,283	S.P.C	4T16
	3-1	trans.	9,957	-2,738	16,997	S.P.T	4T20
		Long.	9,543	30,316	21,656	S.P.C	4T20
2-c	9-4	trans.	7,105	68,548	13,554	S.P.C	4T16
		Long.	6,045	22,186	11,437	S.P.C	4T16
	3-1	trans.	5,375	102,718	22,144	S.P.C	4T20
		Long.	9,310	24,091	20,064	S.P.C	4T20

Verification des contraintes:

$$\begin{cases} \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2. \\ \bar{\sigma}_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2. \end{cases}$$

Pot	Niv	Sens	K <sub>e</sub>	$\omega$	K <sub>b</sub>	K	$\sigma'_b \text{ kg/cm}^2$	$\sigma'_a \text{ kg/cm}^2$
3-c	9-4	trans	0,600	0,503	0,16	27,56	100,560	2771,340
		Long	0,670	0,503	0,16	27,56	119,951	3298,660
	3-1	trans	0,080	0,503	0,17	38,71	79,986	3096,250
		Long	0,700	0,503	0,155	26,045	111,773	2911,125
2-c	9-4	trans	2,023	0,503	0,14	11,14	151,272	1685,174
		Long	0,776	0,503	0,15	24,53	119,135	2922,392
	3-1	trans	2,319	0,503	0,14	9,19	126,537	1162,876
		Long	0,600	0,503	0,16	27,56	100,320	2764,919

Armatures Transversales

$$\bar{t} \leq \min 12\phi_e \Rightarrow \begin{cases} \bar{E} = 19,2 \text{ cm} \rightarrow \phi 16 \\ \bar{E} = 24 \text{ cm} \rightarrow \phi 20 \end{cases}$$

$$\bar{E} \leq \min (10\phi, 15) = 15 \text{ cm}$$

- 109 -

$$t = \frac{A_t \cdot h_f \cdot \sigma_{en}}{1,25 \cdot T} \quad A_t = 2,01 \text{ cm}^2$$

$$\text{en zone courante} \Rightarrow t_{3c} = 15 \text{ cm.}$$

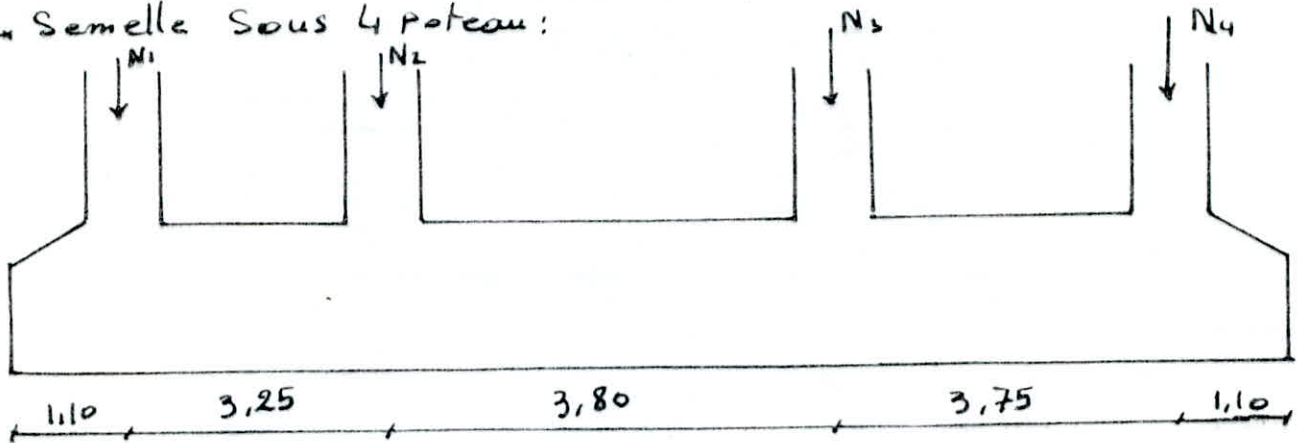
$$\text{en zone nodale} \Rightarrow t_{3n} = 10 \text{ cm.}$$



## Fondations

On adopte des semelles continues sous poteaux, ainsi elle seront ancrées à une profondeur de 1,50 m. Les semelles seront prédimensionnées et calculées sous  $SP_1$  ( $G+1,2P$ ).

\* Semelle sous 4 poteaux:



$$N_1 = 85,787 \text{ t} \quad N_3 = 163,764 \text{ t}$$

$$N_2 = 156,706 \text{ t} \quad N_4 = 99,039 \text{ t}$$

avec  $\bar{\sigma}_s = 2 \text{ kg/cm}^2$ .

Dimensionnement:

$L$ : longueur de la semelle ;  $B$ : largeur de la semelle.

$$l = 13 \text{ m} \quad \text{d'où} \quad S = B \cdot L \geq \frac{\sum N_i}{\bar{\sigma}_s} = \frac{505296}{2} = 252648 \Rightarrow B \geq 1,94 \text{ m}$$

on prendra  $B = 2,5 \text{ m}$ .

Le fonctionnement de cette semelle, qui doit être assez rigide se fait dans les 2 sens.  $h_t = \frac{l}{6} \approx \frac{l}{9} \Rightarrow h_t = \frac{380}{6} \div \frac{380}{9} = (63,33 + 42,33) \text{ cm}$

$l$ : distance entre axes des poteaux.

$$h \geq \frac{B-b}{4} = \frac{250-50}{4} = 50 \text{ cm} \quad \text{donc on prend} \quad h = 55 \text{ cm} \Rightarrow h_t = 60 \text{ cm}$$

épaisseur  $e$ :  $e \geq 6\phi + 6$  avec  $\phi = 20 \text{ mm}$ .  $\Rightarrow e \geq 18 \text{ cm} \Rightarrow e = 20 \text{ cm}$

pour les semelles continues sous poteaux, la répartition des contraintes sur le sol est en fonction de la rigidité de la semelle.

pour étudier la rigidité, on utilise la théorie de la poutre sur sol élastique.

Calcul de la longueur élastique: "le".

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k \cdot B}}$$

I: moment d'inertie de la semelle:  $I = \frac{B \cdot h^3}{12} = 45 \cdot 10^6 \text{ cm}^4$

E: module d'élasticité du béton;  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$

$l_e = 244,949 \text{ cm}$ . k: coefficient de raideur du sol;  $k = 4 \text{ kg/cm}^2$ .

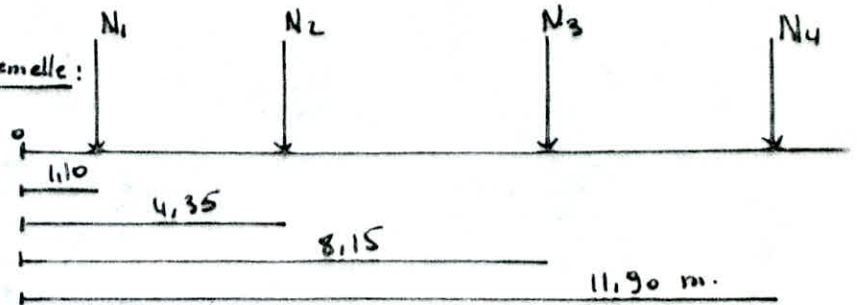
B: largeur de la semelle;  $B = 250 \text{ cm}$ .

Si  $l \leq \frac{\pi}{2} l_e \Rightarrow$  le calcul se fait en supposant une répartition linéaire des contraintes sur le sol, et il n'y a pas lieu de faire les calculs relatifs à la poutre sur sol élastique.

l: entre-axes des poteaux.  $l = 380 < \frac{\pi}{2} \cdot 244,949 = 392,62 \text{ cm}$

donc on suppose une répartition linéaire des contraintes. - vérifié -

position des efforts sur la semelle:



$N_{tot} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$  + poids de la semelle + poids des terres.

- poids de la semelle :-

$$N_s = B \cdot 2,5 \left[ L \cdot e + \frac{b+B}{2} (h_t - e) \right]$$

$$N_s = 2,5 \cdot 2,5 \left[ 13 \cdot 0,2 + \frac{0,5+2,5}{2} (660 - 0,2) \right] = 20 \text{ t.}$$

- poids des terres :

$$N_t = 1,8 \cdot B (0,4 \cdot 13) = 23,4 \text{ t.} \Rightarrow N_t = 548,696 \text{ t.}$$

\* position de la résultante des effort normaux :

$$\sum M^o = 0 \Rightarrow 1,10 \cdot N_1 + N_2 \cdot 4,35 + (N_t + N_s) \cdot 6,5 + N_3 \cdot 8,5 + N_4 \cdot 11,90 = R \cdot x = 0$$

$$R = 548,696 \text{ t} \Rightarrow x = \frac{N_1 \cdot 1,10 + N_2 \cdot 4,35 + (N_t + N_s) \cdot 6,5 + N_3 \cdot 8,5 + N_4 \cdot 11,90}{R}$$

$$\Rightarrow x = 6,613 \text{ m}$$

R.

L'excentricité:  $e = |650 - 661,3| = 11,3 \text{ cm} \Rightarrow e = 11,3 < \frac{L}{4} = \frac{1300}{4} = 325 \text{ cm}$

donc la semelle est stable.



## Calcul de ( $\sigma_1, \sigma_2$ )

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{tot}}{L \cdot B} (1 \pm \frac{6e}{L}) \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 1,77 < 2,5 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1,600 < \bar{\sigma}_s = 2 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

Donc le sol peut supporter l'effort qui lui est transmis

$$\sigma(A/4) = 3\sigma_1 + \sigma_2 = 1,728 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s$$

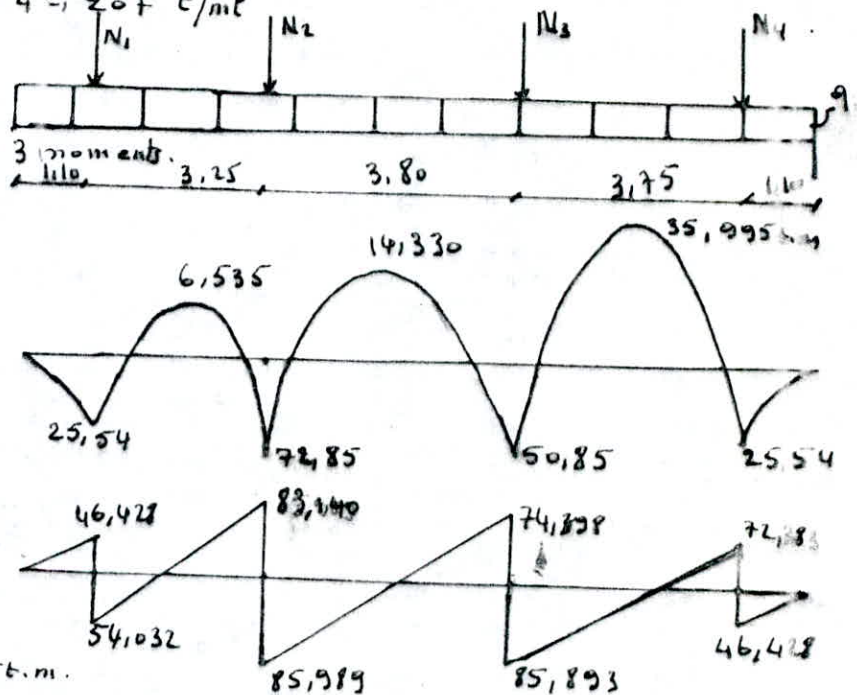
\* Ferraillage de la semelle:

- Sens longitudinal:

Elle agit comme une poutre renversée, avec les poteaux comme appuis  
Soumise à une charge uniformément répartie "q"

$$q = \frac{N_t}{L} = \frac{548,696}{13} = 42,207 \text{ t/ml}$$

on utilise l'équation des 3 moments.



EN travée:  $M_t = 35,995 \text{ t.m.}$

$$\mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0254 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9306 \\ \kappa = 57,0 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{2800}{57,0} = 49,123 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = 25,116 \text{ cm}^2 \Rightarrow 8T20 = 25,13 \text{ cm}^2$$

Sur appui:

$$M_a = 72,85 \text{ t.m.} \Rightarrow \mu = \frac{15 \cdot M_a}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h^2} = 0,0516 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9049 \\ \kappa = 37,2 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = 75,269 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \text{ donc } A' = 0$$

$$A = \frac{M_a}{\varepsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 52,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow 18T20 = 56,64 \text{ cm}^2$$

## verifications :

### Condition aux appuis :

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + M/3 = 85,989 \cdot 10^3 - 72,85 \cdot 10^5 \leq 0$$

$7/8 \cdot 55$

donc aucune verification de la section des armatures à l'appui et de leur ancrage n'est nécessaires.

### Condition de non entrainement des barres :

$$\tau_d = \frac{T}{n p_3} = \frac{85,989 \cdot 10^3}{18 \cdot \pi \cdot 2 \cdot 7/8 \cdot 55} = 15,798 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_d = 2 \gamma_d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ donc } \tau_d < \bar{\tau}_d. \text{ Verifié...}$$

### Armatures transversales :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{85,989 \cdot 10^3}{250 \cdot 7/8 \cdot 55} = 7,147 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma'_b = 75,269 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\sigma_{b0}}\right) \bar{\sigma}_b = 20,067 \text{ kg/cm}^2.$$

donc  $\tau_b < \bar{\tau}_b \Rightarrow$  on peut utiliser des cadres et étriers perpendiculaires

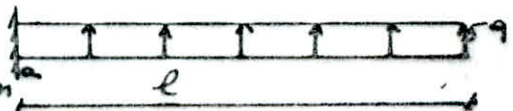
à la ligne moyenne. avec :

$$t \leq \frac{A_b \cdot z \cdot \sigma_{at}}{T} \quad A_b = 3,14 \text{ cm}^2 ; \sigma_{at} = 2800 \text{ kg/cm}^2.$$

$$t \leq 4,921 \text{ cm} \quad \text{avec } \bar{E} = \max \begin{cases} 0,2h = 11 \text{ cm} \\ \left(1 - 0,15 \frac{\tau_b}{\sigma'_b}\right) \cdot h = 35 \text{ cm} \end{cases}$$

donc on prendra  $t = 30 \text{ cm}$ .

### Sens transversal :

$$q = 42,207 \text{ t/ml} ; b = 100 \text{ cm} ; h = 55 \text{ cm}$$


$$M_a = 21,103 \text{ t.m.} ; T_{\max} = 42,207 \text{ t.}$$

$$\mu = 0,0373 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9175 \\ \kappa = 45,6 \end{cases} \text{ donc } \sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = 1,403 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 20$$

$$A = 14,985 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 10 T 14 = 15,39 \text{ cm}^2 \text{ espacés de } 10 \text{ cm.}$$

### Verification au cisaillement :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = 8,77 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_{b0} = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$



## Calcul des longrines

Les longrines sont prévues entre les semelles dans le sens transversal du bâtiment pour reprendre les moments à la base des poteaux.

Ces longrines doivent être calculées conformément à l'article 42.3.3 (RPA81) pour résister à la traction sous l'action d'une force égale à :

\*  $N/15$  pour les terrains de consistance moyenne.

\*  $N/10$  " " " meuble.

Le ferraillement minimum doit être 4T14 ou 4T12 avec un espacement ne dépassant pas 20 cm.

N: l'effort axial du poteau considéré.

Dimensionnement et ferraillement des longrines

$$N_{\max} = 163,764 \text{ t} \Rightarrow N/10 = 16,376 \text{ t}$$

La section d'aciers nécessaires à la traction est :  $A \geq \frac{N}{\sigma_a} = \frac{163764}{2800}$

$$A \geq 5,848 \text{ cm}^2 \text{ on prendra } 4T14 = 6,15 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité :

$$B_s \leq \frac{A_{\text{ser}}}{\phi_{28}} = \frac{6,15 \cdot 4200}{23,2} = 1113,363 \Rightarrow \sqrt{B_s} \approx 34 \text{ cm}$$

donc on prendra des longrines (30x40) cm.

Vérification à la fissuration :

$$w_f = \frac{A}{B_s} = \frac{6,15}{30 \times 40} = 0,00512$$

$$\sigma_1 = \frac{k_1 \cdot w_f}{\phi \cdot (1 + 10w_f)} = 835,74 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k_1}{\phi} \sigma_b} = 2413,67 \text{ kg/cm}^2$$

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

La condition de non fissuration n'est pas vérifiée ; on doit changer

la contrainte admissible  $\bar{\sigma}_a$ .

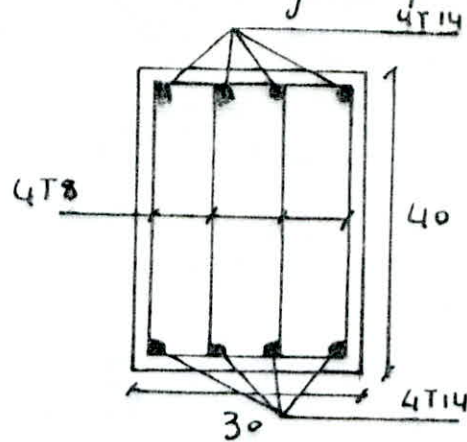
$$\bar{\sigma}_a = N/A = \frac{16376,4}{6,15} = 2662,83 \text{ kg/cm}^2 \text{ donc on change de}$$

contrainte ; on prendra finalement  $\bar{\sigma}_a = \sigma_2 = 2414 \text{ kg/cm}^2$ .

## Armatures transversales:

on prendra 2 cadre  $\phi 8 \Rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$ . espacés de 7,5 cm.

Les longrines doivent être armées symétriquement.



## Voile Périphérique

### Préscription "RPA1"

Les ossatures au dessous du niveau de base, formées de poteaux courts, vides sanitaires ou sous sols doivent comporter un voile périphérique continue entre le niveau des fondations et le niveau de base en zone II et III. Ce voile ceinture le bâtiment et assure un bon chaînage et une bonne stabilité de l'ensemble; aussi il supporte la force exercée par la poussée des terres.

### • Dimension du voile:

L'épaisseur du voile doit être  $\geq 15 \text{ cm} \Rightarrow e = 20 \text{ cm}$ .

La hauteur du voile  $\geq \max (1/10 \text{ de la hauteur totale du bâtiment}; 0,80 \text{ m})$ .

dans notre cas  $h_t = 3,10 \text{ m}$ .

### • Ferrailage du voile:

Le RPA recommande de prendre des armatures longitudinales supérieures et inférieures  $\geq 0,20\%$  de la section transversale du voile.

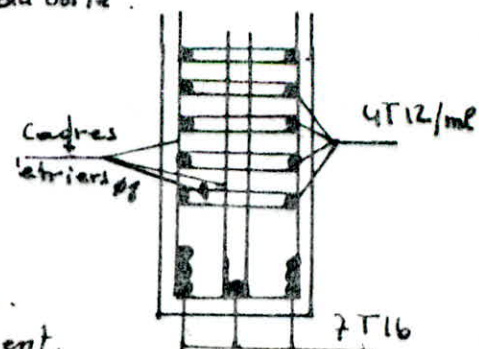
$$A_l \geq 0,20\% \cdot h \cdot e = 0,20\% \cdot 310 \cdot 20 = 12,4 \text{ cm}^2$$

soit 7T16 = 14,17 cm<sup>2</sup>.

### • Armatures longitudinales de peau:

$A \geq 2 \text{ cm}^2/\text{ml}$  soit 4T12 = 4,52 cm<sup>2</sup>/ml et par face.

\* Dans les angles on met des équerrés de renforcement.





# BIBLIOGRAPHIE

- RPA 81 .

- Regles CCBA 68 .

- Calcul et verification des ouvrages en beton armé "Pierre CHARON"

- Traité de beton armé tome 3 et 4 "GUERRIN"

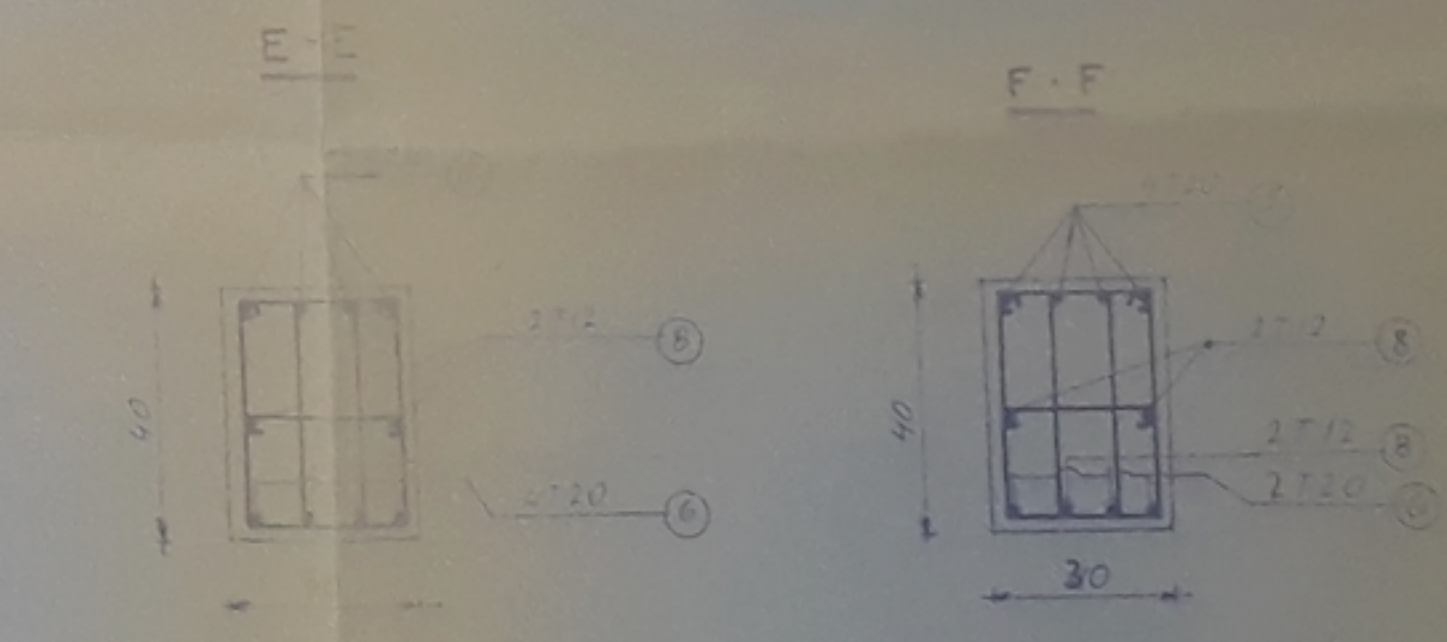
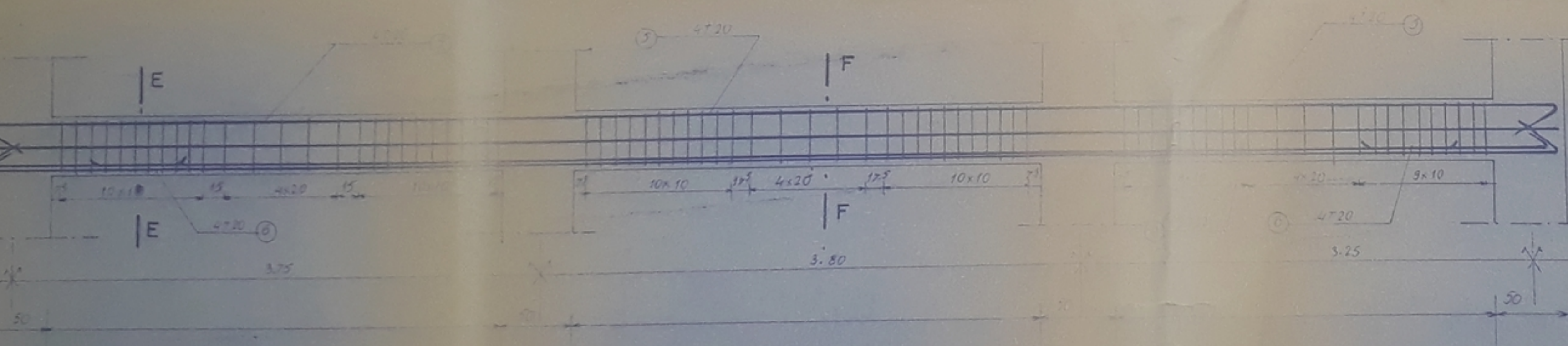
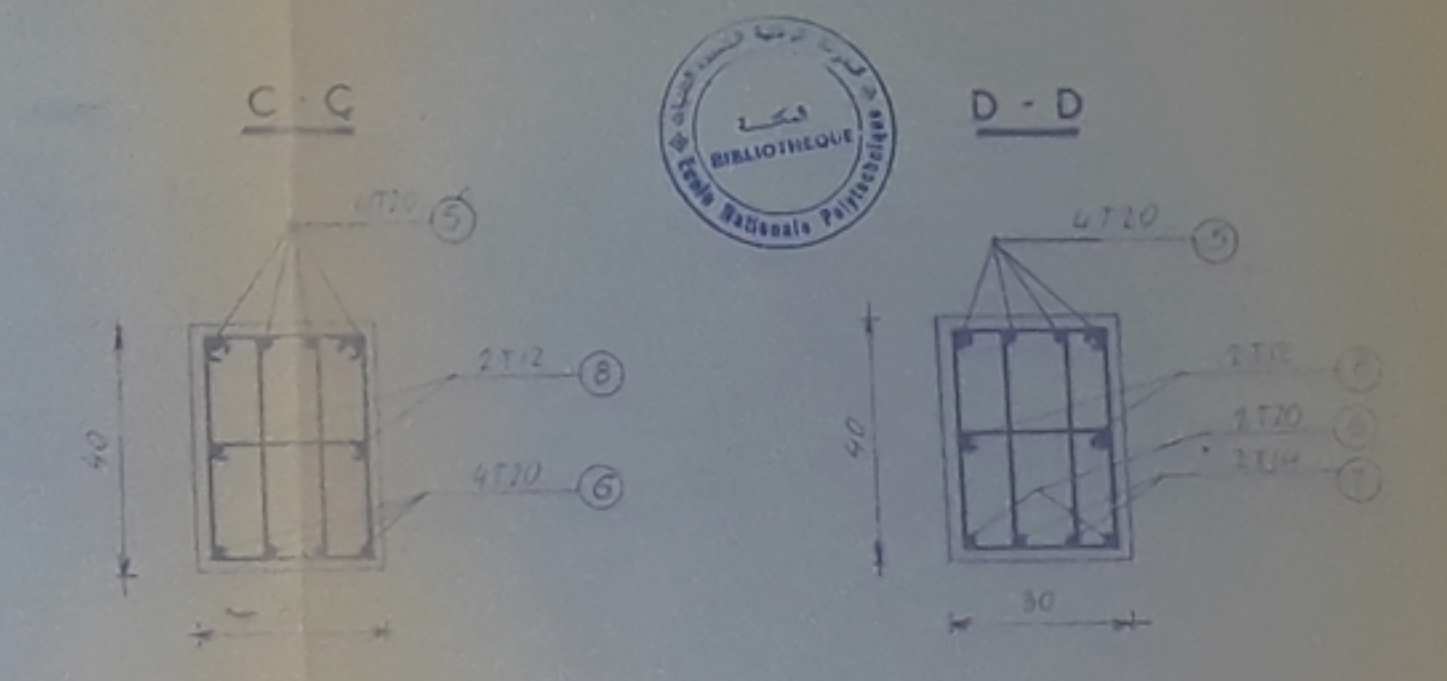
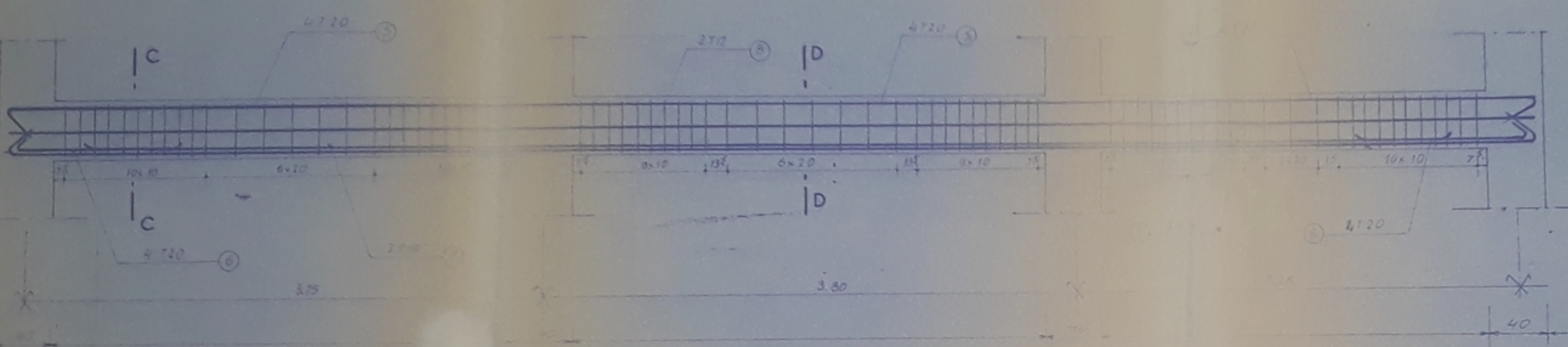
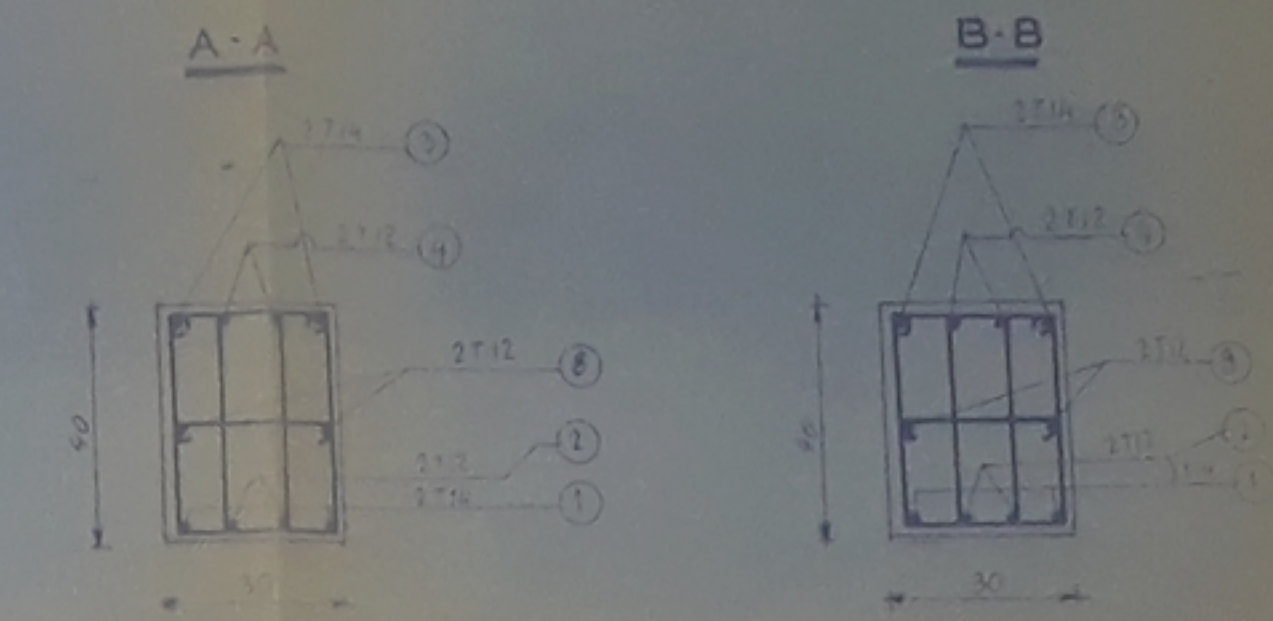
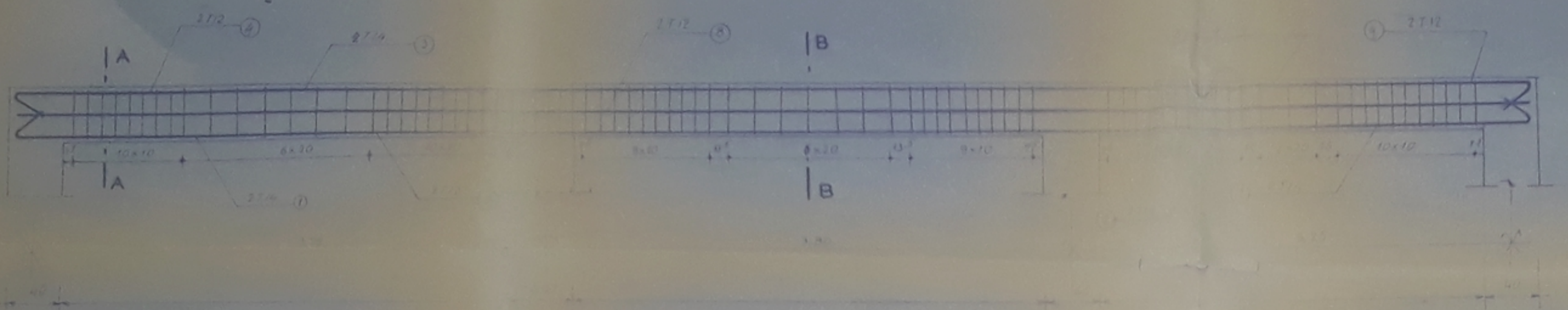
- Calcul des ouvrages en beton armé "BELLAZOUGUI"

- Conception et calcul des structures soumises au seisme "OPU"

- Aide mémoire beton armé "V. DAVIDOVICI"

- Aide mémoire beton armé "J. Goulet"





PB00488  
-1-

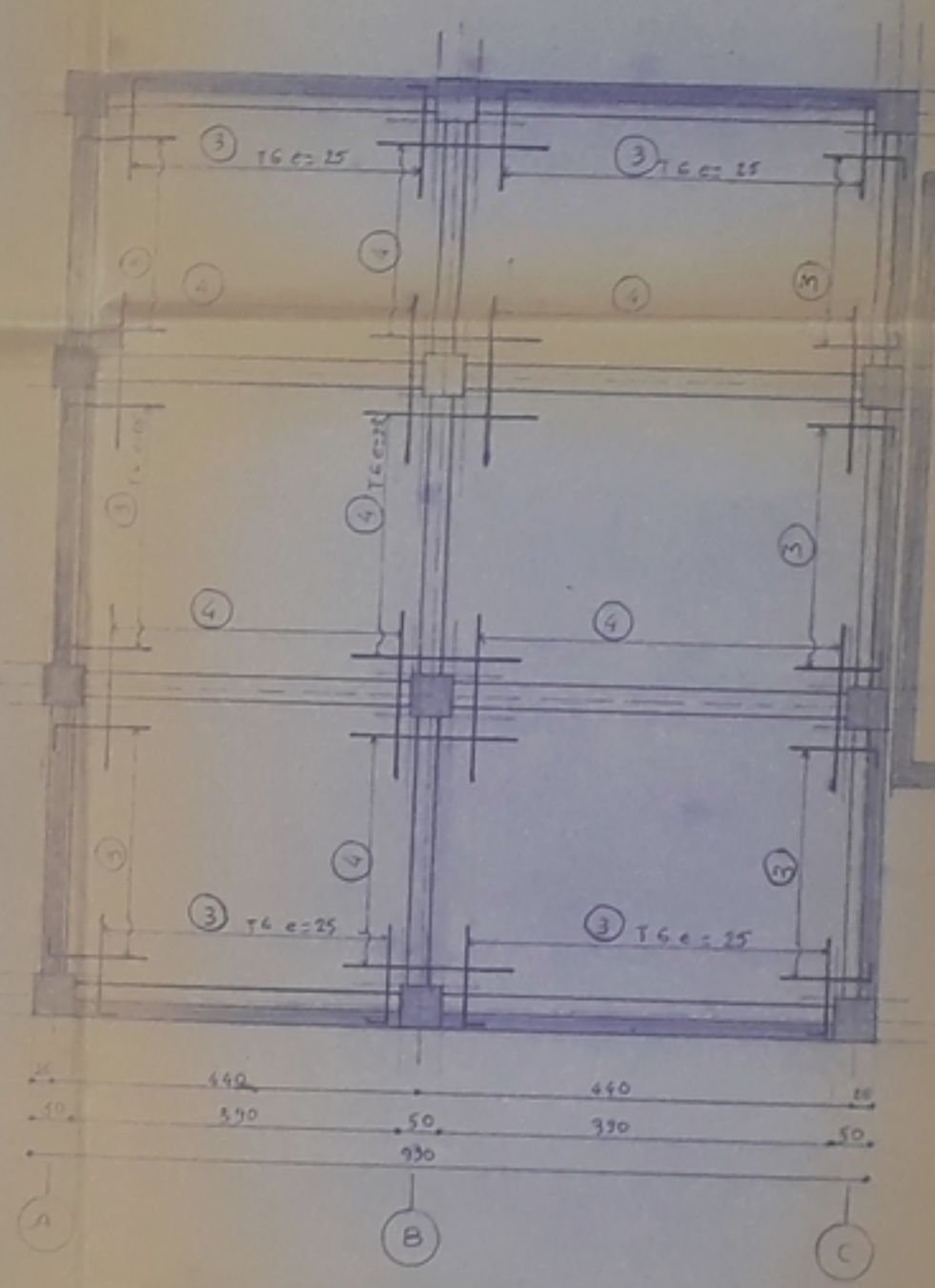
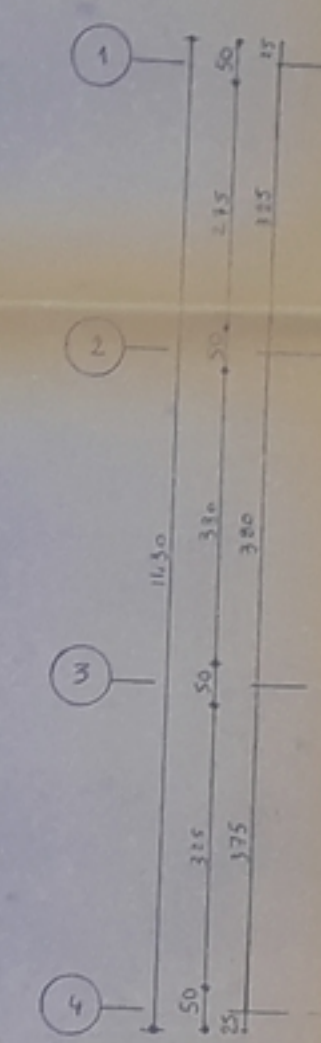
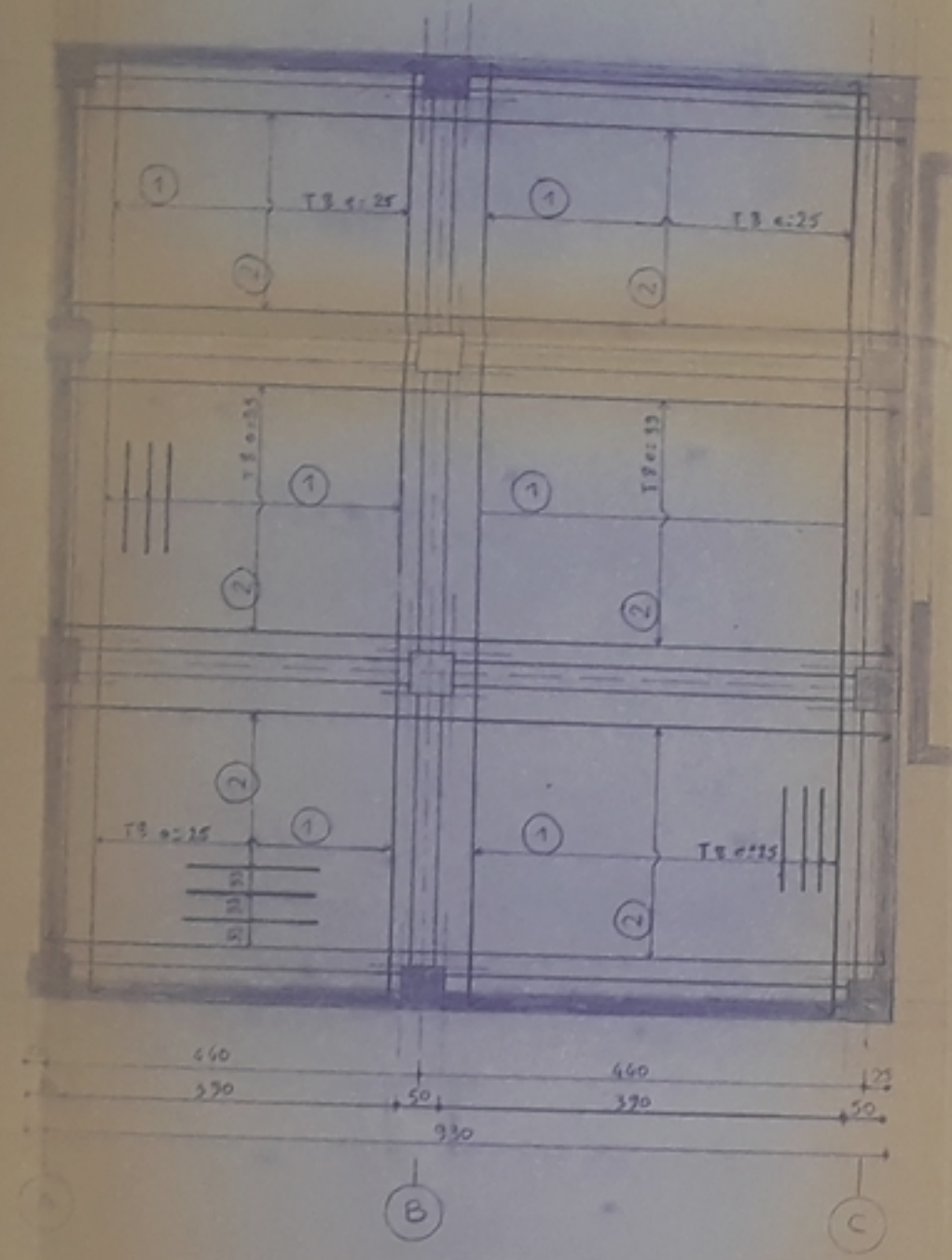


E. N. P. EL HARRACH				
SUJET	BATIMENT R+8		ECH	1/20
	NOM	SIGNAT	PLAN	M. 3
PROM	BIOUD		COUPE-ECH 1/20	
ETUD	BELLAOUI		FERRAILLAGE SECONDAIRE	
PROMO	JANVIER : 88			

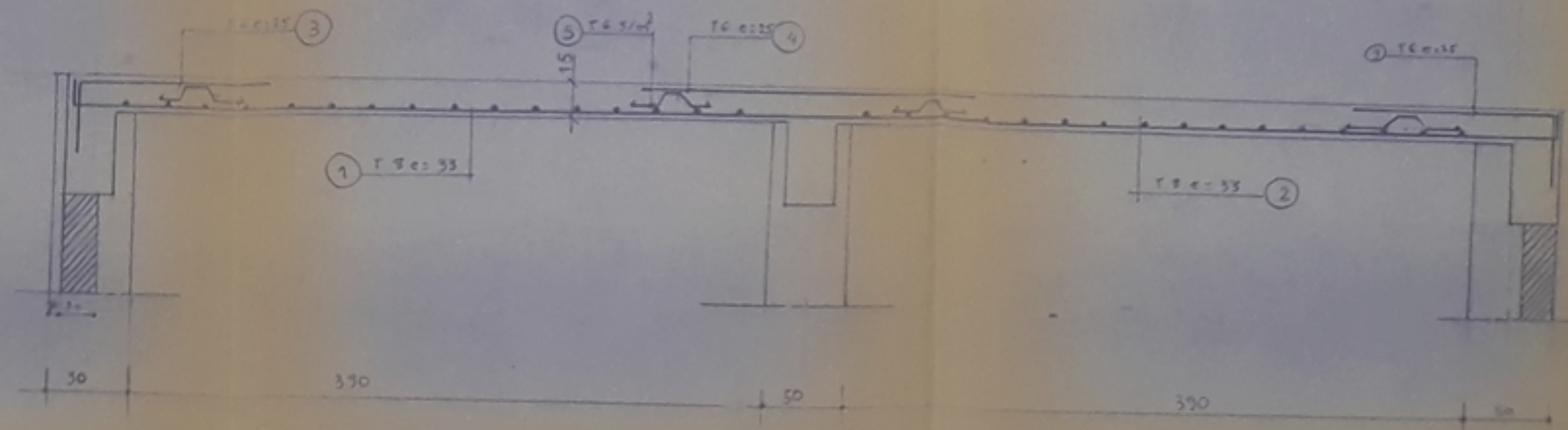


NAPPE INFERIEURE

NAPPE SUPERIEURE



COUPE A-A



NOTA  
 - Béton: densité 2500 kg/m<sup>3</sup> CPA 325  
 - Sable: densité 1500 kg/m<sup>3</sup>  
 - Sable: densité 1500 kg/m<sup>3</sup>  
 - Arrière: densité 2800 kg/m<sup>3</sup>  
 - Arrière: densité 2800 kg/m<sup>3</sup>

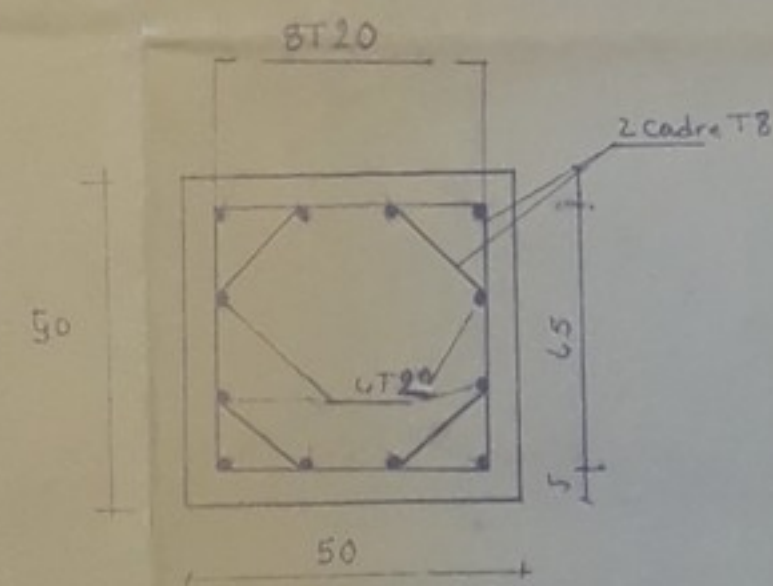
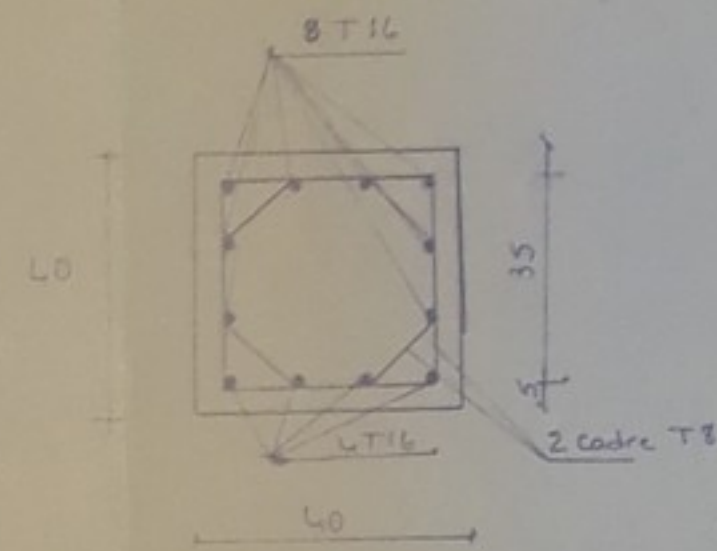
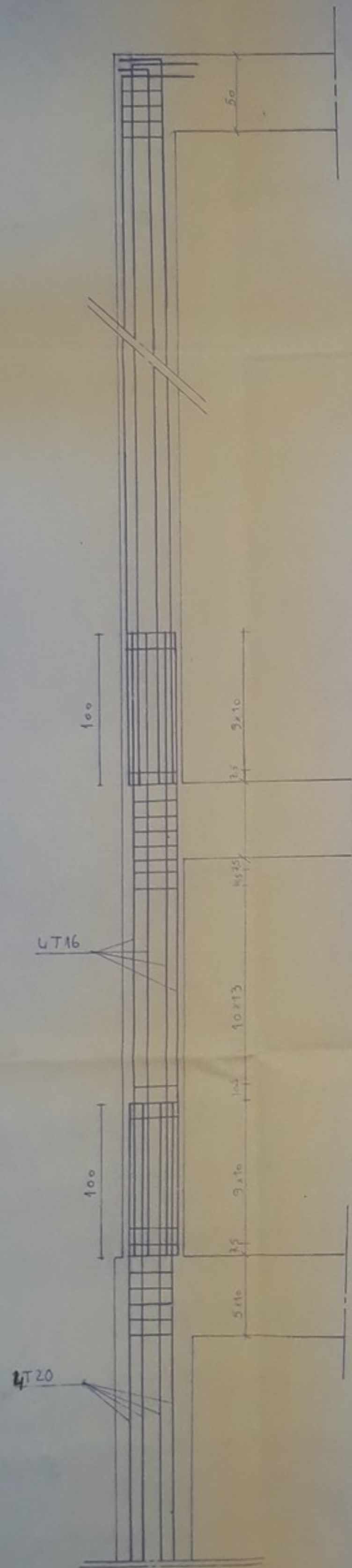
PB 004 88  
 - 2 -

ENP EL HARRACH			
OBJET	BATIMENT R+B	ECH	1/50
	NOM	SIGNAT	PLAN N° 2
PROMOT	BIJUD		COUPE ECH 1/20
ETUDT	BELLAOUH		
PRON JANVIER 88			









PB00488

- 4 -

ENP EL HARRACH			
SUJET	BATIMENT R+8	ECH :	1/20
	NOM	SIGNAT	PLAN N° 4
PROMOT	BILOUD		COUPE ECH. 1/10
ETUDT	BELLAOUI		FERRAILLAGE DU POTEAU
PROMT JANVIER 88			

