

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

«O»

46/87

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«O»

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

«O»

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
BIBLIOTHEQUE — المخطوطات  
Ecole Nationale Polytechnique

## PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

SUJET

**Bâtiment (R + 7) + Sous-sol  
à usage d'Habitation**

11 PLANCHES

Proposé par :

BEREP

Étudié par :

Z. ECHIKR

S. AIT SAID

Dirigé par :

Mr HAFIDI

PROMOTION : JUIN 1987



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

«O»

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

«O»

# ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

«O»

الدرسة الوطنية المتعددة التقنيات  
المكتبة — BIBLIOTHEQUE  
Ecole Nationale Polytechnique

## PROJET DE FIN D'ETUDES

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR D'ETAT

### SUJET

**Bâtiment (R + 7) + Sous-sol  
à usage d'Habitation**

Proposé par :

B E R E P

Étudié par :

Z. ECHIKR

S. AIT SAID

Dirigé par :

Mr HAFIDI

PROMOTION : JUIN 1987

# SOMMAIRE

	page
<b>1 GÉNÉRALITÉS</b>	
- présentation de l'ouvrage	1
- caractéristiques des matériaux	2
- charges et surcharges	3
- prédimensionnement	4
<b>2 CALCUL DES ÉLÉMENTS</b>	
- acrotère	5
- poutrelles	8
- dalles	14
- balcon et loggia	17
- escaliers	21
<b>3 CALCUL DES RIGIDITÉS</b>	26
<b>4 ETUDE AU SÉISME</b>	34
<b>5 CHARGES VERTICALES</b>	55
<b>6 SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS</b>	79
<b>7 FERRAILLAGE DES POUTRES</b>	90
<b>8 FERRAILLAGE DES POTEAUX</b>	104
<b>9 FONDATIONS</b>	114
<b>10 SOUS-SOL</b>	119

\*\*\*\*\*

# Remerciements

Nous adressons tout nos remerciements à notre promoteur  
M<sup>r</sup> HAFIDI pour sa constante disponibilité et son précieux  
concours.

Nous remercions aussi le BEREP pour son aide et en particuliers

Messieurs: IBELAID Saadi

OUMAZIZ Rabah

KHELLOUL Hocine

Enfin, nous tenons à remercier également tous les enseignants  
du département de génie civil

Nous adressons nos salutations à tous nos camarades du S10,  
et leur souhaitons bon courage

## Dédicaces:

A ma très, très, ..... très chère mère

A mon très cher père

A mon frère Brahim

A ma sœur

A tous mes amis

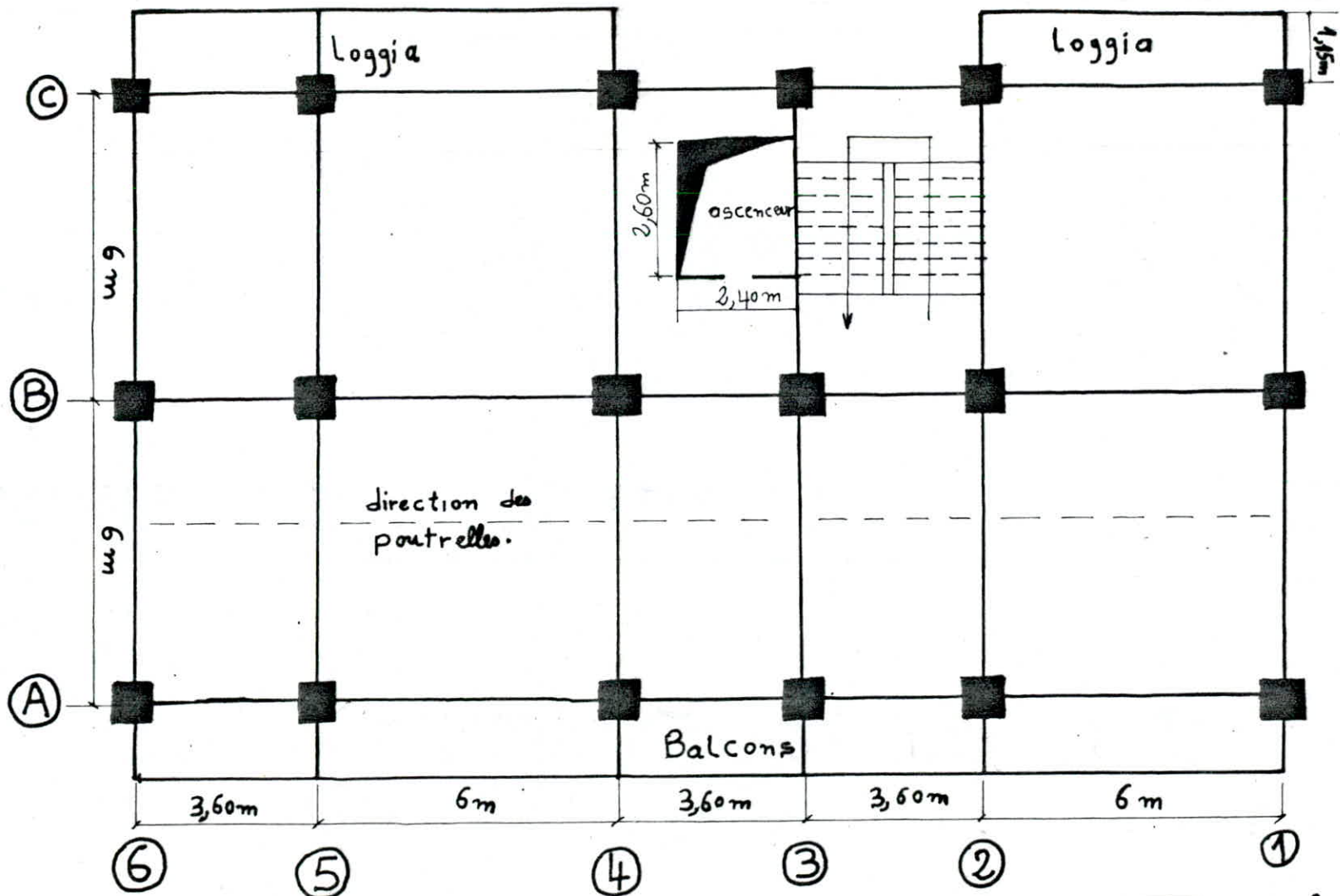
C. Edir

# CHAPITRE 1

---

# GÉNÉRALITÉS

---



étages	Poteaux	Centraux	de rive	d'angle
Sous-sol; RDC; 1 <sup>er</sup>		60 X 60	55 X 55	45 X 45
2 <sup>ème</sup> ; 3 <sup>ème</sup> ; 4 <sup>ème</sup>		55 X 55	50 X 50	40 X 40
5 <sup>ème</sup> ; 6 <sup>ème</sup> ; 7 <sup>ème</sup>		50 X 50	45 X 45	35 X 35

\* Variation des sections des poteaux en élévation.

## Présentation de l'ouvrage

Introduction : Le projet qui nous a été proposé par le B.E.R.E.P concerne l'étude et le calcul des éléments résistants d'un bâtiment à usage d'habitation.

C'est un bâtiment constitué d'une ossature en portique autostable.

Cette structure comporte sept niveaux dont le rez de chaussée est réservé à l'usage de magasins. Il existe un sous-sol et la terrasse est inaccessible.

Le lieu d'implantation est le centre-ville de Blida, classée par le R.P.A. 81 comme zone de moyenne sismicité (zone II).

### Dimensions du bâtiment :

Longueur : 23,40 m

hauteur totale : 28,60 m (acrotère comprise)

largeur : 12,70 m (sans balcons)

Le béton utilisé sera conforme aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé (C.C.B.A. 68), ainsi qu'à tous les règlements en vigueur applicables en Algérie (R.P.A. 81).

Le bâtiment étudié est contreventé par :

six portiques dans le sens transversal

trois portiques dans le sens longitudinal

Les planchers étages seront constitués par des hourdis à corps creux reposant sur des poutrelles préfabriquées.

Le plancher rez-de-chaussée sera constitué d'une dalle pleine.



## Caractéristiques des matériaux

Le béton est dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$  de ciment "CPA 325" et dont le contrôle est atténué  
résistance nominale à la compression :  $\sigma_{28} = 270 \text{ bars} = 270 \text{ kg/cm}^2$

résistance nominale à la traction :  $\sigma_{28} = 7 + 0,06 \cdot \sigma_{28} = 23,5 \text{ kg/cm}^2$

dosage d'un mètre cube de béton :

800 litres de gravillons ( $C_g \leq 25 \text{ mm}$ )

400 litres de sable ( $D_s \leq 5 \text{ mm}$ )

175 litres d'eau

Contrainte de compression admissible du béton :

$$\bar{\sigma}_b' = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon \cdot \sigma_{28}'$$

en compression simple  $\bar{\sigma}_{b_0}' = 68,5 \text{ kg/cm}^2$  d'où :

sollicitations du 2<sup>e</sup> genre  $\bar{\sigma}_{b_0}' = 1,15 \cdot 68,5 = 103 \text{ kg/cm}^2$

flexion simple ou composée avec traction :

1<sup>er</sup> genre :  $\bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$  ; 2<sup>e</sup> genre :  $\bar{\sigma}_b' = 206 \text{ kg/cm}^2$

contrainte de traction de référence

$$\bar{\sigma}_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta \cdot \sigma_{28}$$

1<sup>er</sup> genre  $\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2$  ; 2<sup>e</sup> genre :  $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

Aciers : On distingue deux catégories d'aciers :

acier doux : FeE24 avec  $\sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous SP1}$$

$$\bar{\sigma}_a = \sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous SP2}$$

aciers haute adhérence : FeE40

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ pour } \phi \leq 20 \text{ mm} \\ \sigma_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ pour } \phi > 20 \text{ mm} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous SP1} \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous SP2} \end{array}$$

brique creuse :  $1400 \text{ kg/m}^3$  . brique de 15 :  $1400 \times 0,15 = 210 \text{ kg/m}^2$  ; brique de 10 :  $1400 \times 0,10 = 140 \text{ kg/m}^2$

Murs extérieurs en double cloison :  $15 + 5 + 10 \rightarrow 30 \text{ kg/m}^2$

# Charges et surcharges

## Plancher terrasse :

1. protection gravillon (4cm):	72 kg/m <sup>2</sup>
2. étanchéité multicouches :	10 kg/m <sup>2</sup>
3. isolation thermique :	10 kg/m <sup>2</sup>
4. béton de pente :	200 kg/m <sup>2</sup>
5. corps creux + table de compression (20+6) cm	350 kg/m <sup>2</sup>
6. enduit (1,5cm)	21 kg/m <sup>2</sup>

$$\text{donc } G = 663 \text{ kg/m}^2 ; S = 100 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \underline{q = 1,25 + G = 783 \text{ kg/m}^2}$$

## Plancher étage courant :

1. Carrelage (2cm):	44 kg/m <sup>2</sup>
2. mortier de pose (2cm):	40 kg/m <sup>2</sup>
3. sable de pose (1400 x 0,02):	34 kg/m <sup>2</sup>
4. corps creux + table de compression (20+6) cm :	350 kg/m <sup>2</sup>
5. enduit de plâtre :	21 kg/m <sup>2</sup>
6. cloisons :	75 kg/m <sup>2</sup>

$$\text{donc } G = 564 \text{ kg/m}^2 ; \underline{q = 1,25 + G = 774 \text{ kg/m}^2}$$

## Plancher rez de chaussée :

1. Carrelage (2cm) :	44 kg/m <sup>2</sup>
2. mortier de pose (2cm) :	40 kg/m <sup>2</sup>
3. sable de pose :	34 kg/m <sup>2</sup>
4. dalle pleine (17cm) :	425 kg/m <sup>2</sup>
5. enduit (1,5cm) :	21 kg/m <sup>2</sup>
6. cloisons	75 kg/m <sup>2</sup>

$$\text{donc } G = 639 \text{ kg/m}^2 ; \underline{q = 1,25 + G = 1239 \text{ kg/m}^2}$$

# Prédimensionnement

## A) Poutres :

1) poutres principales :  $\frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10} \Rightarrow 40\text{cm} \leq h_t \leq 60\text{cm} \Rightarrow \underline{h_t = 60\text{cm}}$

$0,3h_t \leq b \leq 0,7h_t \Rightarrow 18\text{cm} \leq b \leq 42\text{cm} \Rightarrow \underline{b = 30\text{cm}}$

pour le R.D.C, 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> étages  $\underline{b = 35\text{cm}}$

2) poutres secondaires :  $l = 6\text{m} \Rightarrow 40\text{cm} \leq h_t \leq 60\text{cm}$  ;  $l = 3,60\text{m} \Rightarrow 24 \leq h_t \leq 36\text{cm}$

on prend pour le sens longitudinal  $\underline{h_t = 45\text{cm}}$  et  $\underline{b = 30\text{cm}}$

pour le R.D.C., 1<sup>e</sup> et 2<sup>e</sup> étages  $\underline{h_t = 50\text{cm}}$  et  $\underline{b = 35\text{cm}}$

N.B. Les conditions du R.P.A. 81 pour le dimensionnement des poutres sont vérifiées

## B) Poteaux : (on adopte des poteaux de section carrée)

On choisit 3 poteaux de différents types, les plus sollicités en général (central, rive, d'angle). On effectue une descente de charge.

### a) poteau central : B5 :

$S \equiv$  charge du plancher revenant au poteau  $= \left(\frac{3,6+6}{2}\right) \cdot 6 = \underline{28,8\text{m}^2}$

$\underline{N' = 270\text{t}}$   $\Rightarrow \sqrt{\frac{N'}{\bar{\sigma}_{b0}}} = \sqrt{\frac{270 \cdot 10^3}{68,5}} = 62,78\text{cm}^2$  on prend  $\underline{a = 60\text{cm}}$   
donc  $\underline{(a \times a) = (60 \times 60)\text{cm}^2}$

### b) poteau de rive : B1

$\underline{N' = 172\text{t}}$   $S \equiv \frac{3,6}{2} \cdot 6 = 10,8\text{m}^2$   $\Rightarrow \sqrt{\frac{172 \cdot 10^3}{68,5}} = 50,1\text{cm}$  on prend  $\underline{a' = 55\text{cm}}$

On a donc  $\underline{(a' \times a') = (55 \times 55)\text{cm}^2}$

### c) poteau d'angle : C1

$\underline{N' = 139,6\text{t}}$   $S \equiv 3 \times 3 = 9\text{m}^2$   $\Rightarrow \sqrt{\frac{139,6 \cdot 10^3}{68,5}} = 45,14\text{cm}$  on prend  $\underline{a'' = 45\text{cm}}$

On a donc  $\underline{(a'' \times a'') = (45 \times 45)\text{cm}^2}$

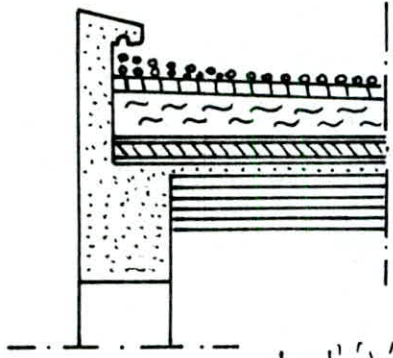
pour la dalle pleine :  $h_t \geq l/35 \Rightarrow h_t \geq 575/35 \Rightarrow h_t \geq 16,43\text{cm} \Rightarrow \underline{h_t = 17\text{cm}}$

CHAPITRE 2

CALCUL DES

ÉLÉMENTS

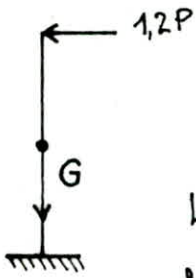
## Calcul de l'acrotère



Pour cet élément, le schéma statique de calcul correspondant peut être représenté par une console verticale, encastrée à la base et soumise aux efforts suivants :

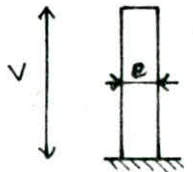
- Une force verticale appliquée au centre de gravité de l'élément : son poids propre désigné par  $G$ .

- Une force horizontale agissant à l'extrémité supérieure de la console : surcharge due à la main courante, que l'on note par  $P$ . On aura donc le schéma suivant :



Le type de sollicitations qui en résulte est donc dans ce cas, une flexion composée : Les forces  $G$  et  $1,2P$  provoquent respectivement une compression et une flexion.

Les dimensions de l'élément ont pour valeur : hauteur  $v = 60 \text{ cm}$ , épaisseur  $e = 15 \text{ cm}$ .



Le calcul est envisagé pour une largeur de bande  $b = 1 \text{ m}$ . Par conséquent, les résultats seront exprimés par mètre linéaire de largeur. Soient  $N$  l'effort normal de compression et  $M$  le moment fléchissant.

On a une section rectangulaire de dimensions  $b = 100 \text{ cm}$  et  $h_t = 15 \text{ cm}$ .

$$N = G = 0,15 \times 0,6 \times 2500 = 225 \text{ kg/ml} \quad ; \quad P = 100 \text{ kg}$$

$$M = 1,2 P \cdot v = 1,2 \times 100 \times 0,6 = 72 \text{ kg.m/ml}$$

La section dangereuse est celle de l'encastrement

$$\text{On détermine l'excentricité : } e_0 = \frac{M}{N} = \frac{72}{225} = 0,32 \text{ m} \quad ; \quad e_1 = \frac{h_t}{6} = \frac{0,15}{6} = 0,025 \text{ m}$$

On a :

$e_0 > e_1 \Rightarrow$  on a une section partiellement comprimée.

Soit  $e_a$  la distance du centre de gravité des aciers tendus au centre de pression

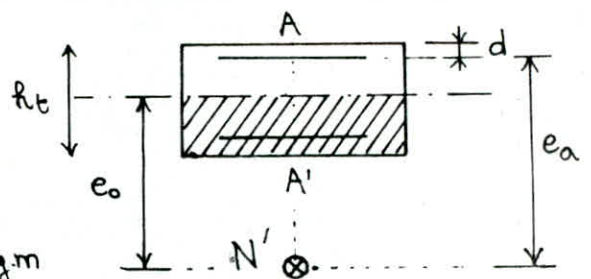
On détermine le moment fléchissant  $M_a$

$$M_a = N \times e_a \quad \text{avec } e_a = e_0 + \frac{R_t}{2} - d$$

$$e_a = 32 + \frac{15}{2} - 2 = 37,5 \text{ cm}$$

d'où :

$$M_a = 225 \times 37,5 = 8437,5 \text{ kg.cm} = 84,375 \text{ kg.m}$$



Moment résistant du béton :  $M_{rb} = K b R^2$

$$\bar{\alpha} = \frac{n \bar{\sigma}_b'}{n \bar{\sigma}_b' + \bar{\sigma}_a} = \frac{15 \times 137}{15 \times 137 + 2800} = 0,423 \Rightarrow \bar{\gamma} = 0,859 \text{ et } \bar{K} = 24,89$$

donc  $M_{rb} = 24,89 \times 100 \times 13^2 = 420641 \text{ kg.cm}$

d'où  $M_{rb} > M_{ext} = 7200 \text{ kg.cm} \Rightarrow$  pas d'armatures comprimées :  $A' = 0$

Calcul des armatures :

$$\mu = \frac{15 \times M_a}{\bar{\sigma}_a \times b \times h^2} = \frac{15 \times 8437,5}{2800 \times 100 \times 13^2} = 0,00267$$

connaissant  $\mu$ , on déduit des tableaux établis par Pierre Chaton :

$\varepsilon = 0,9763$  et  $K = 196$  d'où la section d'acier en flexion simple :

$$A_a = \frac{M_a}{\bar{\sigma}_a \times \varepsilon \times h} = \frac{8437,5}{2800 \times 0,9763 \times 13} = 0,237 \text{ cm}^2$$

La section soumise à la flexion composée sera donnée par :

$$A = A_a - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,237 - \frac{225}{2800} = 0,157 \text{ cm}^2$$

La section obtenue étant faible, on adopte alors la section minimale donnée par la condition de non fragilité.

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

On prendra 5T6/ml  $\Rightarrow A = 1,41 \text{ cm}^2$ .

Les barres seront espacées de 25cm. On prévoit également des armatures de montage perpendiculaires aux armatures principales.

On vérifie la contrainte :  $\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{196} = 14,28 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$

Vérification à la fissuration :

$$\bar{\sigma}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,41}{B_f} = \frac{1,41}{2 \times 100 \times 2} = 0,0035$$

$K = 10^6$  (fissuration préjudiciable)

$\eta = 1,6$  (acier haute adhérence) ,  $\phi = 6\text{mm}$  (diamètre de la barre)

$$\sigma_1 = K \cdot \frac{h}{\phi} \times \frac{\tilde{\omega}_f}{1 + 10\tilde{\omega}_f} = 10^6 \times \frac{1,6}{6} \times \frac{0,0035}{1 + 0,035} = 901,77 \text{ bars} = 918,90 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \times \sqrt{\frac{K \cdot h}{\phi} \times \sigma_b} = 2,4 \times \sqrt{\frac{10^6 \times 1,6}{6} \times 5,9} = 3010,38 \text{ bars} = 3067,58 \text{ kg/cm}^2$$

donc  $\max(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_2 = 3067,58 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$  vérifiée

vérification à l'effort tranchant:

$$A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z} \quad ; \quad \text{avec } z = \frac{7}{8} h \quad ; \quad h = 13 \text{ cm}$$

$$T = 120 \text{ kg} \quad ; \quad M = -7200 \text{ kg.cm}$$

d'où

$$T + \frac{M}{z} = 120 - \frac{7200 \times 8}{7 \times 13} = -512,967 \text{ kg} \Rightarrow T + \frac{M}{z} < 0.$$

donc la relation précédente est vérifiée

vérification au séisme: (R.P.A.81 art. 3.39)

l'acrotère sera vérifiée sous l'action de la force  $F_p$ .

$$z = \frac{0,15}{0,26} = 0,6 \quad ; \quad I = \frac{0,15}{0,15} = 1 \quad ; \quad C_p = 0,8$$

$$\text{d'où: } F_p = z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p \quad ; \quad \text{avec } W_p = 225 \text{ kg.}$$

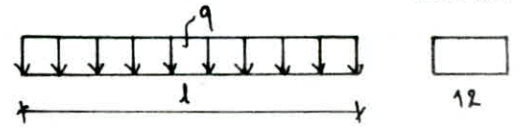
$$F_p = 0,6 \times 1 \times 0,8 \times 225 = 108 \text{ kg/ml} < 1,2P = 120 \text{ kg/ml} \text{ vérifiée}$$

Conclusion: L'acrotère est dimensionnée avec un effort supérieur à la force sismique, par conséquent elle résiste au séisme local.

# Etude des poutrelles

Tous les planchers sont à corps creux associés à des poutrelles préfabriquées, à l'exception du plancher R.D.C réalisé en dalle pleine car il est à usage commercial. Les poutrelles sont calculées sous les sollicitations du 1<sup>er</sup> genre : (G+1,2P).

Vu les dimensions de la section de béton il n'est pas possible de prévoir des armatures comprimées, aussi



pour remédier à ce problème on prévoit des échafaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et les surcharges et ce avant le coulage de la table de compression.

Choix du corps creux :  $l = 6,00 - 0,30 = 5,70 \text{ m}$  (portée la plus défavorable)

$$\frac{R_t}{l} \geq \frac{1}{22,5} \Rightarrow R_t \geq \frac{l}{22,5} \Rightarrow R_t \geq \frac{570}{22,5} \Rightarrow \underline{R_t \geq 25,33 \text{ cm}}$$

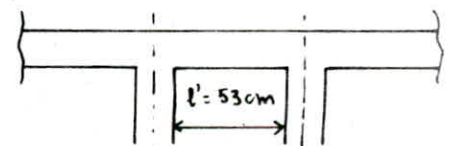
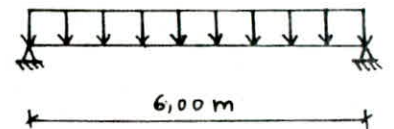
d'où on adopte un corps creux de (20+6) cm

$$\frac{R_t}{l} \geq \frac{1}{15} \cdot \frac{M_t}{M_0} \quad ?$$

On considère un encastrement de  $0,3 M_0 \Rightarrow M_t = 0,85 M_0$

$$R_t \geq \frac{l}{15} \cdot 0,85 \Rightarrow R_t \geq \frac{570}{15} \cdot 0,85 \Rightarrow R_t \geq 32,3 \text{ cm}$$

Donc le calcul de la flèche est nécessaire.



## 1. Calcul de la section d'acier tendue :

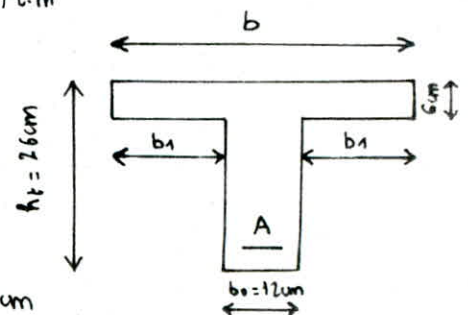
$$q = 0,783 \times 0,65 = 0,509 \text{ t/ml} \quad , \quad M = q \frac{l^2}{8} = 0,509 \cdot \frac{5,7^2}{8} = 2,067 \text{ t.m}$$

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

$$b_1 \leq \frac{l}{10} = \frac{570}{10} = 57 \text{ cm}$$

$$b_1 \leq (6 \div 8) h_0 = (36 \div 48) \text{ cm}$$

On prendra donc  $b_1 = 26,5 \text{ cm} \Rightarrow b = 2b_1 + b_0 = 53 + 12 = 65 \text{ cm}$



pour  $b = 65 \text{ cm}$  on aura le moment résistant de la table :

$$M_{rT} = \frac{\sigma_a}{2n} \cdot \frac{b \cdot h_f^2}{(h - h_0)} \left( h - \frac{h_0}{3} \right) = 2,669 \text{ t.m} \Rightarrow M_{rT} > M = 2,067 \text{ t.m}$$

$x < h_0 = 6 \text{ cm} \Rightarrow$  section rectangulaire de dimensions  $b = 65 \text{ cm}$  et  $h_t = 26 \text{ cm}$



$$\bar{\alpha} = 0,423 \Rightarrow \bar{\delta} = 0,859 ; K = \frac{1}{2} \cdot \bar{\sigma}_b' \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{\delta} = 24,89$$

$$M_{rb} = K \cdot b \cdot h^2 = 9,32 \text{ t.m} > M = 2,067 \text{ t.m} \Rightarrow A' = 0 \text{ (pas d'armatures comprimées)}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\delta} \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 3,57 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{on prend } \underline{A = 4,71 \text{ cm}^2} \text{ soit } \underline{2T14 + 1T12}$$

C.C.B.A. 68 (Art. 61.2):

$j$ : poids propre (20+6) + cloison (revenant à la poutrelle)

$$= (350 + 75) \cdot 0,65 = 276,25 \text{ kg/ml}$$

$g$ : poids propre (20+6) + cloison + revêtement

$$= (350 + 75 + 139) \cdot 0,65 = 366,6 \text{ kg/ml}$$

$q$ : (poids propre (20+6) + cloison + revêtement + surcharge non pondérée)

$$= (350 + 75 + 156 + 175) \cdot 0,65 = 480,35 \text{ kg/ml}$$

$$M_{0j} = j \cdot \frac{l^2}{8} = 1121,92 \text{ kg.m} \Rightarrow M_{tj} = 953,63 \text{ kg.m}$$

$$M_{0g} = g \cdot \frac{l^2}{8} = 1488,85 \text{ kg.m} \Rightarrow M_{tg} = 1265,52 \text{ kg.m}$$

$$M_{0q} = q \cdot \frac{l^2}{8} = 1950,82 \text{ kg.m} \Rightarrow M_{tq} = 1658,2 \text{ kg.m}$$

} indice t = travée

(notation: S = moment statique) ; I: moment d'inertie

$$S = 0 \Rightarrow x^2 + \frac{2nA}{b}x - \frac{2nA \cdot h}{b} = 0 \Rightarrow x^2 + 1,94x - 46,63 = 0 \Rightarrow \underline{x = 5,92 \text{ cm}}$$

$$I_t = b \cdot x^3/3 + nA(h-x)^2 = 33522,80 \text{ cm}^4 ; \tilde{\omega} = A/b_0 \cdot h = 0,0146$$

$$\mu = 1 - \frac{5\bar{\sigma}_b}{(4\tilde{\omega}\bar{\sigma}_a + 3\bar{\sigma}_b)} = 0,8372$$

$$\lambda_i = \frac{\bar{\sigma}_b}{72(2 + 3\frac{b_0}{b})\tilde{\omega}} = 2,1977 ; \lambda_r = \frac{\bar{\sigma}_b}{180(2 + 3\frac{b_0}{b})\tilde{\omega}} = 0,8790$$

$$I_{fr} = \frac{I_t}{1 + \lambda_r \cdot \mu} = 19311,49 \text{ cm}^4 ; I_{fi} = \frac{I_t}{1 + \lambda_i \cdot \mu} = 11804,16 \text{ cm}^4$$

$$E_i = 21000 \sqrt{1,2 \cdot \sigma'_{28}} = 378000 \text{ bars} ; E_r = 7000 \sqrt{1,2 \cdot \sigma'_{28}} = 126000 \text{ bars}$$

$$f_{j0} = \frac{M_{tj} \cdot l^2}{10E_i I_{fi}} = 0,69 \text{ cm} ; f_{g0} = \frac{M_{tg} \cdot l^2}{10E_i I_{fi}} = 0,92 \text{ cm}$$

$$f_{q00} = \frac{M_{tq} \cdot l^2}{10E_r \cdot I_{fr}} = 1,68 \text{ cm} ; f_{q0} = \frac{M_{tq} \cdot l^2}{10E_i I_{fi}} = 1,20 \text{ cm}$$

$$d'au : \Delta f_t = f_{q00} - f_{j0} + f_{q0} - f_{g0} = 1,68 - 0,69 + 1,20 - 0,92 = \underline{1,27 \text{ cm}}$$

Le C.C.B.A. 68 autorise une réduction de  $\Delta f_t$  (calculée) de 20%.

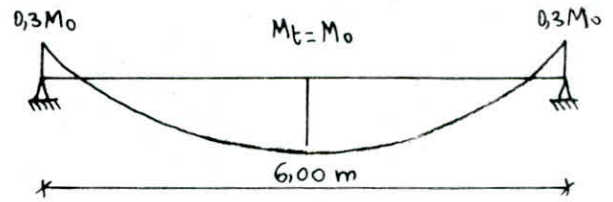
d'où :  $f = 0,8 \cdot \Delta f_t = 0,8 \times 1,27 = \underline{1,01 \text{ cm}}$

on a la flèche admissible :  $\bar{f} = 0,5 + \frac{l}{1000} = 0,5 + \frac{570}{1000} = \underline{1,07 \text{ cm}}$

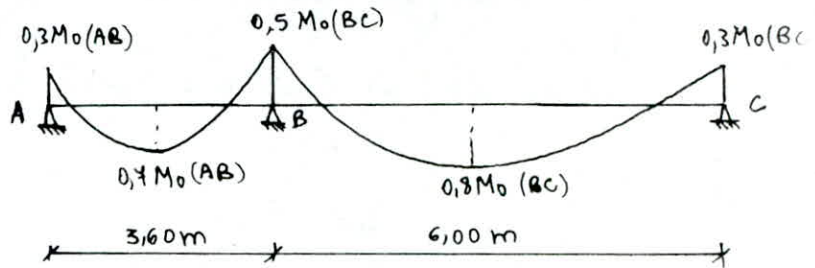
donc  $f = 1,01 \text{ cm} < \bar{f} = 1,07 \text{ cm} \Rightarrow$  la flèche est vérifiée

Les différents cas de poutrelles: 1<sup>er</sup> cas :

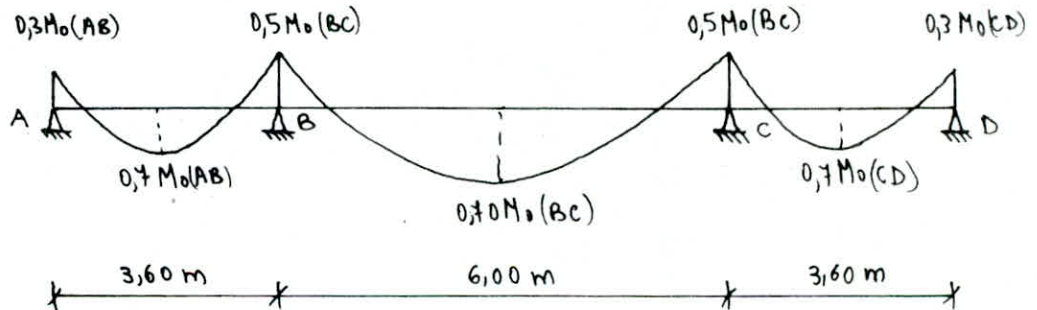
Malgré un encastrement partiel de  $0,3 M_0$  sur appuis, on prend  $M_t = M_0$ .



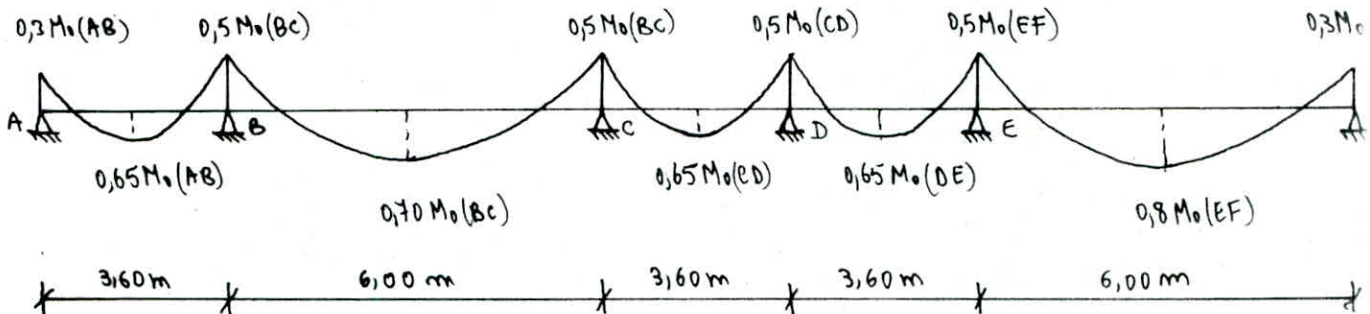
2<sup>e</sup> Cas :



3<sup>e</sup> cas :



4<sup>e</sup> cas :



Poutrelle de 6m :

armatures inférieures : on arme toutes les poutrelles de 6 m suivant le cas le plus défavorable

$M_t = M_0 = 3,067 \text{ t.m} \Rightarrow \underline{A_{inf} = 2T14 + 1T12}$

## Vérification des contraintes:

$$\sigma'_b = \frac{M}{I} x = \frac{2,067 \cdot 10^5}{33522,80} \cdot 5,71 = 35,2 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

$$\sigma_a = n \cdot \frac{M}{I} (h - z) = 1691,63 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

fissuration:  $\omega = A / 2b \cdot d = 4,21 / 2 \cdot 12 \cdot 2 = 0,0877$

$$\sigma_1 = \frac{k \cdot n \cdot \omega f}{\phi(1 + 10 \omega f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,16 \cdot 0,0877}{14(1 + 0,877)} = 8009,74 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \text{ vérifiée}$$

Poutrelle de 3,60m: armatures inférieures:  $l = 3,60 - 0,30 = 3,30 \text{ m}$

$$M_0 = q \frac{l^2}{8} = 0,509 \cdot \frac{3,30^2}{8} = 0,693 \text{ t.m} ; M_{t \max} = 0,7 M_0 = \underline{0,485 \text{ t.m}}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 0,485 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 24^2} = 0,0069 \Rightarrow \epsilon = 0,9624 ; K = 118$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = 0,75 \text{ cm}^2 \text{ on prend } \underline{A = 1,57 \text{ cm}^2} \text{ soit } \underline{2T10}$$

Vérification des contraintes:  $\tilde{\omega} = \frac{1,57 \times 100}{12 \times 24} = 0,545 \Rightarrow \epsilon = 0,8896 ; K = 30,3 ; z = 21,35 \text{ cm}$

$$\sigma_a = \frac{M}{z \cdot A} = 1446,92 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a ; \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = 477,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \text{ vérifiés}$$

fissuration:  $\omega_f = 0,0337 ; \sigma_1 = 5914 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \text{ vérifiée}$

Vérification aux appuis: (pour les deux types de poutrelles)

L'appui intermédiaire le plus défavorable est l'appui B (poutrelle du 2<sup>e</sup> cas)

$$M_{app} = 0,5 M_0 = 0,5 \cdot (2,067) = 1,033 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,080 \Rightarrow \epsilon = 0,8851 ; K = 28,6$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{28,6} = 98,24 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0 : \text{ pas besoin d'armatures comprimées}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1,033 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8851 \cdot 24} = 1,73 \text{ cm}^2 \text{ on prend } \underline{A = 1,91 \text{ cm}^2} \text{ soit } \underline{1T12 + 1T10}$$

$$\tilde{\omega} = 0,663 \Rightarrow \sigma_a = 2559,6 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a ; \sigma'_b = 95,15 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \text{ vérifiées}$$

pour les appuis de rive:

$$M = 0,3 M_0 = 0,3 \cdot 2,067 = 0,620 \text{ t.m} \Rightarrow \mu = 0,0480 ; \epsilon = 0,9077 ; K = 39,2$$

$A' = 0$  et  $A = 1,016 \text{ cm}^2$ , on prend  $A = 1,13 \text{ cm}^2$  soit 1T12

$\bar{\omega} = 0,392 \Rightarrow \bar{\sigma}_a = 2530,78 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$  et  $\bar{\sigma}'_b = 68,77 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$  vérifiées

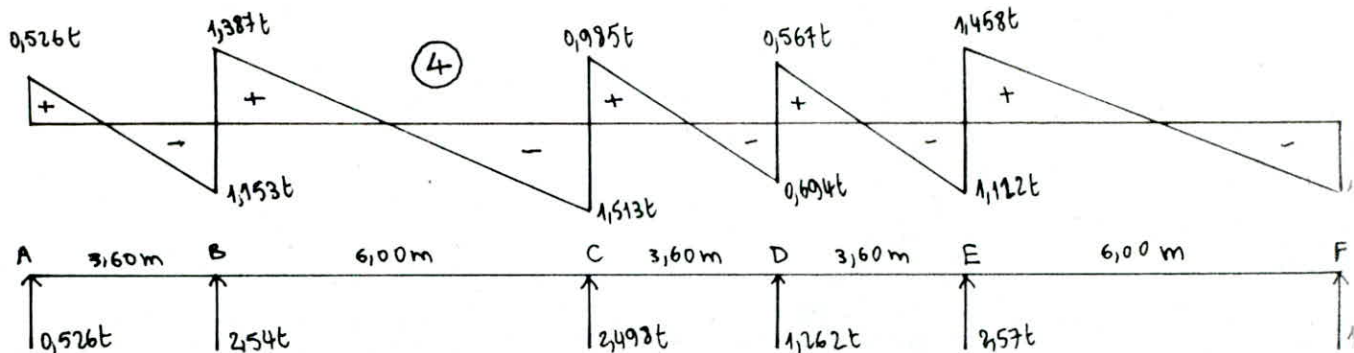
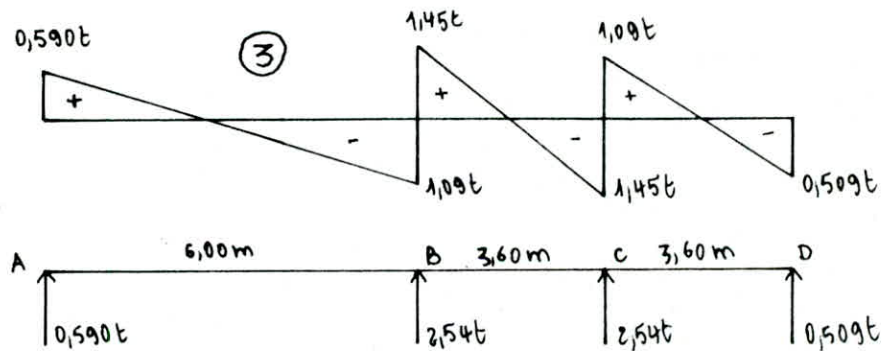
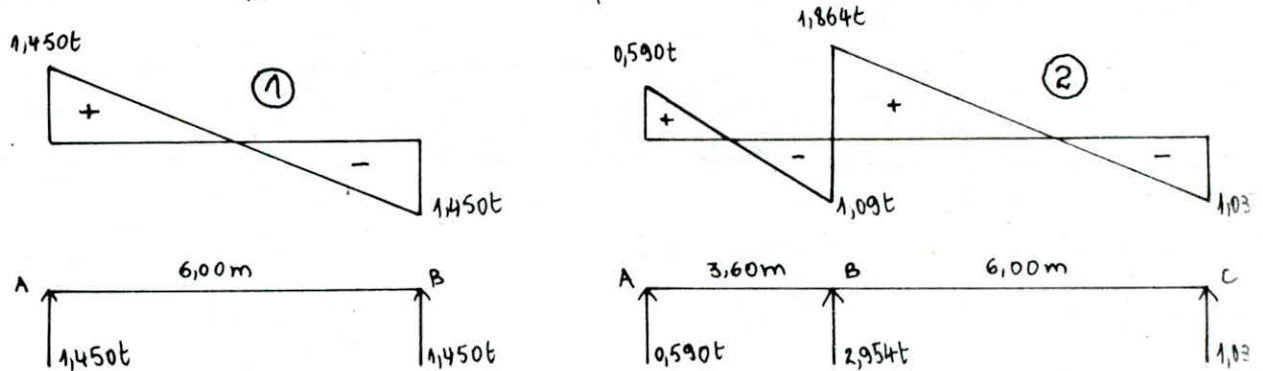
Condition de non fragilité :

en travée :  $A \geq 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_a} \cdot b \cdot h = 1,512 \text{ cm}^2$  vérifiée

sur appui :  $A \geq 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 12 \cdot 24 = 0,279 \text{ cm}^2$  vérifiée

Armatures transversales :

On détermine l'effort tranchant max parmi les quatre cas précédents :



d'où l'on en déduit  $T_{\max} = 1,864 \text{ t}$

$$\tau_b^{\max} = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{1864 \cdot 8}{12 \cdot 7 \cdot 24} = 7,40 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b \leq \left(4,5 - \frac{\sigma_b}{\sigma_{b0}}\right) \bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{5,9}{68,5}\right) \cdot 5,9 = 26,04 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifié}$$

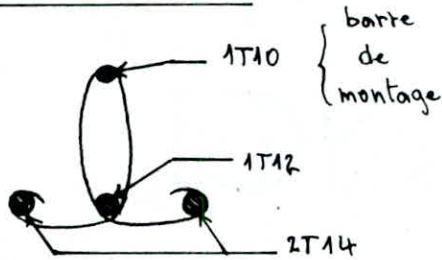
$$\bar{x} = \max \begin{cases} (1 - 0,3 \sigma_b / \bar{\sigma}_b) \cdot h = 15 \text{ cm} \\ 0,2 \cdot h = 4,8 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow \text{d'où } \underline{\bar{x} = 15 \text{ cm}}$$

on prend  $A_t = 2\phi 6 = 0,56 \text{ cm}^2$ ;  $t \leq \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T_{\max}} = \frac{0,56 \cdot 7/8 \cdot 24 \cdot 1600}{1864} = 10,09 \text{ cm}$

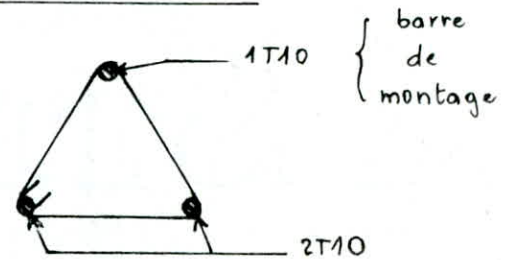
on prend  $\underline{t = 10 \text{ cm}}$

Schéma de ferrailage des poutrelles: (sections en travée)

poutrelle de 6 m



poutrelle de 3,60 m



N.B. Aux appuis on ajoute 1T12 à la barre de montage.

On dispose les  $A_t$  à l'aide de la suite de Caquot.

Ferrailage de la table de compression: (Art. 58.2. C.C.B.A. 68)

on note:  $A_{\perp}$ : armature perpendiculaire aux nervures

$A_{\parallel}$ : " " parallèle " " "

$l_n = 65 \text{ cm}$  (écartement entre axes des poutrelles)

$$50 \text{ cm} < l_n < 80 \text{ cm} \Rightarrow A_{\perp} \geq \frac{43 \cdot l_n}{\sigma_{en}} = \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\phi \leq 6 \text{ mm} \Rightarrow \sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \underline{A_{\perp} = 0,98 \text{ cm}^2 \text{ soit } 5\phi 5/\text{ml}}$$

$$A_{\parallel} \geq \frac{A_{\perp}}{2} = \frac{0,98}{2} = 0,49 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

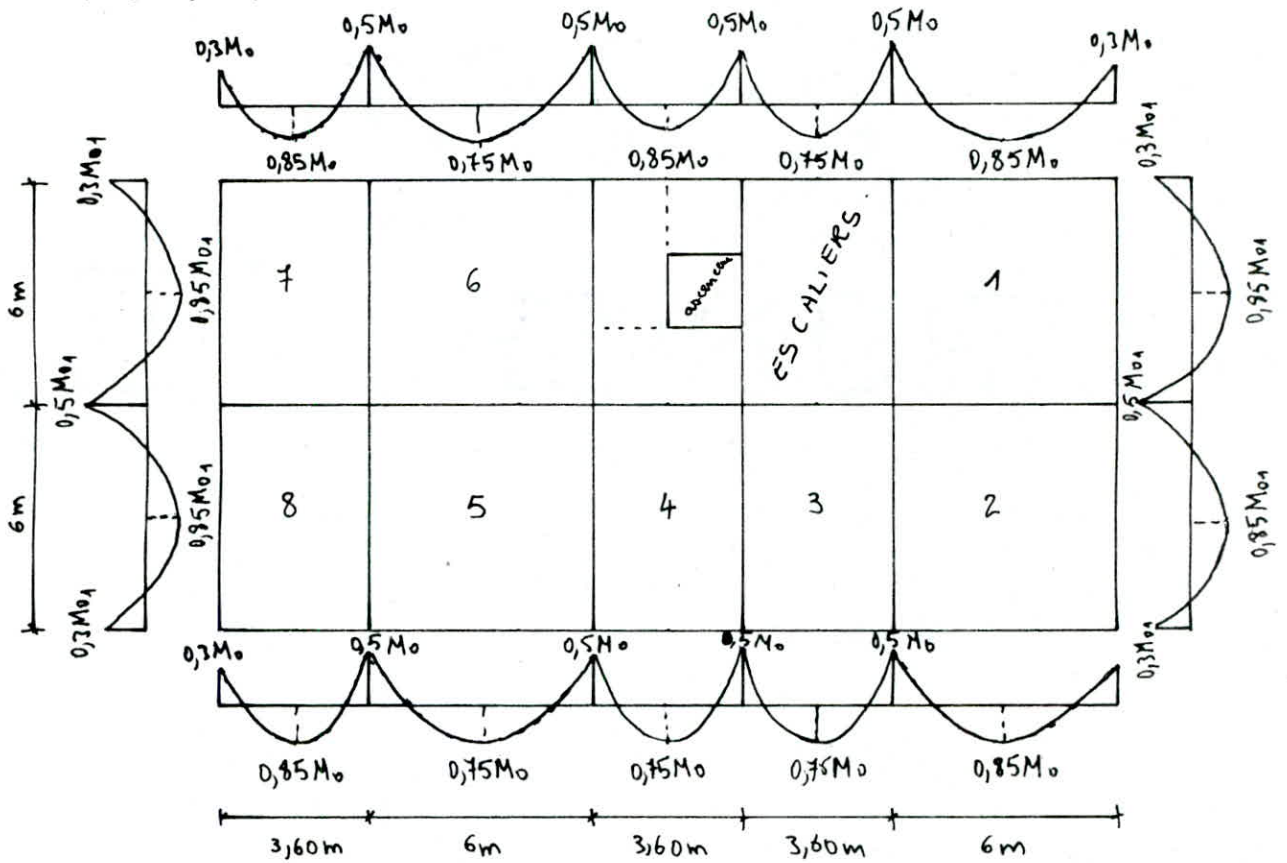
$$\text{On prend } A = 5\phi 5/\text{ml} = 0,98 \text{ cm}^2 \geq 0,49 \text{ cm}^2$$

D'où: On adoptera un treillis soudé de  $20 \times 20$  en  $\phi 5$

soit  $5\phi 5/\text{ml}$  ( $A = 0,98 \text{ cm}^2$ )

# Les Dalles

Elles sont conçues au niveau du rez-de-chaussée qui est à usage commercial.  
Soient  $M_0$  et  $M_0z$  les moments correspondants respectivement aux travées de 6m et 3,60m :



Les moments sont choisis de telle sorte que  $M_t + \frac{|M_w + M_e|}{2} \geq 1,25 M_0$

$$0,75 M_0 \leq M_t \leq M_0 \quad \text{et} \quad 0,40 M_0 \leq (M_w, M_e) \leq M_0$$

Nous donnerons un exemple de calcul détaillé d'un seul panneau. Pour les autres on donnera le ferrailage nécessaire.

$$h_t \geq \frac{l}{15} \Rightarrow h_t \geq \frac{5,75}{15} = 16,43 \text{ cm.} \quad \Rightarrow h_t = 17 \text{ cm}$$

d'où on adopte  $h_t = 17 \text{ cm}$  pour tous les panneaux.

panneau 2:  $l = 6 - 0,25 = 5,75 \text{ m} = l_x = l_y$

$$q = G + 1,25 = 1239 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow \text{pour une bande de 1m} \Rightarrow q = 1239 \text{ kg/ml}$$

$$p = \frac{l_x}{l_y} = 1 \Rightarrow \mu_x = 0,0423 \quad \text{et} \quad \mu_y = 1$$

$$M_x = \mu_x \cdot q \cdot l_x^2 \quad \text{et} \quad M_y = \mu_y \cdot q \cdot l_y^2$$

$$\Rightarrow M_x = M_y = 0,0423 \cdot 1,239 \cdot 5,75^2 \Rightarrow M_x = M_y = 1,733 \text{ t.m}$$

$$M_{tx} = M_{ty} = 0,85 \cdot 1,733 = 1,473 \text{ t.m}$$

$$\text{rive: } M_a = 0,3 M_0 = 0,520 \text{ t.m}$$

$$\text{cont. } M_a = 0,5 M_0 = 0,866 \text{ t.m}$$

$$\phi < \frac{R_t}{10} = 1,17 \text{ cm on prend des T10}$$

$$R_x = R_t - d - \frac{\phi}{2} = 15,5 \text{ cm}$$

ferrailage: on utilise les tableaux

de M<sup>r</sup> P. Charon:

a) armatures inférieures:

$$\text{sens } l_x: \mu = \frac{m M_{tx}}{\bar{\sigma}_a \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 1,473 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 15,5^2} = 0,0328 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \epsilon = 0,9221; k = 49,2 \Rightarrow \bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{49,2} = 56,91 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

d'où:

$$A_{tx} = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1,473 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9226 \cdot 15,5} = 3,68 \text{ cm}^2 \text{ on prend } \underline{A = 3,92 \text{ cm}^2 = 5 \text{ T10/ml}}$$

$$\text{sens } l_y: R_y = R_t - d - \phi - \frac{\phi}{2} = 15 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 1,473 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 15^2} = 0,0350 \Rightarrow \epsilon = 0,9199; k = 47,4 \Rightarrow A' = 0$$

$$A_{ty} = \frac{1,473 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9199 \cdot 15} = 3,81 \text{ cm}^2 \text{ on prend } \underline{A = 3,92 \text{ cm}^2 = 5 \text{ T10/ml}}$$

arrêt des barres: Les armatures inférieures dans chaque sens peuvent être

arrêtées par moitié, la longueur de la barre arrêtée est de:

$$0,8 \cdot l_x = 4,60 \text{ m suivant } x, \quad l_y - 0,2 l_x = 4,60 \text{ m suivant } y.$$

b) armatures supérieures:

$$\text{cont. } \mu = \frac{15 \cdot 0,866 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 15,6^2} = 0,0191 \Rightarrow \epsilon = 0,9394; k = 67,5 =$$

$$A' = 0 \text{ et } A = \frac{0,866 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9394 \cdot 15,6} = 2,11 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{A = 2,52 \text{ cm}^2 = 5 \text{ T8/ml}}$$

$$\text{rive: } \mu = \frac{15 \cdot 0,520 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 15,6^2} = 0,0114 \Rightarrow \epsilon = 0,9522; k = 89,5 \quad A' = 0$$

$$A = \frac{0,520 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9522 \cdot 15,6} = 1,25 \text{ cm}^2 \text{ on prend } \underline{A = 1,50 \text{ cm}^2 = 3 \text{ T8/ml}}$$

arrêt des chapeaux: Ils ont pour longueur max  $\{l_d ; l_{x/5}\}$  (nus d'appuis)

Condition de non fragilité: (art 52. C.C.B.A.68)  $4_4 = 956$  (aciers écrouis)

suivant x:  $\frac{A_x}{b \cdot h_x} \geq \frac{4_4}{2} (2-\rho) \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{R_0}{R_x}\right)^2 \Rightarrow A_x \geq \frac{100 \cdot 15,5}{2} \cdot 0,56 \cdot (2-1) \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{17}{15,5}\right)^2 = 1,10 \text{ cm}^2$  vérifiée

suivant y:  $0,4 \leq \rho \leq 1$ :  $\frac{A_y}{b \cdot h_y} \geq \frac{4_4}{4} \cdot (1+\rho) \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{R_0}{R_y}\right)^2 \Rightarrow A_y \geq \frac{100 \cdot 15,5}{4} \cdot 0,56 \cdot (1+1) \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{17}{15}\right)^2 = 1,13 \text{ cm}^2$  vérifiée

flèche:  $M = 0,15$ ,  $\gamma = \frac{a}{b} = \frac{5,75}{5,75} = 1$ ;  $W_s = 0,0149$ .  $\frac{q a^4}{E R^3} = \frac{0,0149 \cdot 1239 \cdot 10^4 \cdot 5,75^4}{1,15 \cdot 10^5 \cdot 15,5^3} = 0,433 \text{ cm}$

donc:

$\bar{f} = 0,5 + \frac{L}{100} = 1,07 \text{ cm}$ ; d'où:  $\bar{f} > W_s = 0,433$  vérifiée

Calcul de l'effort tranchant:

$T_{ox} = \frac{q l_x \cdot l_y^4}{2(l_y^4 + l_x^4)} = 7,124 \text{ t}$ ;  $T_y = \frac{q l_y l_x^4}{2(l_x^4 + l_y^4)} = 7,124 \text{ t}$

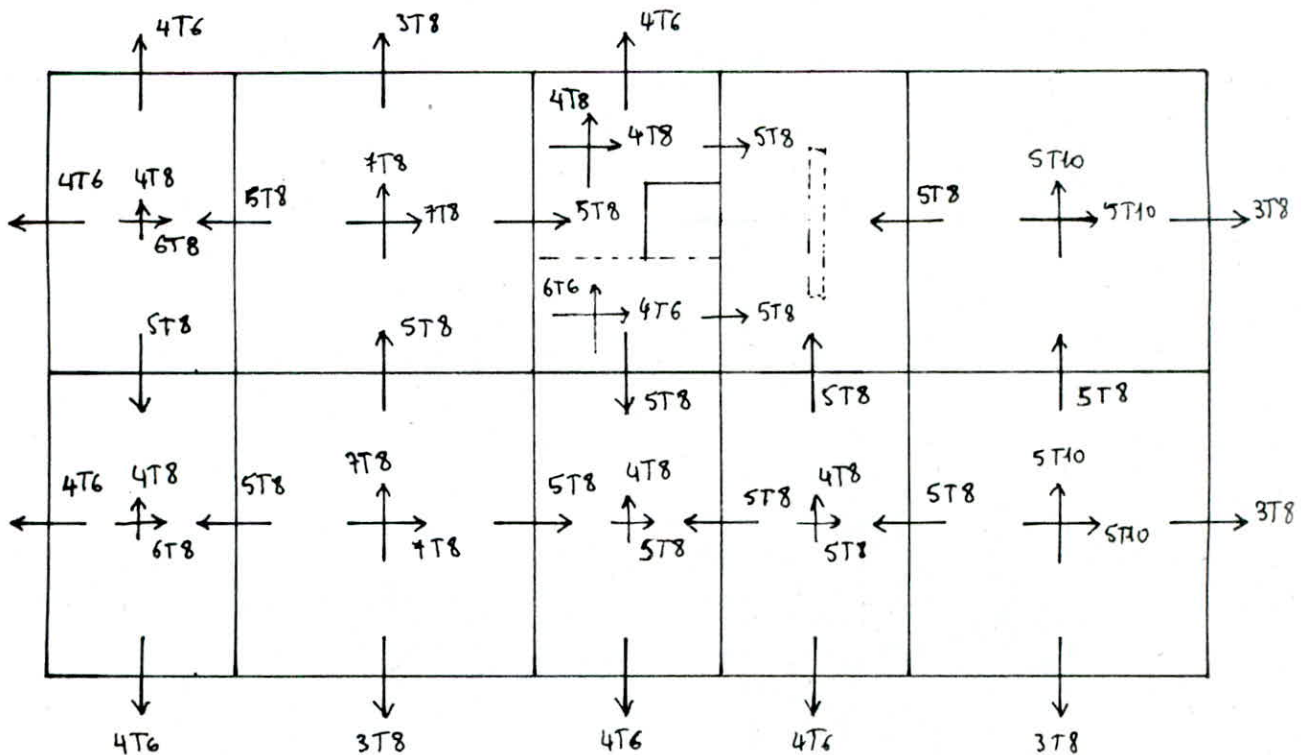
vérification au cisaillement:

$\tau_{by} = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = \frac{7124}{100 \cdot \frac{1}{3} \cdot 15} = 5,43 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 11,5 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$  vérifié

vérification des appuis: (armatures inférieures)

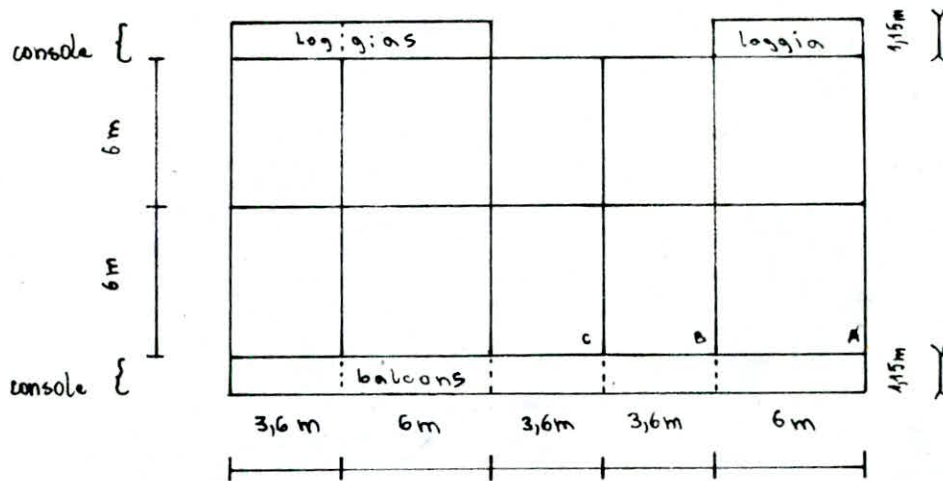
$A \geq \frac{1}{\bar{\sigma}_a} \left( T + \frac{M}{\frac{1}{3} \cdot h} \right) \Rightarrow A \geq \frac{1}{2800} \left( 7124 + \frac{0,52 \cdot 10^5}{\frac{1}{3} \cdot 15} \right) = 1,13 \text{ cm}^2$  vérifié

fissuration:  $\tilde{w}_f = \frac{A_{min}}{2bd} = \frac{1,50}{2 \cdot 100 \cdot 11,4} = 0,0053$ ;  $\sigma_2 = 3193 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$  vérifié





## Balcon et loggia



Du fait de la grande portée de certaines travées ainsi que du poids important du garde corps en maçonnerie, les balcons et les loggias seront munis de poutre de rive de dimension  $20 \times 30$  qui s'appuient sur les extrémités des poutres transversales sorties en console. On choisit la console la plus défavorable et on adoptera le ferrailage de celle-ci pour toutes les autres pour éviter toute erreur lors de l'exécution en chantier. Pour les panneaux de dalle, il en existe 2.

Puisque  $\beta_{1,2} = \frac{I_x}{I_y} < 0,4 \Rightarrow$  les panneaux se calculent comme une poutre suivant la petite portée, identique dans les 2 cas.

### Charges et surcharges :

- carrelage + mortier + sable :  $110 \text{ kg/m}^2$
- dalle en béton armé de 12cm :  $300 \text{ kg/m}^2$
- enduit de plâtre ( $0,015 \times 2000$ ) :  $30 \text{ kg/m}^2$

$$G = 440 \text{ kg/ml}$$

- garde corps ( $1400 \cdot 0,10 \cdot 1,1$ ) =  $154 \text{ kg/ml}$
- main courante  $100 \text{ kg/ml}$
- surcharge d'exploitation  $S = 350 \text{ kg/m}^2$

$$q_1 = G + 1,2S = 0,860 \text{ t/m}^2$$

## A) Etude de la console:

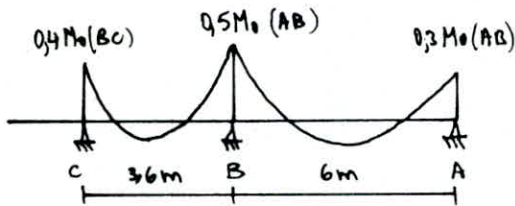
### 1) Réaction due à la poutre (20x30) sur la console:

pois propre :  $0,2 \times 0,3 \times 2,5 = 0,15 \text{ t/ml}$

partie du balcon (revenant à la poutre):  $0,475 \times 0,86 = 0,408 \text{ t/ml}$

garde corps :

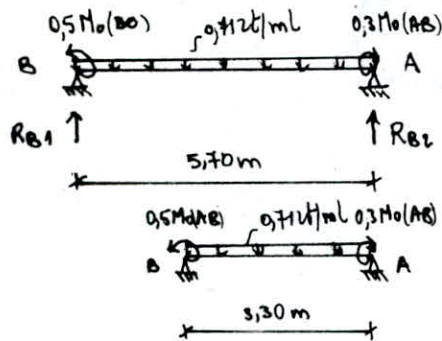
$0,154 \text{ t/ml}$



$G = 0,712 \text{ t/ml}$

$M_{0AB} = q \frac{l^2}{8} = 0,712 \cdot \frac{5,7^2}{8} = 2,89 \text{ t.m}$

$M_{0BC} = 0,712 \cdot \frac{3,3^2}{8} = 0,969 \text{ t.m}$



$\Rightarrow R_{B1} = 2,13 \text{ t}$

$\Rightarrow R_{B2} = 1,49 \text{ t}$

$\Rightarrow R_B = R_{B1} + R_{B2} = 3,62 \text{ t}$

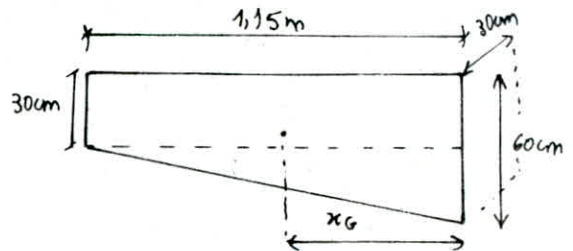
### 2) poids de la console et surcharge:

- poids propre =  $0,388 \text{ t}$

- surcharge  $0,3 \times 1,15 \times 0,35 = 0,120 \text{ t}$

$M_2 = M_{\text{poids propre}} + M_{\text{surcharge pondérée}}$

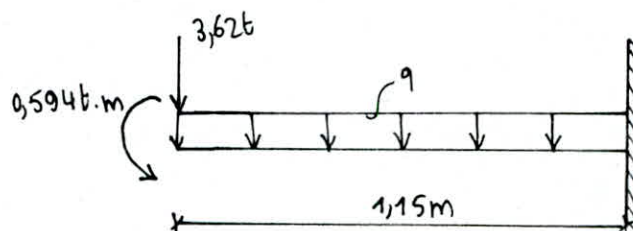
$= (0,388 \times 0,64) + (0,12 \times 1,15/2) = 0,317 \text{ t.m}$



### 3) moment dû à la main courante:

$M_3 = \underbrace{0,100 \cdot 1,2 \cdot 1,1}_{\text{t.m/ml pondérée}} \times \underbrace{\left(\frac{5,7}{2} + \frac{3,3}{2}\right)}_m = 0,594 \text{ t.m}$

D'où le schéma statique pour la console:



$$M = R_B \cdot 1,05 + M_2 + M_3 = 3,62 \cdot 1,15 + 0,317 + 0,594 = 5,074 \text{ t.m}$$

ferraillage:  $\mu = \frac{15 \times 5,074}{2800 \times 30 \times 56^2} = 0,0288 \Rightarrow \epsilon = 0,9265 ; k = 53$

armatures supérieures:  $A = \frac{5,074 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9286 \cdot 56} = 3,49 \text{ cm}^2 \Rightarrow \underline{A = 4,52 \text{ cm}^2 = 4T12}$

$$\bar{\omega} = 0,251 \Rightarrow k = 47,6 ; \epsilon = 0,9201 ; z = 51,52$$

$$\bar{\sigma}_a = 2178,89 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \text{et} \quad \bar{\sigma}'_b = 45,77 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

armatures transversales:  $T_{\max} = 3,62 + 0,388 + 0,12 \times 1,2 = 4,152 \text{ t}$

$$\tau_{b\max} = \frac{T}{b \cdot z} \Rightarrow \tau_{b\max} = \frac{4,152}{30 \times \frac{7}{8} \times 56} = 2,82 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{at} = 1 - \frac{\tau_b}{3 \bar{\sigma}_b} = 0,94 \Rightarrow \bar{\sigma}_{at} = 0,94 \times 2400 = 2256 \text{ kg/cm}^2$$

$$\underline{A_t = 4\phi 5 = 0,78 \text{ cm}^2}$$

$$t \leq \frac{A_t \cdot \frac{7}{8} \cdot h \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = 20,76 \text{ cm}$$

$$\bar{E} = 64 \text{ cm}$$

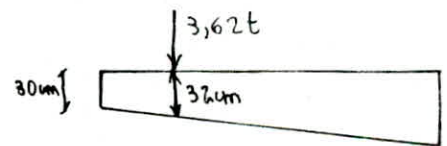
$T = 3,62 \text{ t}$  immédiatement à droite de  $R_B$  apportée par la poutre de rive (appliquée à 10 cm de l'extrémité)

$$h_t = 32 - 4 = 28 \text{ cm}$$

$$\tau_b = \frac{3620}{\frac{2}{3} \cdot 28 \cdot 30} = 4,92 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_{at} = 0,91 \Rightarrow \bar{\sigma}_{at} = 2184 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{E} = 21,1 \text{ cm} \quad t \leq 11,53 \text{ cm} \quad \text{d'où on prend } t = 11 \text{ cm pour toute la console.}$$



### B) Étude des panneaux de dalle :

panneau 1:  $l_x = 1,15 - 0,2 = 0,95 \text{ m}$

$$l_y = 6,00 - 0,30 =$$

$$\Rightarrow \rho_1 = \frac{l_x}{l_y} = 0,166 < 0,4$$

panneau 2:  $l_x = 0,95 \text{ m}$

$$l_y = 3,30 - 0,30 = 3 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \rho_2 = \frac{l_x}{l_y} = 0,316 < 0,4$$

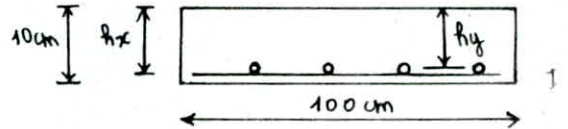
$\Rightarrow \rho < 0,4$  pour n'importe quel panneau de dalle. le calcul se fait comme pour une poutre continue dans le sens de la petite portée.

Dans notre cas il n'y a pas une continuité, mais on considère un encastrement de

0,3 Mo (chapeaux).

$$M_{t2} = M_0 = q \frac{l^2}{8} = 0,86 \cdot \frac{0,95^2}{8} = 0,097 \text{ t.m}$$

$$h_x = h_t - d - \frac{\phi}{2} = 12 - 1 - \frac{0,8}{2} \Rightarrow h_x = 10,6 \text{ cm}$$



$$\mu = \frac{15 \cdot 0,097 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 10,6^2} = 0,046 \Rightarrow K = 146 ; E = 0,9690$$

d'où  $A = \frac{0,097 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9690 \cdot 10,6} = 0,54 \text{ cm}^2$  on adopte  $A = 2,52 \text{ cm}^2$  soit 5T8/ml

Etude des poutres de rive :

a) poutre de 6m :

$$M_t = M_0 = 0,712 \cdot \frac{5,7^2}{8} = 2,891 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 2,891 \cdot 10^5}{2800 \cdot 20 \cdot 27^2} = 0,1062 \Rightarrow E = 0,8711 ; K = 23,8$$

d'où  $A = \frac{2,891 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8711 \cdot 27} = 4,40 \text{ cm}^2$ ; on adopte  $A = 4,62 \text{ cm}^2 = 3T14$

$$\tilde{\omega} = \frac{4,62 \cdot 100}{20 \cdot 27} = 0,855 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow K = 23 ; E = 0,8684 ; z = 23,44 \text{ cm}$$

$$\sigma_a = 2669,61 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \text{et} \quad \sigma_b' = 116,07 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

$$T_{\text{max}} = q \cdot \frac{l}{2} = 2,029 \text{ t} \Rightarrow \tau_{b \text{ max}} = \frac{2029}{20 \cdot \frac{1}{2} \cdot 27} = 4,29 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 26 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_t = 3\phi 6 = 0,84 \text{ cm}^2 ; \rho_{at} = 0,919 ; \sigma_{at} = 0,919 \cdot 2400 = 2205,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$t \leq 24,6 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \bar{E} = 21,1 \text{ cm} \quad \text{on prend } \underline{t = 20 \text{ cm}}$$

b) poutre de 360m :  $M_t = M_0 = 0,969 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,969 \cdot 10^5}{2800 \cdot 20 \cdot 27^2} = 0,0356 \Rightarrow E = 0,9194 ; K = 47 \Rightarrow A = \frac{0,969 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9194 \cdot 27} = 1,40 \text{ cm}^2 \Rightarrow$$

on adopte  $A = 1,57 \text{ cm}^2$  soit 2T10

$$\tilde{\omega} = 0,291 \Rightarrow K = 43,8 ; E = 0,9150 ; z = 24,70 \text{ cm}$$

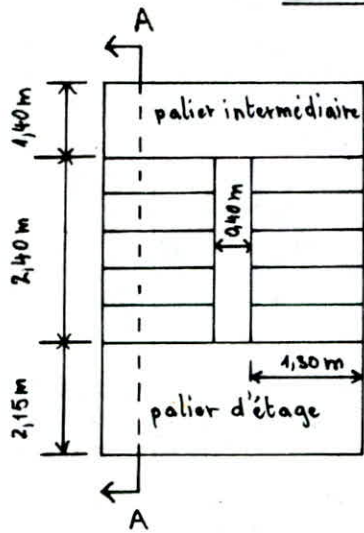
$$\sigma_a = 2498,77 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \text{et} \quad \sigma_b' = 57 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

$$T_{\text{max}} = 1,175 \text{ t} \Rightarrow \tau_{b \text{ max}} = 2,48 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

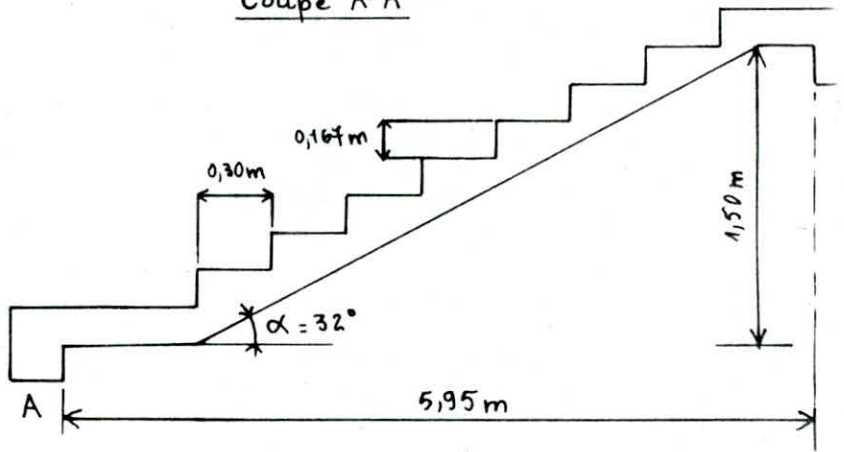
$$A_t = 2\phi 6 = 0,56 \text{ cm}^2 ; \rho_{at} = 0,919 ; \sigma_{at} = 2205,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$t \leq 24,8 \text{ cm} \quad \text{et} \quad \bar{E} = 21,1 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \text{on prend } \underline{t = 20 \text{ cm}}$$

# Les Escaliers



Coupe A-A



Vérification de la formule de Blondel:

$$59 \text{ cm} \leq g + 2h = 30 + 2 \times 16,7 = 63,4 \text{ cm} \leq 66 \text{ cm}$$

Prédimensionnement:

$$\tan \alpha = \frac{1,50}{5,95} = 0,252 \Rightarrow \alpha = 14,1^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,970$$

$$L = \frac{2,40}{\cos \alpha} = \frac{2,40}{0,970} = 2,47 \text{ m}$$

$$\frac{L}{30} \leq e \leq \frac{L}{20}$$

$$\Rightarrow 9,43 \text{ m} \leq e \leq 14,15 \text{ m} \Rightarrow \text{on prendra } \underline{e = 14 \text{ cm}}$$

On prend la même épaisseur pour la paillasse et les paliers

Charges et surcharges:

On aura :

A) paillasse : poids de la dalle (paillasse):  $\frac{2500}{\cos \alpha} \cdot e = \frac{2500}{0,970} \cdot 0,14 = 412,7 \text{ kg/m}^2$

poids des marches :  $\frac{1 \cdot 2500}{2} = \frac{0,167 \cdot 2500}{2} = 208,75 \text{ kg/m}^2$

carrelage + mortier :  $44 + 40 = 84 \text{ kg/m}^2$

enduit et plâtre :  $= 30 \text{ kg/m}^2$

garde-corps :  $= 50 \text{ kg/m}^2$

d'où :  $G_2 = 785,45 \text{ kg/m}^2$

surcharge d'exploitation :  $S_2 = 250 \text{ kg/m}^2$

pour une bande de 1ml :  $G_2 = 785,45 \times 1 = 785,45 \text{ kg/ml}$ ;  $S_2 = 250 \times 1 = 250 \text{ kg/ml}$

d'où

$$q_2 = G_2 + 1,2 S_2 = 1085,45 \text{ kg/ml}$$

<u>B) paliers :</u>	pois de la dalle :	$0,14 \times 2500 = 350 \text{ kg/m}^2$
	carrelage + mortier :	$= 84 \text{ kg/m}^2$
	enduit et plâtre :	$= 30 \text{ kg/m}^2$
	d'où :	$G_1 = 464 \text{ kg/m}^2$
	surcharge d'exploitation :	$S_1 = 250 \text{ kg/m}^2$
	pour une bande de 1ml :	$G_1 = 464 \text{ kg/ml}$ et $S_1 = 250 \text{ kg/ml}$

d'où :

$$q_1 = G_1 + 1,2 S_1 = 764 \text{ kg/ml}$$

### Détermination des efforts :

On a le schéma statique :

on calcule les réactions d'appuis :

On aura :

$$\Sigma \text{Moments/point B} = 0 \Rightarrow R_A = \frac{q_1 l_1 (l_2 + l_1/2) + q_2 l_2 (l_3 + l_2/2) + q_3 \cdot l_3^2/2}{(l_1 + l_2 + l_3)}$$

$$\text{et } \Sigma \text{Forces/axe y} = 0 \Rightarrow R_B = q_1(l_1 + l_3) + q_2 l_2 - R_A$$

d'où  $R_A = 2,61 \text{ t/ml}$  et  $R_B = 2,70 \text{ t/ml}$

### Calcul du moment isostatique ( $M^{\max}$ sous la pailleasse)

$$M(x) = R_A \cdot x - q_1 l_1 (x - l_1/2) - q_2 \cdot \frac{(x - l_1)^2}{2}$$

$$\frac{dM(x)}{dx} = 0 \Rightarrow R_A - q_1 l_1 - q_2 (x - l_1) = 0 \Rightarrow x = 3,04 \text{ m}$$

$$M_0^{\max} = M(3,04) = 4,223 \text{ t.m/ml}$$

### Moment hyperstatique :

en tenant compte de l'encastrement partiel aux appuis, on a

$$M_t = 0,85 M_0^{\max} = 3,589 \text{ t.m/ml} ; M_{app} = 0,3 M_0^{\max} = 1,267 \text{ t.m/ml}$$

### Calcul des armatures : (on utilise les tableaux de Pierre Charon)

$$\text{en travée : } \mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 3,589 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,1335 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,8592 \\ K = 20,5 \end{array} \right.$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{20,5} = 136,58 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{3,589 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8592 \cdot 12} = 12,43 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

d'où la section adoptée  $A = 12,44 \text{ cm}^2$  soit  $11\text{T}12/\text{ml}$  avec un espacement  $t = 10 \text{ cm}$   
 dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartition qui sont données par la  
 relation  $A_r \geq A/4 = 3,11 \text{ cm}^2/\text{ml}$ , on prend  $A = 3,51 \text{ cm}^2/\text{ml}$  soit  $7\text{T}8/\text{ml}$  et  $t = 16 \text{ cm}$

sur appui :  $\mu = \frac{15 \cdot 1,267 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,041 \Rightarrow \epsilon = 0,9084$  et  $K = 39,6$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{39,6} = 70,70 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 ; A = \frac{1,267 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9084 \cdot 12} = 4,15 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

d'où la section adoptée  $A = 4,71 \text{ cm}^2/\text{ml}$  soit  $6\text{T}10/\text{ml}$  avec un espacement  $t = 19 \text{ cm}$

Vérifications : on effectue les vérifications suivantes :

1. Contraintes : en travée :  $\tilde{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 12,44}{100 \cdot 12} = 1,036 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,8589 \\ K = 20,43 \end{array} \right. \quad \delta = \epsilon \cdot h = 10,31 \text{ cm}$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot z} = \frac{3,589 \cdot 10^5}{12,44 \cdot 10,31} = 2798,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2798,3}{20,43} = 136,97 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

sur appui :  $\tilde{\omega} = \frac{100 \cdot 4,71}{100 \cdot 12} = 0,392 \Rightarrow \epsilon = 0,9091, K = 40, z = 10,91 \text{ cm}$

$$\sigma_a = \frac{1,267 \cdot 10^5}{4,71 \cdot 10,91} = 2465,64 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

$$\sigma_b' = \frac{2465,64}{40} = 61,64 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

2. Condition de non fragilité :

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{ten}}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 12 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,163 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée} \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{travée} \\ \text{appuis} \end{array} \right.$$

3. Vérification de la flèche :

$$A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{\bar{\sigma}_{\text{ten}}} = 100 \cdot 12 \cdot \frac{43}{4200} = 12,28 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

4. Vérification à la fissuration : en travée :  $\tilde{\omega}_f = \frac{12,44}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,0311$

$$\sigma_1 = \frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0311}{12 \cdot (1 + 0,0311)} = 4744 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

sur appui :  $\sigma_2 = 2,4 \cdot \frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10} = 2855,9 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$

### 5. Condition aux appuis :

$$T_{\max} = R_B = 2,70t$$

$$A \geq \frac{1}{\bar{\sigma}_a} \left( T + \frac{M}{8} \right) \Rightarrow A \geq \frac{1}{2800} \cdot \left( 2700 - \frac{1,267 \cdot 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 12} \right) = -3,34 < 0 \text{ vérifiée}$$

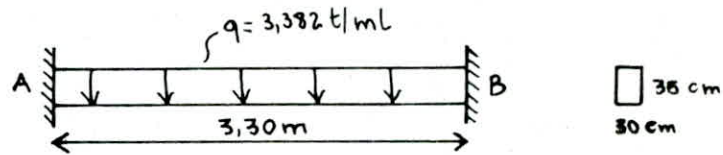
### 6. armatures transversales :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{2700}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 12} = 2,57 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

donc on n'a pas besoin d'armatures transversales  $A_t = 0$

### Poutre palière :

Charges à considérer :



$$\text{poids propre : } 0,30 \times 0,35 \times 2,5 = 0,262 \text{ t/ml}$$

$$\text{réaction du palier : } = 2,700 \text{ t/ml}$$

$$\text{poids d'un demi-mur : } = 0,420 \text{ t/ml}$$

$$\text{d'où : } q = 3,382 \text{ t/ml}$$

$$\text{réactions d'appuis : } R_A = R_B = 5,580 \text{ t} = T_{\max}$$

$$M_0 = q \cdot \frac{L^2}{8} = 4,60 \text{ t.m} ; M_t = 0,85 M_0 = 3,91 \text{ t.m} ; M_{\text{app}} = 0,3 M_0 = 1,38 \text{ t.m}$$

Ferraillage : en travée :

$$\mu = \frac{15 \cdot 3,91 \cdot 10^5}{2800 \cdot 30 \cdot 32^2} = 0,0682 \Rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,8927 \\ k = 31,6 \end{cases} \text{ et } A' = 0$$

donc  $A = 4,89 \text{ cm}^2$  on adopte  $A = 6,03 \text{ cm}^2$  soit 3T16.

$$\text{sur appuis : } \mu = \frac{15 \cdot 1,38 \cdot 10^5}{2800 \cdot 30 \cdot 32^2} = 0,0240 \Rightarrow \epsilon = 0,9324, k = 59 \text{ et } A' = 0$$

donc  $A = 1,65 \text{ cm}^2$  on adopte  $A = 2,35 \text{ cm}^2$  soit 3T10.

Vérifications : on effectue les vérifications suivantes :

$$\text{1. Contraintes : } \text{entravée : } \bar{\omega} = \frac{6,03 \cdot 100}{30 \cdot 32} = 0,628 \Rightarrow \epsilon = 0,8834 ; k = 27,9 ; z = 28,27 \text{ cm}$$

d'où l'on a :

$$\bar{\sigma}_a = \frac{3,91 \cdot 10^5}{28,27 \cdot 6,03} = 2293,68 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2293,68}{27,9} = 82,81 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \text{ vérifiée}$$



sur appuis :  $\bar{\omega} = \frac{2,35 \cdot 100}{30 \cdot 32} = 0,245 \Rightarrow \varepsilon = 0,9211, k = 48,4 ; z = 29,47 \text{ cm}$

$$\sigma_a = \frac{1,38 \cdot 10^5}{29,47 \cdot 2,35} = 1992,65 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{1992,65}{48,4} = 41,17 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{vérifiée}$$

2. fissuration : en travée :  $\sigma_1 = 3764 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$  vérifiée

sur appui :  $\sigma_2 = 2855,90 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$  vérifiée

3. flèche :

$$\frac{A}{b \cdot h} = \frac{6,03}{30 \cdot 32} = 0,0063 < \frac{43}{4200} = 0,010$$

armatures transversales :  $T_{\max} = 5,58 \text{ t} ; z_{b \max} = 6,64 \text{ kg/cm}^2 ; \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$

$$\rho_{at} = \frac{2}{3} ; \sigma_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2 ; \bar{E} = 21,2 \text{ cm}^2 ; A_t = 4\phi 6 = 1,13 \text{ cm}^2 ; t = 9 \text{ cm}$$

CHAPITRE 3

CALCUL DES

RIGIDITÉS

## Calcul des rigidités

Le calcul des rigidités ainsi que le calcul des efforts dûs aux charges horizontales sera fait à l'aide de la méthode de M<sup>r</sup> MUTO.

Cette méthode approchée permet l'étude d'une structure en portiques sollicitée par des efforts horizontaux. Elle est basée sur les rigidités de niveau d'étage.

Dans une première étape on distribue les efforts tranchants dans les niveaux correspondants des différents portiques, lors d'une seconde étape on en déduit les moments fléchissant dans les poteaux et les poutres.

### Conditions d'application :

1.  $\bar{K} > 0,2$  pour avoir une précision satisfaisante
2. N'est pas applicable dans le cas où l'on a une variation brusque de rigidité entre deux niveaux adjacents (rigidité  $> 25\%$ ).
3. Applicable uniquement pour une distribution de charge uniforme (vent) ou triangulaire (séisme).

### Etapes de calcul :

- rigidité linéaire des poteaux :  $K_p = \frac{I_{rot}}{h}$  ;  $I$ : inertie du poteau dans le sens considéré  
 $h$ : hauteur d'étage
- rigidité linéaire des poutres :  $K = \frac{I_p}{l}$  ;  $I_p$ : inertie de la poutre dans le sens considéré  
 $l$ : portée de la poutre considérée.

coefficient de correction  $a_j$ :  
(voir conception et calcul des structures soumises au séisme)

- rigidité relative de niveau ( $j$ ) du portique correspondant :  $R_j = \frac{12 \cdot E \cdot \sum a_j K_{pot}}{h_j^2}$  [ $\text{kg/cm}^2$ ]

$R_{jx}$ : rigidité relative de niveau du portique longitudinal

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

$R_j$ : rigidité relative de l'étage ( $j$ ) dans le sens correspondant ( $x$  ou  $y$ )

$$\underline{R_{jx} = \sum R_{jx}} \quad \text{et} \quad \underline{R_{jy} = \sum R_{jy}} \quad ; \quad \underline{E = 3,82 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2}$$

Portique longitudinal B-D

Niv. j	Niv. pot.	$\bar{K}$	$\alpha$	$K_p = \frac{I}{R}$	a.k.p	$D_j = \sum a_k p$	$\frac{a.k.p}{D_j}$	$R_{ix}$	Niv. j	$\bar{K}$	$\alpha$	$K_p = \frac{I}{R}$	a.k.p	$D_j = \sum a_k p$	$\frac{a.k.p}{D_j}$	$R_{ix}$	Niv. pot.	$\bar{K}$	$\alpha$	$K_p = \frac{I}{R}$	a.k.p	$D_j = \sum a_k p$	$\frac{a.k.p}{D_j}$	$R_{ix}$	
8	1	0,333	0,143	1139,06	162,88	2050,67	0,079	104447,46	3	0,350	0,149	1736,11	258,68	3211,46	0,080	163510,36	1	1	0,350	0,149	1736,11	258,68	3211,46	0,080	163510,36
	2	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,191			2	0,637	0,244	2541,84		612,58				0,191						
	3	0,719	0,267	1736,11	463,54		0,226			3	0,707	0,285	2541,84		724,42				0,225						
	4	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,191			4	0,637	0,244	2541,84		612,58				0,191						
	5	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,191			5	0,637	0,244	2541,84		612,58				0,191						
	6	0,555	0,217	1139,06	247,17		0,120			6	0,583	0,225	1736,11		390,62				0,121						
5	1	0,219	0,098	1736,11	170,14	2177,19	0,080	107835,54	2	0,239	0,107	2541,84	271,97	3469,51	163510,36	2	2	0,239	0,107	2541,84	271,97	3469,51	163510,36		
	2	0,398	0,166	2541,84	421,94		0,199			2	0,450	0,184	3600					662,24	0,191						
	3	0,498	0,199	2541,84	505,82		0,239			3	0,562	0,219	3600					788,4	0,227						
	4	0,398	0,166	2541,84	421,94		0,199			4	0,450	0,184	3600					662,4	0,191						
	5	0,398	0,166	2541,84	421,94		0,199			5	0,450	0,184	3600					662,4	0,191						
	6	0,364	0,154	1139,06	175,41		0,083			6	0,398	0,166	2541,84					421,94	0,121						
4	1	0,284	0,124	1736,11	215,27	2737,94	0,078	139452,47	1	0,319	0,353	1906,38	672,95	6100,94	163510,36	1	1	0,319	0,353	1906,38	672,95	6100,94	163510,36		
	2	0,518	0,206	2541,84	523,62		0,191			2	0,600	0,423	2700					1142,1	0,187						
	3	0,647	0,244	2541,84	620,21		0,226			3	0,750	0,454	2700					1125,8	0,201						
	4	0,518	0,206	2541,84	523,62		0,191			4	0,600	0,423	2700					1142,1	0,187						
	5	0,518	0,206	2541,84	523,62		0,191			5	0,600	0,423	2700					1142,1	0,187						
	6	0,474	0,191	1736,11	331,60		0,121			6	0,531	0,407	1906,38					775,89	0,127						

NIV. $\delta$	file pot.	K	a	$K_p = \frac{I}{R}$	a.Kp	$D_j = \sum a_k p$	a.Kp $D_j$	$R_{jx}$	NIV. $\delta$	file pot.	K	a	$K_p = \frac{I}{R}$	a.Kp	$D_j = \sum a_k p$	a.Kp $D_j$	$R_{jx}$
8	1	0,911	0,313	416,84	130,47	1769,26	0,074	9011431	3	1	0,854	0,299	711,11	212,62	2803,58	0,076	791567211
	2	0,889	0,308	1139,06	350,83		0,198			2	0,933	0,318	1736,11	552,08		0,197	
	3	1,111	0,357	1139,06	406,64		0,230			3	1,166	0,368	1736,11	638,90		0,228	
	4	0,889	0,308	1139,06	350,83		0,198			4	0,933	0,318	1736,11	552,08		0,197	
	5	0,889	0,308	1139,06	350,83		0,198			5	0,933	0,318	1736,11	552,08		0,197	
	6	1,518	0,431	416,84	179,66		0,101			6	1,424	0,416	711,11	295,82		0,105	
5	1	0,534	0,211	711,11	150	2009,64	0,074	102357,66	2	1	0,533	0,210	1139,06	239,20	3152,19	0,076	160551,45
	2	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,195			2	0,637	0,241	2541,84	612,58		0,194	
	3	0,729	0,267	1736,11	463,54		0,230			3	0,797	0,285	2541,84	724,42		0,230	
	4	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,195			4	0,637	0,241	2541,84	612,58		0,194	
	5	0,583	0,226	1736,11	392,36		0,195			5	0,637	0,241	2541,84	612,58		0,194	
	6	0,890	0,308	711,11	219,02		0,109			6	0,889	0,308	1139,06	350,83		0,111	
4	1	0,694	0,257	711,11	182,75	2432,59	0,075	2656821	1	1	0,711	0,473	854,30	381	4510,33	0,084	56022021
	2	0,758	0,275	1736,11	477,43		0,196			2	0,850	0,510	1906,38	901,72		0,200	
	3	0,948	0,321	1736,11	557,29		0,229			3	1,062	0,473	1906,38	972,25		0,215	
	4	0,758	0,275	1736,11	477,43		0,196			4	0,850	0,473	1906,38	901,72		0,200	
	5	0,758	0,275	1736,11	477,43		0,196			5	0,850	0,473	1906,38	901,72		0,200	
	6	1,157	0,366	711,11	260,26		0,107			6	1,185	0,529	854,30	451,92		0,100	

Portique longitudinal C-C (= A-A)

Niv. $i$	file pot.	$\bar{K}$	$a$	$K_p = \frac{I}{h}$	$a \cdot K_p$	$D_i = \sum a \cdot K_p$	$\frac{a \cdot K_p}{D_i}$	$R_{ij}$	Niv. $j$	file pot.	$\bar{K}$	$a$	$K_p = \frac{I}{h}$	$a \cdot K_p$	$D_j = \sum a \cdot K_p$	$\frac{a \cdot K_p}{D_j}$	$R_{ij}$
8 7 6	A	0,790	0,283	1139,06	322,35	1236,71	0,261	62989,76	8 7 6	A	2,159	0,519	416,84	216,34	935	0,231	47622,67
	B	1,037	0,341	1736,11	592,01		0,479			0,537							
	C	0,790	0,283	1139,06	322,35		0,261			0,231							
5	A	0,518	0,206	1736,11	357,64	1378,7	0,259	70221,78	5	A	1,265	0,387	711,11	275,20	1142,41	0,241	58186,75
	B	0,708	0,261	2541,84	663,42		0,481			0,518							
	C	0,518	0,206	1736,11	357,64		0,259			0,241							
4	A	0,561	0,219	1736,11	380,21	1464,52	0,260	74592,82	4	A	1,371	0,407	711,11	289,42	1240,3	0,233	63172,69
	B	0,767	0,277	2541,48	704,1		0,481			0,533							
	C	0,561	0,219	1736,11	380,21		0,260			0,233							
3	A	0,605	0,232	1736,11	402,77	1547,76	0,260	78832,57	3	A	1,476	0,424	711,11	301,51	1255,8	0,240	63962,08
	B	0,826	0,292	2541,84	742,22		0,479			0,520							
	C	0,605	0,232	1736,11	402,77		0,260			0,240							
2	A	0,413	0,171	2541,84	434,65	1682,9	0,258	85715,7	2	A	0,922	0,315	1139,06	358,80	1459,82	0,246	74353,50
	B	0,583	0,226	3600	813,6		0,483			0,508							
	C	0,413	0,171	2541,84	434,65		0,258			0,246							
1	A	0,551	0,412	1906,38	785,43	2812,96	0,279	80588,44	1	A	1,229	0,535	854,30	457,05	1897,79	0,241	54371,69
	B	0,777	0,460	2700	1242		0,441			0,518							
	C	0,551	0,412	1906,38	785,43		0,279			0,241							

Partiques transversaux 1-1 et 2-2

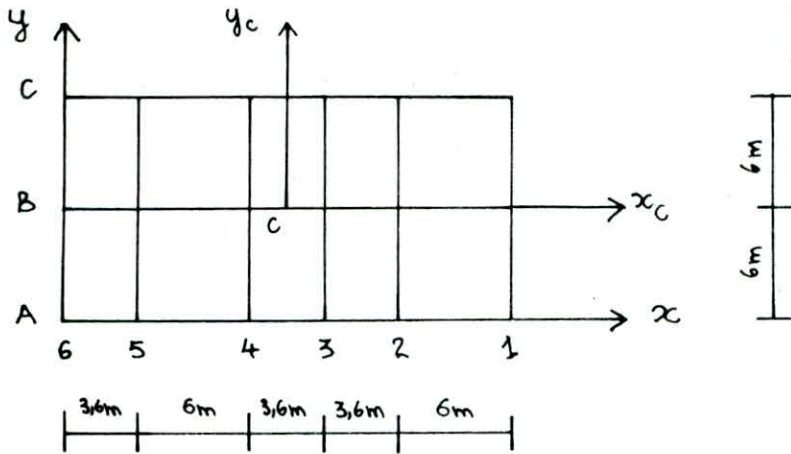
68

## Calcul du centre de torsion :

Les coordonnées sont données par les relations :

On a le repère de référence suivant :

$$x_{c_j} = \frac{\sum_{i=1}^6 R_{ij}^{(t)} x_i}{\sum_{i=1}^6 R_{ij}^{(t)}} \quad \text{et} \quad y_{c_j} = \frac{\sum_{i=1}^3 R_{ix}^{(t)} y_i}{\sum_{i=1}^3 R_{ix}^{(t)}}$$



d'où le tableau suivant :

Niveau	8,7,6	5	4	3	2	1
$x_{ci}$ (m)	10,96	10,97	10,98	10,97	10,98	10,95
$y_{ci}$ (m)	6	6	6	6	6	6

## Calcul des coordonnées des portiques par rapport au centre de torsion :

portiques longitudinaux : →

$y_i^*$  : pour tous les niveaux

portiques transversaux : ↓

ord. \ port.	A-A	B-B	C-C
$y_i^*$ (m)	-6	0	6

Port. \ Niv.	8,7,6	5	4	3	2	1
1-1	11,84	11,83	11,82	11,93	11,92	11,85
2-2	5,84	5,83	5,82	5,83	5,82	5,85
3-3	2,24	2,23	2,22	2,23	2,22	2,25
4-4	-1,36	-1,37	-1,38	-1,37	-1,38	-1,35
5-5	-7,36	-7,37	-7,38	-7,37	-7,38	-7,35
6-6	-10,96	10,97	-10,98	-10,97	-10,98	-10,95

## Portiques longitudinaux

NIV.	ord. port.	portique A-A	portique B-B	portique C-C	$\Sigma R_{ix} \cdot (y_j)^2$
8	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$6,48823 \cdot 10^{10}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(8)}$	90114,31	104447,46	90114,31	
7	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$6,48823 \cdot 10^{10}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(7)}$	90114,31	104447,46	90114,31	
6	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$6,48823 \cdot 10^{10}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(6)}$	90114,31	104447,46	90114,31	
5	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$7,36975 \cdot 10^{10}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(5)}$	102357,66	107835,54	102357,66	
4	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$8,92079 \cdot 10^{10}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(4)}$	123899,92	139452,41	123899,92	
3	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$1,02813 \cdot 10^{11}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(3)}$	142795,67	163510,36	142795,67	
2	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$1,15597 \cdot 10^{11}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(2)}$	160551,54	176713,71	160551,54	
1	$y_j$ (cm)	-600	0	600	$0,93039 \cdot 10^{11}$
	$y_j^2$ (cm <sup>2</sup> )	$36 \cdot 10^4$	0	$36 \cdot 10^4$	
	$R_{ix}^{(1)}$	129220,95	174791,93	129220,95	



Portiques transversaux

NIV.	port. $x_i R_i$	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	$\Sigma R_{ij} (x_{ij})^2$
8	$x_{ij}$ (cm)	1184	584	224	-136	-736	-1096	$1,83895 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1401856	341056	50176	18496	541696	1201216	
	$R_{ij}^{(b)}$	47622,68	62989,76	62989,76	62989,76	62989,76	47622,67	
7	$x_{ij}$ (cm)	1184	584	224	-136	-736	-1096	$1,83895 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1401856	341056	50176	18496	541696	1201216	
	$R_{ij}^{(b)}$	47622,68	62989,76	62989,76	62989,76	62989,76	47622,68	
6	$x_{ij}$ (cm)	1184	584	224	-136	-736	-1096	$1,83895 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1401856	341056	50176	18496	541696	1201216	
	$R_{ij}^{(b)}$	47622,68	62989,76	62989,76	62989,76	62989,76	47622,68	
5	$x_{ij}$ (cm)	1183	583	223	-137	-737	1097	$2,18274 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1399489	339889	49729	18769	543169	1203409	
	$R_{ij}^{(b)}$	58186,75	70221,78	70221,78	70221,78	70221,78	58186,75	
4	$x_{ij}$ (cm)	1182	582	222	-138	-738	-1097	$2,35272 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1397124	338724	49284	19044	544644	1203409	
	$R_{ij}^{(b)}$	63172,61	74592,88	74592,88	74592,88	74592,88	63172,61	
3	$x_{ij}$ (cm)	1183	583	223	-137	-737	-1098	$2,41500 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1399489	339889	49729	18769	543169	1203409	
	$R_{ij}^{(b)}$	63962,08	78832,57	78832,57	78832,57	78832,57	63962,08	
2	$x_{ij}$ (cm)	1182	582	222	-138	-738	-1098	$2,75097 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1397124	338724	49284	19044	544644	1205604	
	$R_{ij}^{(b)}$	74353,50	85715,70	85715,70	85715,70	85715,70	74353,50	
1	$x_{ij}$ (cm)	1185	585	225	-135	-735	-1095	$2,18207 \cdot 10^{11}$
	$x_{ij}^2$ (cm <sup>2</sup> )	1404225	342225	50625	18225	540225	1199025	
	$R_{ij}^{(b)}$	54371,68	80588,44	80588,44	80588,44	80588,44	54371,68	

## Calcul de la rigidité à la torsion de l'étage

On a l'expression:

$$R_{j\theta} = \sum_{t=1}^{t=6} R_{jy}^{(t)} [x_{jt}^{(t)}]^2 + \sum_{l=1}^{l=3} R_{jx}^{(l)} [y_{jl}^{(l)}]^2$$

d'où :

Niv.	8	7	6	5	4	3	2	1
$R_{j\theta}$ $\times 10^{11}$	2,48777	2,48777	2,48777	2,91971	3,24480	3,44313	3,90694	3,11246

## Coordonnées du centre de masse :

D'après le système d'axe  $x, y$  qui précède on aboutit au tableau ci-dessous:

	8	7	6	5	4	3	2	1
$x_G$	11,60	11,40	11,40	11,40	11,32	11,32	11,42	11,54
$y_G$	6,54	6,63	6,63	6,63	6,55	6,54	6,40	6,40

## Calcul des excentricités entre $C$ et $G$ :

Coord.	Niv.	8	7	6	5	4	3	2	1
$x_c$ (m)		10,96	10,96	10,96	10,97	10,98	10,97	10,98	10,95
$x_G$ (m)		11,60	11,40	11,40	11,40	11,32	11,32	11,42	11,54
$e_x = x_G - x_c$ (m)		0,64	0,44	0,44	0,42	0,34	0,36	0,44	0,59
$y_c$ (m)		6	6	6	6	6	6	6	6
$y_G$ (m)		6,54	6,63	6,63	6,63	6,55	6,54	6,40	6,40
$e_y = y_G - y_c$ (m)		0,54	0,63	0,63	0,63	0,55	0,54	0,40	0,40

Le règlement (R.P.A. 81 art. 3.3.5) autorise à prendre le maximum des deux valeurs

a)  $5\% L = \frac{5}{100} \cdot 23,40 = 1,17m$ , b)  $e_x$  ou  $e_y$

On remarque que tous les  $e_x$  et  $e_y$  sont inférieur à  $5\% L = 1,17m$

Remarque : Les conditions a, b, c, d, e, f, g et h de l'article 3-2-1 étant satisfaites

On applique donc La méthode statique équivalente.

# CHAPITRE 4

ÉTUDE AU

SÉISME

On applique la formule :

$$V = A \cdot D \cdot B \cdot Q \cdot W$$

où  $V$  désigne la force latérale totale ou effort tranchant à la base.

Détermination des coefficients :

coefficient A : facteur d'accélération de zone.

groupe d'usage 2 et zone II  $\Rightarrow$   $A = 0,15$

coefficient D : facteur d'amplification dynamique moyen. Il est fonction de la période  $T$  du bâtiment. La période  $s$  exprime par la relation :

$$T = 0,09 \cdot \frac{H}{\sqrt{L}} ; \text{ où } H : \text{ hauteur du bâtiment}$$

$L$  : dimension dans le sens du séisme

Dans le sens transversal :

$$T = 0,09 \cdot \frac{25}{\sqrt{12,7}} = 0,631365 \text{ s} \Rightarrow \underline{D = 1,785}$$

Dans le sens longitudinal :

$$T = 0,09 \cdot \frac{25}{\sqrt{23,4}} = 0,465130 \text{ s} \Rightarrow \underline{D = 2}$$

coefficient B : facteur de comportement de la structure

structure autostable et catégorie 3  $\Rightarrow$   $B = 1/4$

coefficient Q : facteur de qualité

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

longitudinalement :  $Q_L = 1 + (0,1 + 0,1 + 0 + 0,1 + 0,1) = 1,4$

transversalement :  $Q_T = 1 + (0 + 0 + 0 + 0,1 + 0,1 + 0,1) = 1,3$

le poids de la structure  $W$  est donné par :  $W = \sum_{i=1}^8 W_i$

niveau	8	7	6	5	4	3	2	1
$W_i$ (t)	323,77	316,48	316,48	319,61	326,06	338,79	349,71	359,13

d'où  $W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8 = 2650,03 \text{ t}$ , donc

$$\underline{W = 2650,03 \text{ t}}$$

Détermination de la force sismique latérale totale  $V$  :

Dans le sens longitudinal : (sens x)

$$V_x = 0,15 \times 2 \times \frac{1}{4} \times 1,4 \times 2650,03 = \underline{278,25 \text{ t}}$$

Dans le sens transversal (sens y) :

$$V_y = 0,15 \times 1,785 \times \frac{1}{4} \times 1,3 \times 2650,03 = \underline{230,60 \text{ t}}$$

Distribution des forces latérales :

$$V = F_t + \sum_{j=1}^m F_j \quad \text{avec } F_j : \text{ force concentrée au niveau du Plancher}$$

$$F_t = 0,07 T.V \quad ; \quad (F_t < 0,25V)$$

on a  $T < 0,7s$  transversalement et longitudinalement  $\Rightarrow \underline{F_t = 0}$ .

$$\text{d'où : } V = \sum_{j=1}^m F_j$$

cette force  $V$  est distribuée sur la hauteur de la structure suivant la relation

$$F_j = V \cdot \frac{W_j h_j}{\sum W_j h_j}$$

où  $F_j$  désigne l'effort horizontal revenant au niveau  $(j)$ .

Conformément à la distribution des masses au niveau considéré (R.P.A 81, art 333) :

l'effort horizontal se répartit sur toute la surface.

NIV	$W_j$ (t)	$h_j$ (m)	$W_j \cdot h_j$ (t.m)	$F_{jx}$ (t)	$F_{jx}^c$ (t)	$F_{jy}$ (t)	$F_{jy}^c$ (t)
8	323,77	25	8094,25	59,75	59,75	49,52	49,52
7	316,48	22	6962,56	51,39	111,14	42,59	92,11
6	316,48	19	6013,12	44,39	155,53	36,79	128,9
5	319,61	16	5113,76	37,75	193,28	31,28	160,18
4	326,06	13	4238,78	31,29	224,57	25,93	186,11
3	338,79	10	3387,9	25,10	249,58	20,73	206,84
2	349,71	7	2447,97	18,07	267,65	14,97	221,81
1	359,13	4	1436,52	10,60	278,25	8,79	230,60

On a:  $\sum_i W_i h_i = \underline{37694,48 \text{ tm}}$

Détermination des efforts  $T_j$  dans les portiques:

1) L'effort tranchant de l'étage (j)  $\tau_{jy}$  dans la direction Y passant par  $G_j$  est équivalent à  $\tau_{jy}$  passant par  $C_j$  (centre de torsion de niveau j) plus un couple de torsion:

$$M_{jy}^{\text{torsion}} = \tau_{jy} \cdot Y_G$$

d'où sous l'action de  $\tau_{jy}$  il en résulte :

a) Un effort tranchant  $T_{jy}^{(t)}$  de niveau (j) dans un portique transversal (t) quelconque donné par :

$$(1) \quad T_{jy_I}^{(t)} = \tau_{jy} \cdot \frac{R_{jy}}{S_{jy}} + \tau_{jy} \cdot \frac{R_{jy} \cdot X_j}{S_{jy} \theta} \cdot X_G$$

b) Un effort tranchant  $T^{(l)}$  de niveau (j) dans un portique longitudinal (l) quelconque donné par :

$$(2) \quad T_{jx_{II}}^{(l)} = \tau_{jy} \cdot \frac{R_{jx} \cdot Y_j}{S_{jy} \theta} \cdot X_G$$

2) L'effort tranchant de l'étage (j)  $\tau_{jx}$  dans la direction X passant par  $G_j$  est équivalent à  $\tau_{jx}$  passant par  $C_j$  plus un couple de torsion :

$$M_{jx}^{\text{torsion}} = \tau_{jx} \cdot Y_G$$

a) un effort tranchant  $T_{jx}^{(l)}$  de niveau (j) dans un portique longitudinal (l) quelconque donné par :

$$(3) \quad T_{jx_I}^{(l)} = \tau_{jx} \cdot \frac{R_{jx}}{S_{jx}} + \tau_{jx} \cdot \frac{R_{jx} \cdot Y_j}{S_{jy} \theta} \cdot Y_G$$

b) Un effort tranchant  $T_{jy}^{(t)}$  de niveau (j) dans un portique transversal (t) quelconque donné par :

$$(4) \quad T_{jy_{II}}^{(t)} = \tau_{jx} \cdot \frac{R_{jy} \cdot X_j}{S_{jy} \theta} \cdot Y_G$$

# Détermination de l'effort tranchant de niveau $T_{jx}^{(l)}$

ona  $Y_G = X_G = 117 \text{ cm}$

$$T_{jx}^{(l)} = T_{jxI}^{(l)} + T_{jxII}^{(l)}$$

a) portique longitudinal B-B:

NIV.	$Z_{jx}$ (t)	$R_{jx}^{(l)}$	$R_{jx}$	$Y_j^{(l)}$ (cm)	$R_{j\theta} \times 10^{11}$	$Z_{jy}$ (t)	$T_{jxI}^{(l)}$ (t)	$T_{jxII}^{(l)}$ (t)	$T_{jx}^{(l)}$ (t)
8	59,75	104447,46	284676,08	0	2,48777	49,52	21,92	0	21,92
7	111,14	104447,46	284676,08	0	2,48777	92,11	40,77	0	40,77
6	155,53	104447,46	284676,08	0	2,48777	128,9	57,06	0	57,06
5	193,28	107835,54	312550,86	0	2,91971	160,18	66,68	0	66,68
4	224,57	139452,41	387252,25	0	3,24480	186,11	80,87	0	80,87
3	249,58	163570,36	449161,70	0	3,44313	206,84	90,89	0	90,89
2	267,65	176713,71	497816,79	0	3,90694	221,81	95,01	0	95,01
1	278,25	174791,93	433233,83	0	3,11246	230,60	112,26	0	112,26

b) portique longitudinal c-c:

NIV.	$Z_{jx}$ (t)	$R_{jx}^{(l)}$	$R_{jx}$	$Y_j^{(l)}$ (cm)	$R_{j\theta} \times 10^{11}$	$Z_{jy}$ (t)	$T_{jxI}^{(l)}$ (t)	$T_{jxII}^{(l)}$ (t)	$T_{jx}^{(l)}$ (t)
8	59,75	90114,31	284676,08	600	2,48777	49,52	20,43	1,25	21,68
7	111,14	90114,31	284676,08	600	2,48777	92,11	38	2,34	40,34
6	155,53	90114,31	284676,08	600	2,48777	128,9	53,18	3,27	56,45
5	193,28	102357,66	312550,86	600	2,91971	160,18	68,05	3,94	71,99
4	224,57	123899,92	387252,25	600	3,24480	186,11	77,86	4,98	82,84
3	249,58	142795,67	449161,70	600	3,44313	206,84	86,61	6,02	92,63
2	267,65	160551,54	497816,79	600	3,90694	221,81	94,04	6,39	100,43
1	278,25	129220,95	433233,83	600	3,11246	230,60	91,10	6,72	97,82

# Détermination de l'effort tranchant de niveau $T_{ij}^{(t)}$

on a  $Y_0 = X_0 = 117 \text{ cm}$

$$T_{ij}^{(t)} = T_{ijI}^{(t)} + T_{ijII}^{(t)}$$

## a) portique transversal 2-2:

Niv.	$Z_{ix} (t)$	$R_{iy}^{(t)}$	$R_{ix}$	$X_i^{(t)} (cm)$	$R_{i0} \times 10^4$	$Z_{iy} (t)$	$T_{ijI}^{(t)} (t)$	$T_{ijII}^{(t)} (t)$	$T_{ij}^{(t)} (t)$
8	59,75	62989,76	347204,38	584	2,48777	49,52	9,84	1,03	10,87
7	111,14	62989,76	347204,38	584	2,48777	92,11	18,30	1,92	20,22
6	155,53	62989,76	347204,38	584	2,48777	128,90	25,61	2,69	28,30
5	193,28	70221,78	397260,62	583	2,91971	160,18	30,94	3,17	34,11
4	224,57	74592,88	424716,74	582	3,24480	186,11	35,60	3,51	39,11
3	249,58	78832,57	443254,44	583	3,44313	206,84	40,01	3,90	43,91
2	267,65	85715,70	491569,80	582	3,90694	221,81	42	4	46
1	278,25	80588,44	431097,12	585	3,11246	230,60	47,19	4,93	52,12

## b) portique transversal 1-1:

Niv.	$Z_{ix} (t)$	$R_{iy}^{(t)}$	$R_{ix}$	$X_i^{(t)} (cm)$	$R_{i0} \times 10^4$	$Z_{iy} (t)$	$T_{ijI}^{(t)} (t)$	$T_{ijII}^{(t)} (t)$	$T_{ij}^{(t)} (t)$
8	59,75	47622,68	347204,38	1184	2,48777	49,52	8,10	1,58	9,68
7	111,14	47622,68	347204,38	1184	2,48777	92,11	15,07	2,95	18,02
6	155,53	47622,68	347204,38	1184	2,48777	128,90	21,10	4,12	25,22
5	193,28	58186,75	397260,62	1183	2,91971	160,18	27,88	5,33	33,21
4	224,57	63172,61	424716,74	1182	3,24480	186,11	32,69	6,04	38,73
3	249,58	63962,08	443254,44	1183	3,44313	206,84	35,16	6,42	41,58
2	267,65	74353,50	491569,80	1182	3,90694	221,81	39,38	7,04	46,42
1	278,25	54371,68	431097,12	1185	3,11246	230,60	34,67	6,72	41,39



Calcul des déplacements relatifs de niveau j dans le sens longitudinal:

Ils sont obtenus par la relation:

$$\delta_{jx}^{(l)} = \frac{T_{jx}^{(l)}}{R_{jx}^{(l)}}$$

	NIV.	$R_{jx}^{(l)}$ (kg/cm)	$T_{jx}^{(l)}$ (kg)	$\delta_{jx}^{(l)}$ (cm)
portique longitudinal B-B	8	104447,46	21920	0,2098
	7	104447,46	40770	0,3903
	6	104447,46	57060	0,5463
	5	107835,54	66680	0,6183
	4	139452,41	80870	0,5799
	3	163570,36	90890	0,5556
	2	176713,71	95010	0,5376
	1	174791,93	111260	0,6365

	NIV.	$R_{jx}^{(l)}$ (kg/cm)	$T_{jx}^{(l)}$ (kg)	$\delta_{jx}^{(l)}$ (cm)
portique longitudinal C-C	8	90114,31	21680	0,2406
	7	90114,31	40340	0,4476
	6	90114,31	56450	0,6264
	5	102357,66	71990	0,7033
	4	123899,92	82840	0,6686
	3	142795,67	92630	0,6486
	2	160551,54	100430	0,6255
	1	129220,95	97820	0,7570

Calcul des déplacements relatifs de niveau j dans le sens transversal:

Ils sont obtenus par la relation

$$\delta_{jy}^{(l)} = \frac{T_{jy}^{(l)}}{R_{jy}^{(l)}}$$

	NIV.	$R_{jy}^{(l)}$ (kg/cm)	$T_{jy}^{(l)}$ (kg)	$\delta_{jy}^{(l)}$ (cm)
portique transversal 1-1	8	47622,68	9680	0,2032
	7	47622,68	18020	0,3784
	6	47622,68	25220	0,5295
	5	58186,75	33210	0,5707
	4	63172,61	38730	0,6131
	3	63962,08	41580	0,6500
	2	74353,50	46420	0,6243
	1	54371,68	41390	0,7612

	NIV.	$R_{jy}^{(l)}$ (kg/cm)	$T_{jy}^{(l)}$ (kg)	$\delta_{jy}^{(l)}$ (cm)
portique transversal 2-2	8	62989,76	10870	0,1725
	7	62989,76	20220	0,3210
	6	62989,76	28300	0,4492
	5	70221,78	34110	0,4857
	4	74592,88	39110	0,5243
	3	78832,57	43910	0,5570
	2	85715,70	46000	0,5366
	1	80588,44	52120	0,6467

## Vérification des déplacements relatifs de niveau

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

Le déplacement calculé à partir des forces sismiques doit être multiplié par  $\frac{1}{2B}$  (art. 3.3.7.1. RPA.81) pour obtenir les déplacements relatifs.

$$B = \frac{1}{4} \text{ (structure autostable).}$$

Ⓑ Les déplacements ne doivent pas dépasser 0,0075 fois la hauteur de l'étage.

Pour notre construction le déplacement maximum est obtenu au niveau 1 de hauteur d'étage  $h = 4\text{m}$ .

$$\text{On a pour valeur } \delta_{xy}^{(k)} = 0,7612 \text{ cm} \Rightarrow \frac{1}{2B} \delta_{xy}^{(k)} = 2 \delta_{xy}^{(k)} = 2 \times 0,7612 = 1,5224 \text{ cm}$$

$$h = 400 \text{ cm} \Rightarrow 0,0075 h = 0,0075 \times 400 = 3 \text{ cm}$$

$$\text{donc } 2 \delta_{xy}^{(k)} < 0,0075 h \Rightarrow \text{la condition } \textcircled{B} \text{ est vérifiée.}$$

Calcul des efforts tranchants "j" revenant à chaque poteau :  $k_j^{(i)}$

La distribution aux poteaux de l'effort tranchant  $T_j$  de niveau revenant à un portique transversal ou longitudinal se fera proportionnellement aux rigidités de niveau corrigées.

Ainsi tous les poteaux d'un même niveau ont le même déplacement, ceux-ci ayant la même hauteur :

$$k_j^{(i)} = \frac{a_j^{(i)} K_j^{(i)}}{\sum a_j^{(i)} K_j^{(i)}} \cdot T_j$$

En utilisant les résultats obtenus lors du calcul des rigidités, on aura les tableaux suivants :

Effort tranchant  $t_i^{(2)}$  revenant à chaque poteau du portique longitudinal B-B

Niv.	file	$\frac{\alpha_i^{(1)} K_i^{(1)}}{\sum \alpha_i^{(1)} K_i^{(1)}}$	$T_{ix}^{(1)} (t)$	$t_i^{(1)} (t)$
8	1	0,079	21,92	1,73
	2	0,191	"	4,18
	3	0,226	"	4,95
	4	0,191	"	4,18
	5	0,191	"	4,18
	6	0,120	"	2,63
7	1	0,079	40,77	3,22
	2	0,191	"	7,78
	3	0,226	"	9,21
	4	0,191	"	7,78
	5	0,191	"	7,78
	6	0,120	"	4,89
6	1	0,079	57,06	4,50
	2	0,191	"	10,90
	3	0,226	"	12,89
	4	0,191	"	10,90
	5	0,191	"	10,90
	6	0,120	"	6,84
5	1	0,080	66,68	5,33
	2	0,199	"	13,27
	3	0,239	"	15,93
	4	0,199	"	13,27
	5	0,199	"	13,27
	6	0,083	"	5,53

Niv.	file	$\frac{\alpha_i^{(2)} K_i^{(2)}}{\sum \alpha_i^{(2)} K_i^{(2)}}$	$T_{ix}^{(2)} (t)$	$t_i^{(2)} (t)$
4	1	0,078	80,87	6,30
	2	0,191	"	15,44
	3	0,226	"	18,27
	4	0,191	"	15,44
	5	0,191	"	15,44
	6	0,121	"	9,78
3	1	0,080	90,89	7,27
	2	0,191	"	17,36
	3	0,225	"	20,45
	4	0,191	"	17,36
	5	0,191	"	17,36
	6	0,121	"	11
2	1	0,078	95,01	7,41
	2	0,191	"	18,14
	3	0,227	"	21,56
	4	0,191	"	18,14
	5	0,191	"	18,14
	6	0,121	"	11,49
1	1	0,110	111,26	12,24
	2	0,187	"	20,80
	3	0,201	"	22,36
	4	0,187	"	20,80
	5	0,187	"	20,80
	6	0,127	"	14,13

Effort tranchant  $t_j^{(i)}$  revenant à chaque poteau du portique transversal 2-2

NIV.	pile	$\frac{a_j^{(i)} K_j^{(i)}}{\sum a_j^{(i)} K_j^{(i)}}$	$T_{ij}^{(i)} (t)$	$t_j^{(i)} (t)$
8	A	0,261	10,87	2,83
	B	0,479	"	5,20
	C	0,261	"	2,83
7	A	0,261	20,22	5,27
	B	0,479	"	9,68
	C	0,261	"	5,27
6	A	0,261	28,30	7,38
	B	0,479	"	13,55
	C	0,261	"	7,38
5	A	0,259	34,11	8,83
	B	0,481	"	16,40
	C	0,259	"	8,83

NIV.	pile	$\frac{a_j^{(i)} K_j^{(i)}}{\sum a_j^{(i)} K_j^{(i)}}$	$T_{ij}^{(i)} (t)$	$t_j^{(i)} (t)$
4	A	0,260	39,11	10,17
	B	0,481	"	18,81
	C	0,260	"	10,17
3	A	0,260	43,91	11,41
	B	0,479	"	21,03
	C	0,260	"	11,41
2	A	0,258	46	11,87
	B	0,483	"	22,22
	C	0,258	"	11,87
1	A	0,279	52,12	14,54
	B	0,441	"	22,98
	C	0,279	"	14,54

et à la base.

Calcul des moments en tête des poteaux

On détermine la position du point de moment nul :  $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$

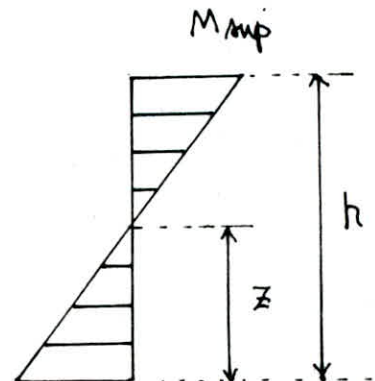
où  $y_0, y_1, y_2, y_3$  sont données par des tableaux.

(tableaux n° 2, 3, 4 et 5 dans l'ouvrage "conception des structures soumises aux séismes").

$$M_{sup} = t \cdot (h - z)$$

$$M_{inf} = t \cdot z$$

avec  $t = t_j^{(i)}$  effort tranchant de niveau revenant au poteau considéré.



$M_{inf}$

Moments fléchissants dans les poteaux portique B-B.

NIV.	file	$t_j^{(k)} (t)$	$\bar{K}$	$\alpha_1$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y$	$z (m)$	$M_{inf} (t.m)$	$h-z (m)$	$M_{sup} (t.m)$
8	1	1,73	0,333	1	0,166	0	0	0	0,166	0,498	0,861	2,502	4,328
	2	4,18	0,583	"	0,291	"	"	"	0,291	0,873	3,649	2,127	8,890
	3	4,95	0,729	"	0,314	"	"	"	0,314	0,942	4,660	2,058	10,187
	4	4,18	0,583	"	0,291	"	"	"	0,291	0,873	3,649	2,127	8,890
	5	4,18	0,583	"	0,291	"	"	"	0,291	0,873	3,649	2,127	8,890
	6	2,63	0,555	"	0,277	"	"	"	0,277	0,831	2,185	2,169	5,921
7	1	3,22	0,333	"	0,316	"	"	"	0,316	0,948	3,052	2,052	6,607
	2	7,78	0,583	"	0,391	"	"	"	0,391	1,173	9,126	1,827	14,210
	3	9,21	0,729	"	0,40	"	"	"	0,40	1,20	11,052	1,800	16,578
	4	7,78	0,583	"	0,391	"	"	"	0,391	1,173	9,126	1,827	14,214
	5	7,78	0,583	"	0,391	"	"	"	0,391	1,173	9,126	1,827	14,214
	6	4,89	0,555	"	0,377	"	"	"	0,377	1,131	5,530	1,869	9,139
6	1	4,50	0,333	"	0,366	"	"	"	0,366	1,098	4,941	1,902	8,559
	2	10,90	0,583	"	0,441	"	"	"	0,441	1,323	14,420	1,677	18,262
	3	12,89	0,729	"	0,450	"	"	"	0,450	1,350	17,401	1,650	21,268
	4	10,90	0,583	"	0,441	"	"	"	0,441	1,323	14,420	1,677	18,262
	5	10,90	0,583	"	0,441	"	"	"	0,441	1,323	14,420	1,677	18,262
	6	6,84	0,555	"	0,427	"	"	"	0,427	1,281	8,762	1,719	11,758
5	1	5,33	0,219	"	0,359	"	"	"	0,359	1,077	5,740	1,923	10,249
	2	13,27	0,398	"	0,450	"	"	"	0,450	1,350	17,914	1,650	21,895
	3	15,93	0,498	"	0,450	"	"	"	0,450	1,350	21,505	1,650	26,284
	4	13,27	0,398	"	0,450	"	"	"	0,450	1,350	17,914	1,650	21,895
	5	13,27	0,398	"	0,450	"	"	"	0,450	1,350	17,914	1,650	21,895
	6	5,53	0,364	"	0,432	"	"	"	0,432	1,296	6,830	1,704	9,423

Moments fléchissants dans les poteaux portique B-B

Niv.	file	$t_q^{(s)} (t)$	$\bar{K}$	$\alpha_1$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y$	$z (m)$	$M_{inf} (t.m)$	$h-z (m)$	$M_{sup} (t.m)$
4	1	6,30	0,284	0,624	0,45	0,15	0	0	0,60	1,80	11,34	1,2	7,56
	2	15,44	0,518	0,624	0,45	0,10	"	"	0,55	1,65	25,476	1,35	20,844
	3	18,27	0,647	0,625	0,45	0,10	"	"	0,55	1,65	30,145	1,35	24,664
	4	15,44	0,518	0,624	0,45	0,10	"	"	0,55	1,65	25,476	1,35	20,844
	5	15,44	0,518	0,624	0,45	0,10	"	"	0,55	1,65	25,476	1,35	20,844
	6	9,78	0,474	0,625	0,45	0,12	"	"	0,57	1,71	18,434	1,29	12,616
3	1	7,27	0,350	1	0,50	0	"	"	0,50	1,50	10,905	1,50	10,905
	2	17,36	0,637	1	0,50	"	"	"	0,50	1,50	26,04	1,50	26,04
	3	20,45	0,797	1	0,50	"	"	"	0,50	1,50	30,675	1,50	30,675
	4	17,36	0,637	1	0,50	"	"	"	0,50	1,50	26,04	1,50	26,04
	5	17,36	0,637	1	0,50	"	"	"	0,50	1,50	26,04	1,50	26,04
	6	11	0,583	1	0,50	"	"	"	0,50	1,50	16,50	1,50	16,50
2	1	7,41	0,239	1	0,63	"	"	-0,05	0,58	1,74	12,893	1,26	9,336
	2	18,14	0,450	1	0,55	"	"	-0,025	0,525	1,575	28,570	1,425	25,849
	3	21,56	0,562	1	0,55	"	"	-0,025	0,525	1,575	33,957	1,425	30,723
	4	18,14	0,450	1	0,55	"	"	-0,025	0,525	1,575	28,570	1,425	25,849
	5	18,14	0,450	1	0,55	"	"	-0,025	0,525	1,575	28,570	1,425	25,849
	6	11,49	0,398	1	0,551	"	"	-0,025	0,526	1,578	18,131	1,422	16,338
1	1	12,24	0,319	/	0,85	"	-0,05	0	0,80	3,20	39,168	0,80	9,792
	2	20,80	0,600	/	0,70	"	-0,05	"	0,65	2,60	54,08	1,40	29,12
	3	22,36	0,750	/	0,70	"	-0,05	"	0,65	2,60	59,28	1,40	31,304
	4	20,80	0,600	/	0,70	"	-0,05	"	0,65	2,60	54,08	1,40	29,12
	5	20,80	0,600	/	0,70	"	-0,05	"	0,65	2,60	54,08	1,40	29,12
	6	14,13	0,531	/	0,734	"	-0,05	"	0,684	2,736	38,66	1,264	17,86

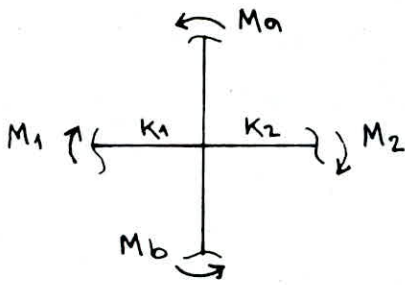
## Moments fléchissants dans les poteaux portique 2-2

Niv.	file	$t_j^{(k)} (t)$	$\bar{K}$	$\alpha_1$	$y_0$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y$	$Z (m)$	$M_{inf} (t.m)$	$h-z (m)$	$M_{sup} (t.m)$
8	A	2,83	0,790	1	0,345	0	0	0	0,345	1,035	2,929	1,965	5,561
	B	5,20	1,035	"	0,305	"	"	"	0,305	0,915	4,758	2,085	10,842
	C	2,83	0,790	"	0,345	"	"	"	0,345	1,035	2,929	1,965	5,561
7	A	5,27	0,790	"	0,40	"	"	"	0,40	1,20	6,324	1,80	9,432
	B	9,68	1,035	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	13,068	1,65	15,972
	C	5,27	0,790	"	0,40	"	"	"	0,40	1,20	6,324	1,80	9,432
6	A	7,38	0,790	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	9,963	1,65	12,177
	B	13,55	1,035	"	0,452	"	"	"	0,452	1,356	18,374	1,644	22,276
	C	7,38	0,790	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	9,963	1,65	12,177
5	A	8,83	0,518	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	11,920	1,65	14,569
	B	16,40	0,708	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	22,140	1,65	27,060
	C	8,83	0,518	"	0,45	"	"	"	0,45	1,35	11,920	1,65	14,569
4	A	10,17	0,561	0,857	0,45	0,0215	"	"	0,471	1,413	14,370	1,587	16,140
	B	18,81	0,767	0,857	0,483	0,0215	"	"	0,504	1,512	28,440	1,488	27,990
	C	10,17	0,561	0,857	0,45	0,0215	"	"	0,471	1,413	14,370	1,587	16,140
3	A	11,41	0,605	1	0,50	0	"	"	0,50	1,50	17,115	1,50	17,115
	B	21,03	0,826	"	0,50	"	"	"	0,50	1,50	31,545	1,50	16,024
	C	11,41	0,605	"	0,50	"	"	"	0,50	1,50	17,115	1,50	17,115
2	A	11,87	0,413	"	0,55	"	"	"	0,55	1,65	19,585	1,35	16,024
	B	22,22	0,583	"	0,55	"	"	"	0,55	1,65	36,663	1,35	30,00
	C	11,87	0,413	"	0,55	"	"	"	0,55	1,65	19,585	1,35	16,024
1	A	14,54	0,551	/	0,724	"	-0,05	"	0,674	2,696	39,20	1,304	18,960
	B	22,98	0,777	/	0,70	"	-0,05	"	0,650	2,60	59,548	1,40	32,172
	C	14,54	0,551	/	0,724	"	-0,05	"	0,674	2,696	39,20	1,304	18,960

## Calcul des moments aux noeuds dans les poutres

Ils sont déterminés par les relations suivantes

a) Noeud intermédiaire:

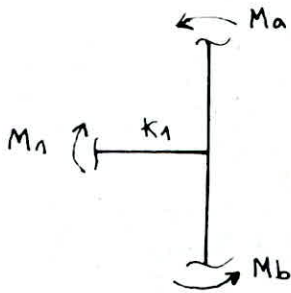


$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_a + M_b) = M_w$$

on a :

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

b) Noeud de rive :



On aura dans ce cas :

$$M_1 = M_a + M_b$$

$$M_1 = M_e$$

$$M_2 = 0$$

avec

$$M_2 = M_w$$

N.B. On a respectivement

$$M_a = M_{inf} \text{ du poteau}$$

$$M_b = M_{sup} \text{ du poteau}$$



portique transversal 2-2

NIV.	M K	NoeudjA	NoeudjB	NoeudjC
8	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	5,561	5,421	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		5,421	5,561
7	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	12,361	10,365	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		10,365	12,361
6	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	18,501	17,672	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		17,672	18,501
5	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	24,532	22,987	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		22,987	24,532
4	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	28,06	25,065	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		25,065	28,06
3	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	32,37	30,811	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		30,811	32,37

portique longitudinal 8-8

NIV.	M K	Noeudj6	Noeudj5	Noeudj4	Noeudj3	Noeudj2	Noeudj1
8	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	5,921	3,333	5,556	5,093	3,333	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		5,556	3,333	5,093	5,556	4,328
7	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	11,324	6,697	11,162	10,619	6,697	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		11,162	6,697	10,619	11,162	7,468
6	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	17,288	10,270	17,117	16,16	10,270	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		17,117	10,270	16,16	17,117	11,611
5	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	18,185	13,618	22,697	21,842	13,618	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		22,697	13,618	21,842	22,694	15,19
4	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	19,446	14,534	24,223	23,084	14,534	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		24,223	14,534	23,084	24,223	13,3
3	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	34,934	19,318	32,197	30,41	19,318	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		32,197	19,318	30,41	32,197	22,245

portique transversal 2-2

NIV.	M k	NoeudjA	NoeudjB	NoeudjC
2	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	33,139	30,772	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		30,772	34,984
1	Ke	1	0,5	
	Me (t.m)	34,984	34,417	
	Kw		0,5	1
	Mw (t.m)		34,417	

portique longitudinal BB

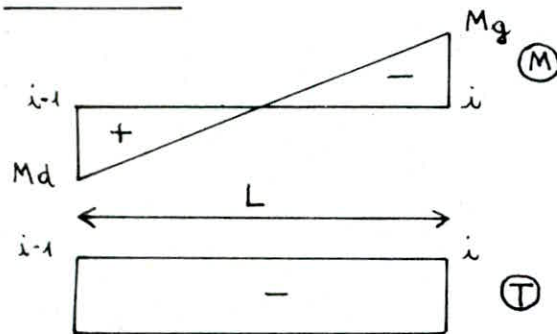
NIV.	M k	Noeudj6	Noeudj5	Noeudj4	Noeudj3	Noeudj2	Noeudj1
2	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	32,838	19,458	32,430	30,699	19,458	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		32,430	19,458	30,699	32,430	20,241
1	Ke	1	0,375	0,625	0,5	0,375	
	Me (t.m)	35,991	21,633	36,056	32,630	21,633	
	Kw		0,625	0,375	0,5	0,625	1
	Mw (t.m)		36,056	21,633	32,630	36,056	22,685

## Calcul des efforts tranchants dans les poutres :

Les efforts tranchants dans les poutres seront calculés à partir des moments aux noeuds calculés précédemment.

Méthode de calcul : On considère la travée indépendante avec les moments développés en ses noeuds, puis on détermine l'équation du moment fléchissant qui peut s'écrire de la manière suivante :

sous  $\overrightarrow{S_{IH}}$  :



$$M(x) = ax + b$$

pour  $x=0 \Rightarrow M(x=0) = M_d = b$

pour  $x=L \Rightarrow M(x=L) = -M_g = aL + b$

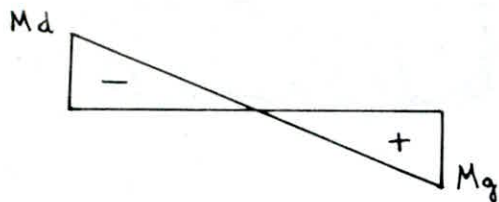
d'où : 
$$M(x) = - \frac{(M_g + M_d)}{L} x + M_g$$

$$T(x) = \frac{d(M(x))}{dx} = - \frac{(M_g + M_d)}{L}$$

sous  $\overleftarrow{S_{IH}}$  :



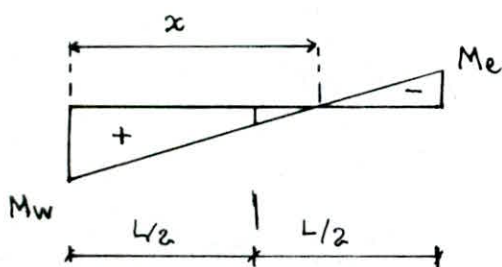
on a :  $M_d = M_e$  et  $M_g = M_w$



par analogie on obtient

$$T(x) = \frac{(M_g + M_d)}{L}$$

## Calcul des moments en travée sous $\overrightarrow{S_{IH}}$ :



$$\frac{M_w}{x} = \frac{M_e}{L-x} \Rightarrow x = \left( \frac{M_w}{M_w + M_e} \right) \cdot L \quad (1)$$

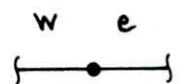
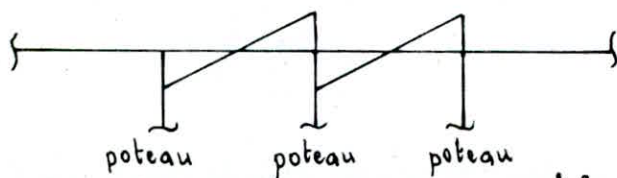
$$\frac{x}{M_w} = \frac{x - L/2}{M_e} \Rightarrow M_e = M_w \left( 1 - \frac{L}{2x} \right) \quad (2)$$

A partir des relations (1) et (2) on obtient le moment en travée

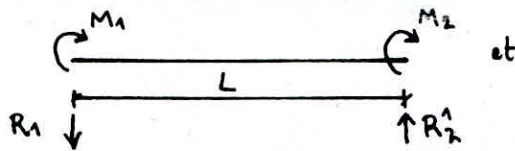
$$M_e = \frac{M_w - M_e}{2}$$

Remarque : sous  $\overleftarrow{S_{IH}}$ , le moment en travée change de signe

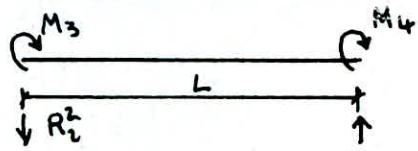
## Calcul des efforts normaux dans les poteaux sous $\overrightarrow{S_{IH}}$ :



On aura :



et

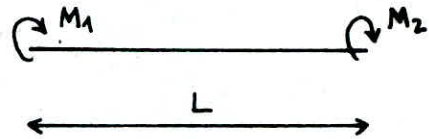
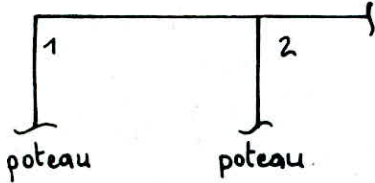


exemple :

effort normal en 2 :

$$R_2^1 = \frac{M_1 + M_2}{L} \quad \text{et} \quad R_2^2 = \frac{M_3 + M_4}{L}$$

$$N \text{ en 2 : } N = |R_2^1| - |R_2^2| = |T_w| - |T_e| \quad > 0 \text{ comp. ; } < 0 \text{ tract.}$$



$$R_1 = \frac{M_1 + M_2}{L}$$

$$\text{en 1 : } N = -|R_1| \rightarrow < 0 \text{ (tract.)}$$

# Effort tranchant et moment en travée dans les poutres

## portique longitudinal B-B

NIV.	travée	$T_{SH} (t)$	$M_{tSH}$	NIV.	travée	$T_{SH} (t)$	$M_{tSH}$
8	1-2	1,386	-0,497	4	1-2	5,084	0,617
	2-3	3,436	-0,233		2-3	15,510	0,569
	3-4	3,435	0,233		3-4	15,510	0,569
	4-5	1,212	0		4-5	5,333	0
	5-6	3,672	0,180		5-6	14,201	2,388
7	1-2	2,564	-0,385	3	1-2	7,591	1,463
	2-3	7,026	0,271		2-3	20,527	0,893
	3-4	7,026	0,271		3-4	20,527	0,893
	4-5	2,435	0		4-5	7,089	0
	5-6	7,195	0,081		5-6	21,83	1,368
6	1-2	3,960	-0,670	2	1-2	7,317	-0,391
	2-3	10,734	-0,478		2-3	21,043	0,865
	3-4	10,734	0,478		3-4	21,043	0,865
	4-5	3,734	0		4-5	7,206	0
	5-6	11,010	0,085		5-6	21,576	0,204
5	1-2	5,261	0,786	1	1-2	8,169	-0,526
	2-3	14,603	-0,427		2-3	22,895	-1,713
	3-4	14,603	0,427		3-4	22,893	1,713
	4-5	4,997	0		4-5	8,012	0
	5-6	13,295	2,256		5-6	23,817	-0,032

## portique transversal 2-2

NIV.	travée	$T_{SH} (t)$	$M_{tSH}$
8	A-B	1,987	0,07
	B-C	-1,987	-0,07
7	A-B	4,113	0,998
	B-C	4,113	0,998
6	A-B	6,547	0,414
	B-C	-6,547	-0,414
5	A-B	8,679	0,772
	B-C	8,679	-0,772
4	A-B	9,703	1,497
	B-C	-9,703	-1,497
3	A-B	11,540	0,779
	B-C	-11,540	-0,779
2	A-B	11,781	1,183
	B-C	11,781	-1,183
1	A-B	12,749	0,283
	B-C	12,749	-0,283

# Efforts normaux dans les poteaux

portique transversal 2-2

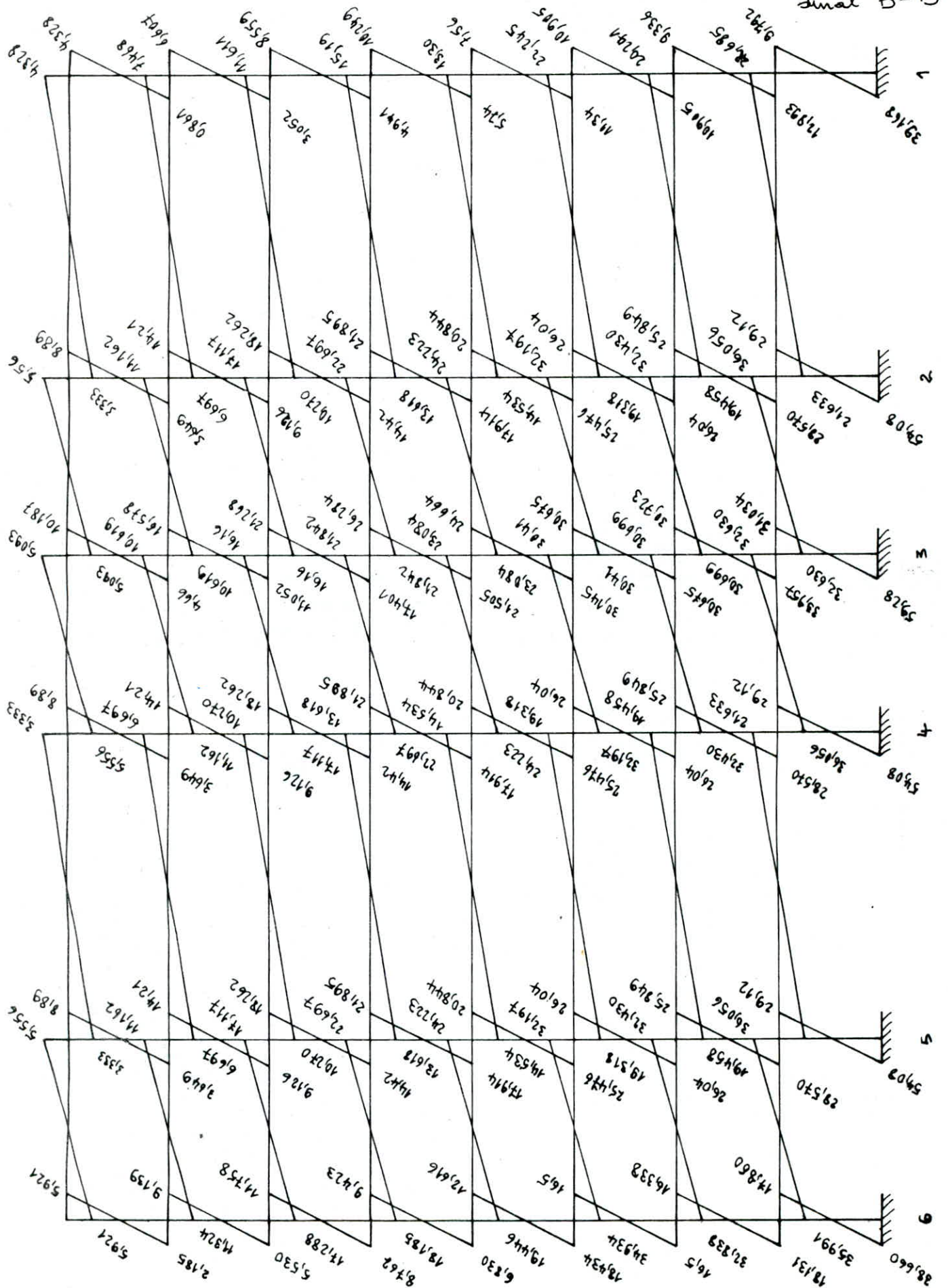
Niv.	file	$\vec{N} (t)$	$\vec{N}_{cum} (t)$
8	A-2	1,987	1,987
	B-2	0	0
	C-2	1,987	1,987
7	A-2	4,113	6,10
	B-2	0	0
	C-2	4,113	6,10
6	A-2	6,547	12,647
	B-2	0	0
	C-2	6,547	12,647
5	A-2	8,679	21,326
	B-2	0	0
	C-2	8,679	21,326
4	A-2	9,703	31,029
	B-2	0	0
	C-2	9,703	31,029
3	A-2	11,540	41,569
	B-2	0	0
	C-2	11,540	41,569
2	A-2	11,781	53,35
	B-2	0	0
	C-2	11,781	53,35
1	A-2	12,749	66,099
	B-2	0	0
	C-2	12,749	66,099

portique longitudinal B-B

Niv.	file	$\vec{N} (t)$	$\vec{N}_{cum} (t)$	Niv.	file	$\vec{N} (t)$	$\vec{N}_{cum} (t)$
8	B-1	1,386	1,386	4	B-1	5,084	18,755
	B-2	2,05	2,05		B-2	10,426	38,054
	B-3	0	0		B-3	0	0
	B-4	2,223	2,223		B-4	10,177	33,597
	B-5	2,46	2,46		B-5	8,869	31,662
	B-6	3,672	3,672		B-6	14,201	49,373
7	B-1	2,564	3,95	3	B-1	7,591	25,846
	B-2	4,462	6,512		B-2	12,936	45,99
	B-3	0	0		B-3	0	0
	B-4	4,591	6,814		B-4	13,438	47,035
	B-5	4,76	7,22		B-5	14,741	46,403
	B-6	7,195	10,867		B-6	21,83	71,203
6	B-1	3,960	7,91	2	B-1	7,317	33,163
	B-2	6,774	13,286		B-2	13,726	59,716
	B-3	0	0		B-3	0	0
	B-4	7	13,814		B-4	13,837	60,872
	B-5	7,276	14,496		B-5	14,37	60,773
	B-6	11,01	21,877		B-6	21,576	92,779
5	B-1	5,261	13,171	1	B-1	8,169	41,332
	B-2	9,342	22,628		B-2	14,726	74,442
	B-3	0	0		B-3	0	0
	B-4	9,606	23,42		B-4	14,883	75,755
	B-5	8,298	22,794		B-5	15,805	76,578
	B-6	13,295	35,172		B-6	23,817	116,596

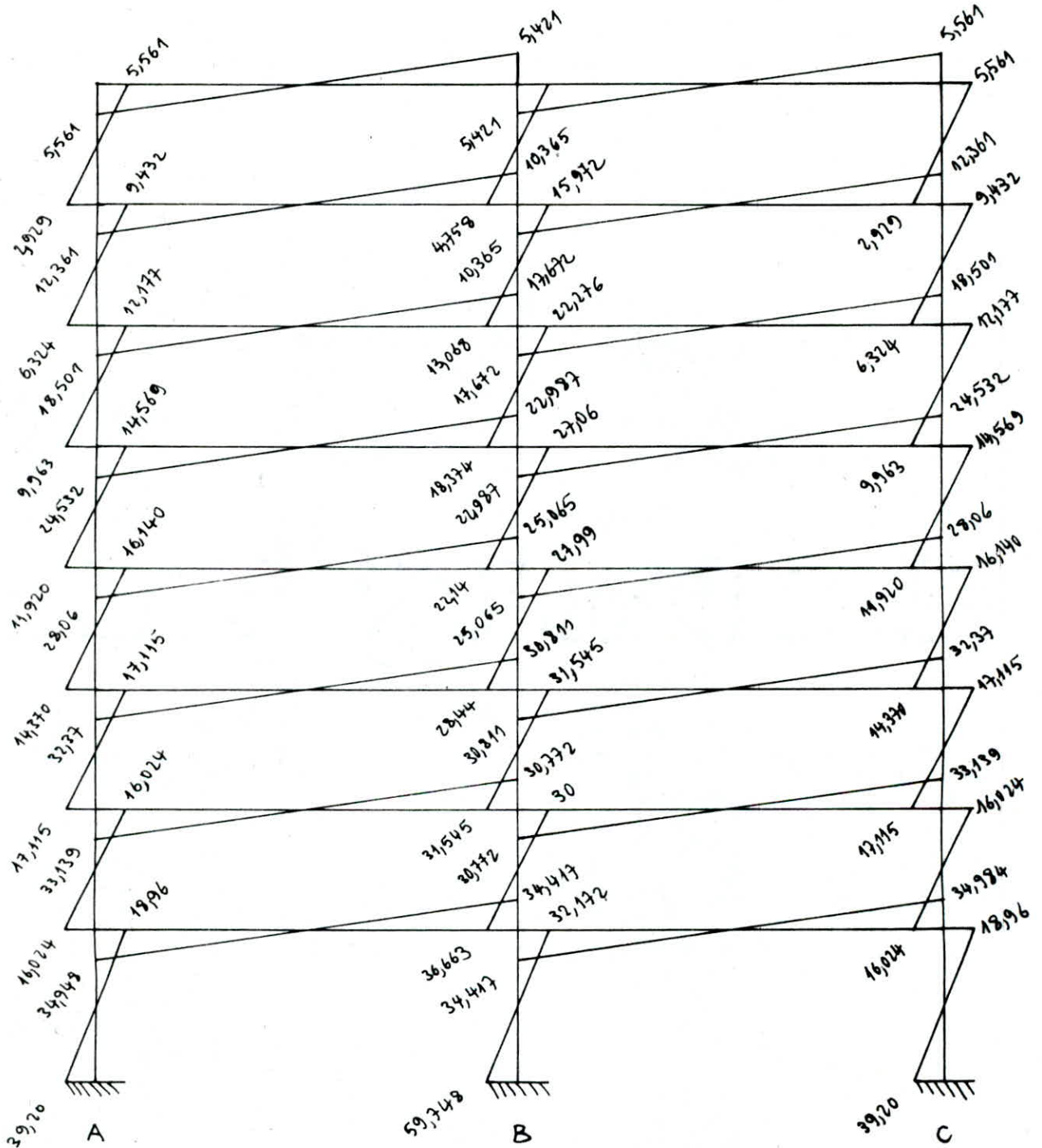
Moments fléchissants dans les poutres et poteaux : portique longitudinal B-B

portique longitudinal B-B



# Moments dans les poutres et poteaux

portique transversal 7-2





# CHAPITRE 5

## CHARGES

## VERTICALES

# Charges Verticales

Méthode de calcul: On utilisera la méthode de M<sup>r</sup> Caquot. Pour la détermination des efforts dans les portiques sous les charges verticales, on se réfère à l'exposé de la méthode décrit en annexe A du C.C.B.A.-68. L'emploi de cette méthode est pleinement justifié du fait que dans le cas de notre projet on est en présence d'une structure à éléments de planchers constitués de nervures et de poutres solidaires des poteaux qui les supportent. Elle suppose en outre, que les moments d'inertie des poteaux sont constants. Elle ne tient pas compte des déplacements horizontaux relatifs des planchers.

## termes utilisés dans cette méthode

On définit les termes suivants

$l_e, l_w$ : respectivement travées libres à droite et à gauche du nœud considéré.

$l'_e, l'_w$ : respectivement les travées fictives à droite et à gauche égales à  $0,8l_e$  et  $0,8l_w$

$h_n, h_s$ : ce sont respectivement les hauteurs des poteaux supérieur et inférieur

$$M'_w = q_w \frac{l'_w{}^2}{8,5} ; M'_e = q_e \frac{l'_e{}^2}{8,5}$$

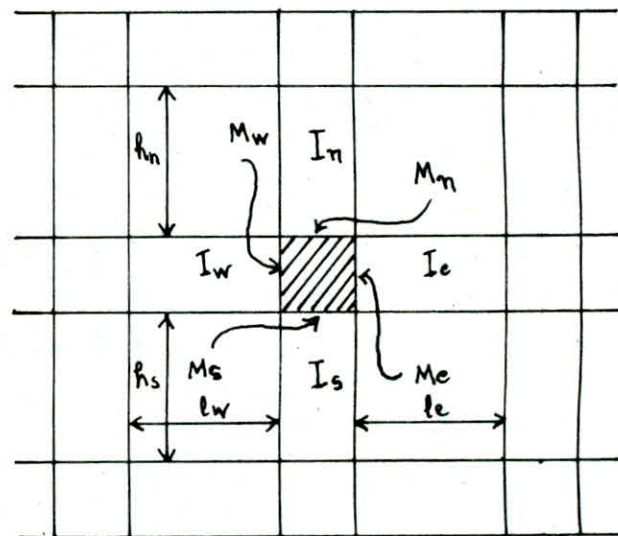
$$k_w = \frac{I_w}{l'_w} ; k_e = \frac{I_e}{l'_e} ; k_n = \frac{I_n}{h_n} ; k_s = \frac{I_s}{h_s} ; D = k_e + k_w + k_n + k_s$$

finalment les moments dans les sections dangereuses (nus d'appuis) sont

$$\text{donnés par: } M_w = M'_e \cdot \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right) ; M_e = M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{k_e}{D}$$

$$M_s = \frac{k_s}{D} \cdot (M'_e - M'_w) ; M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

où:  $M_w, M_e, M_s$  et  $M_n$  sont respectivement les moments au nu d'appuis de la travée gauche et droite, et au nu supérieur et inférieur des poteaux.



Les étapes à suivre sont les suivantes :

1. Calculer les caractéristiques géométriques de chaque portique
2. Déterminer les charges revenant à chaque portique
3. Calculer les moments aux noeuds sous G (charges permanentes)
4. Calculer les moments aux noeuds sous P (surcharges d'exploitation)
5. Calculer les efforts tranchants dans les poutres sous G et P.
6. Calculer les efforts normaux dans les poteaux sous G et P.

### A) Portique longitudinal B-B :

$$h_s = 3 - 0,45 = 2,55 \text{ m} \quad (\text{hauteur libre au dessous du noeud considéré})$$

$$h_n = 2,55 \text{ m} \quad (\text{hauteur libre au dessus du noeud considéré})$$

$$\text{pour les noeuds des niveaux : } \begin{cases} h_s = 3 - 0,5 = 2,50 \text{ m} \\ h_n = 2,55 \text{ m} \end{cases} \quad (3) \quad \begin{cases} h_s = 2,50 \text{ m} \\ h_n = 2,50 \text{ m} \end{cases} \quad (2) \quad \begin{cases} h_s = 4 - 0,5 = 3,5 \text{ m} \\ h_n = 2,50 \text{ m} \end{cases} \quad (1)$$

### Détermination des charges revenant au portique B-B :

a) plancher terrasse : poutre :  $0,3 \times 0,45 \times 2,5 = 0,337 \text{ t/ml}$

plancher :  $0,663 \times 0,65 = 0,431 \text{ t/ml}$

$$P_1 = 0,1 \times (0,3 + 0,65) = 0,095 \text{ t/ml}$$

réaction d'escaliers :  $G = 1,40 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,56 \text{ t/ml}$

mur lourd :  $350 \times 2,55 = 892,5 \text{ kg/ml} = 0,892 \text{ t/ml}$

travée 2-3 :  $G = (0,337 + 0,431 \times 0,5 + 1,40 + 0,892) = 2,840 \text{ t/ml}$

$$P = (0,1 \times 0,65 \times 0,5) + 0,560 = 0,590 \text{ t/ml}$$

travée 4-3 :  $G = 0,337 + 0,431 + 0,892 = 1,66 \text{ t/ml}$

$$P = 0,095 \text{ t/ml}$$

Pour les autres travées :  $G = 0,337 + 0,431 = 0,768 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,095 \text{ t/ml}$

b) plancher étage : poutre :  $0,337 \text{ t/ml}$

(Niv. 7,6,5,4) plancher :  $0,564 \times 0,65 = 0,366 \text{ t/ml}$

réaction d'escaliers :  $G = 1,40 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,56 \text{ t/ml}$

mur lourd :  $0,892 \text{ t/ml}$

travée 2-3 :  $G = (0,337 + 0,366 \times 0,5 + 1,40 + 0,892) = 2,81 \text{ t/ml}$

$P = (0,175 \times 0,65 \times 0,5) + 0,56 = 0,617 \text{ t/ml}$

travée 3-4 :  $G = 0,337 + 0,366 + 0,892 = 1,60 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,166 \text{ t/ml}$

Pour les autres travées :  $G = 0,337 + 0,366 = 0,703 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,175 (0,3 + 0,65) = 0,166 \text{ t/ml}$

(NIV. 3,2,1) : poutre :  $0,35 \times 0,5 \times 2,5 = 0,437 \text{ t/ml}$

plancher :  $0,564 \times 0,65 = 0,370 \text{ t/ml}$  et  $P = 0,166 \text{ t/ml}$

réaction d'escaliers :  $G = 1,40 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,56 \text{ t/ml}$

mur lourd :  $0,892 \text{ t/ml}$

travée 2-3 :  $G = 0,437 + 0,5 \times 0,370 + 1,40 + 0,892 = 2,91 \text{ t/ml}$

$P = 0,56 + 0,175 \times 0,5 \times 0,65 = 0,617 \text{ t/ml}$

travée 3-4 :  $G = 0,437 + 0,370 + 0,892 = 1,70 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,166 \text{ t/ml}$

Pour les autres travées :  $G = 0,807 \text{ t/ml}$  ;  $P = 0,166 \text{ t/ml}$

$G = 0,768 \text{ t/ml}$     $G = 0,768 \text{ t/ml}$     $G = 1,66 \text{ t/ml}$     $G = 2,84 \text{ t/ml}$     $G = 0,768 \text{ t/ml}$

					8
$P = 0,095 \text{ t/ml}$	$P = 0,095 \text{ t/ml}$	$P = 0,095 \text{ t/ml}$	$P = 0,59 \text{ t/ml}$	$P = 0,095 \text{ t/ml}$	
$G = 0,703 \text{ t/ml}$	$G = 0,703 \text{ t/ml}$	$G = 1,60 \text{ t/ml}$	$G = 2,81 \text{ t/ml}$	$G = 0,703 \text{ t/ml}$	7
$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,617 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	6
"	"	"	"	"	5
"	"	"	"	"	4
"	"	"	"	"	3
$G = 0,807 \text{ t/ml}$	$G = 0,807 \text{ t/ml}$	$G = 1,70 \text{ t/ml}$	$G = 2,91 \text{ t/ml}$	$G = 0,807 \text{ t/ml}$	2
$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	$P = 0,617 \text{ t/ml}$	$P = 0,166 \text{ t/ml}$	1
"	"	"	"	"	
"	"	"	"	"	
3,60m	6m	3,60m	3,60m	6m	
6	5	4	3	2	1

## B) Portique transversal 2-2:

$$h_s = 3 - 0,6 = 2,40 \text{ m} \quad \text{et} \quad h_m = 2,40 \text{ m}$$

Pour les noeuds des niveaux 3,2,1:

$$(3) \begin{cases} h_s = 2,40 \text{ m} \\ h_m = 2,40 \text{ m} \end{cases}$$

$$(2) \begin{cases} h_s = 2,40 \text{ m} \\ h_m = 2,40 \text{ m} \end{cases}$$

$$(1) \begin{cases} h_s = 4 - 0,6 = 3,40 \text{ m} \\ h_m = 2,40 \text{ m} \end{cases}$$

### Détermination des charges revenant au portique 2-2:

a) plancher terrasse: travée A-B:

$$\text{poutre} : 0,3 \times 0,6 \times 2,5 = 0,45 \text{ t/ml}$$

$$\text{plancher} : 3,663 \times (3,6 \times 0,5 + 6 \times 0,5 - 0,3) = 2,983 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,1 \cdot (1,8 + 3 - 0,3) = 0,45 \text{ t/ml}$$

$$G = 0,45 + 2,983 = 3,433 \text{ t/ml} \quad \text{et} \quad p = 0,45 \text{ t/ml}$$

travée B-C:

$$\text{mur lourd} : 1400 \times 0,2 \times 2,40 = 0,672 \text{ t/ml}$$

$$G = 0,45 + 0,663 (3 - 0,15) + 0,672 = 3 \text{ t/ml}$$

b) planchers 7,6,5 et 4: travée A-B:

$$\text{poutre} : 0,45 \text{ t/ml}$$

$$\text{plancher} : 0,564 \times 4,5 = 2,538 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,175 \times 4,5 = 0,787 \text{ t/ml}$$

$$G = 0,45 + 2,538 \approx 3 \text{ t/ml} \quad ; \quad P = 0,787 \text{ t/ml}$$

travée B-C:

$$\text{poutre} : 0,45 \text{ t/ml}$$

$$\text{plancher} : 0,564 \times (3 - 0,15) = 1,607 \text{ t/ml}$$

$$\text{mur lourd} : 0,672 \text{ t/ml}$$

$$G = (0,45 + 1,607 + 0,672) = 2,73 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,175 \times (3 - 0,15) = 0,500 \text{ t/ml}$$

c) plancher 3,2 et 1: travée A-B:

$$\text{poutre} : 0,35 \times 0,60 \times 2,5 = 0,525 \text{ t/ml}$$

$$\text{plancher: } 0,564 \times (3,6 \times 0,5 + 3 - 0,35) = 2,510 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,175 \times 4,45 = 0,778 \text{ t/ml}$$

$$G = 0,525 + 2,51 = 3,035 \text{ t/ml} \quad \text{et} \quad P = 0,778 \text{ t/ml}$$

travée B-C :

$$\text{mur lourd : } 0,672 \text{ t/ml}$$

$$\text{plancher : } 0,564 \times (3 - 0,35 \times 0,5) = 1,593 \text{ t/ml}$$

$$\text{poutre : } 0,35 \times 0,6 \times 2,5 = 0,525 \text{ t/ml}$$

$$G = 0,672 + 1,593 + 0,525 = 2,79 \text{ t/ml}$$

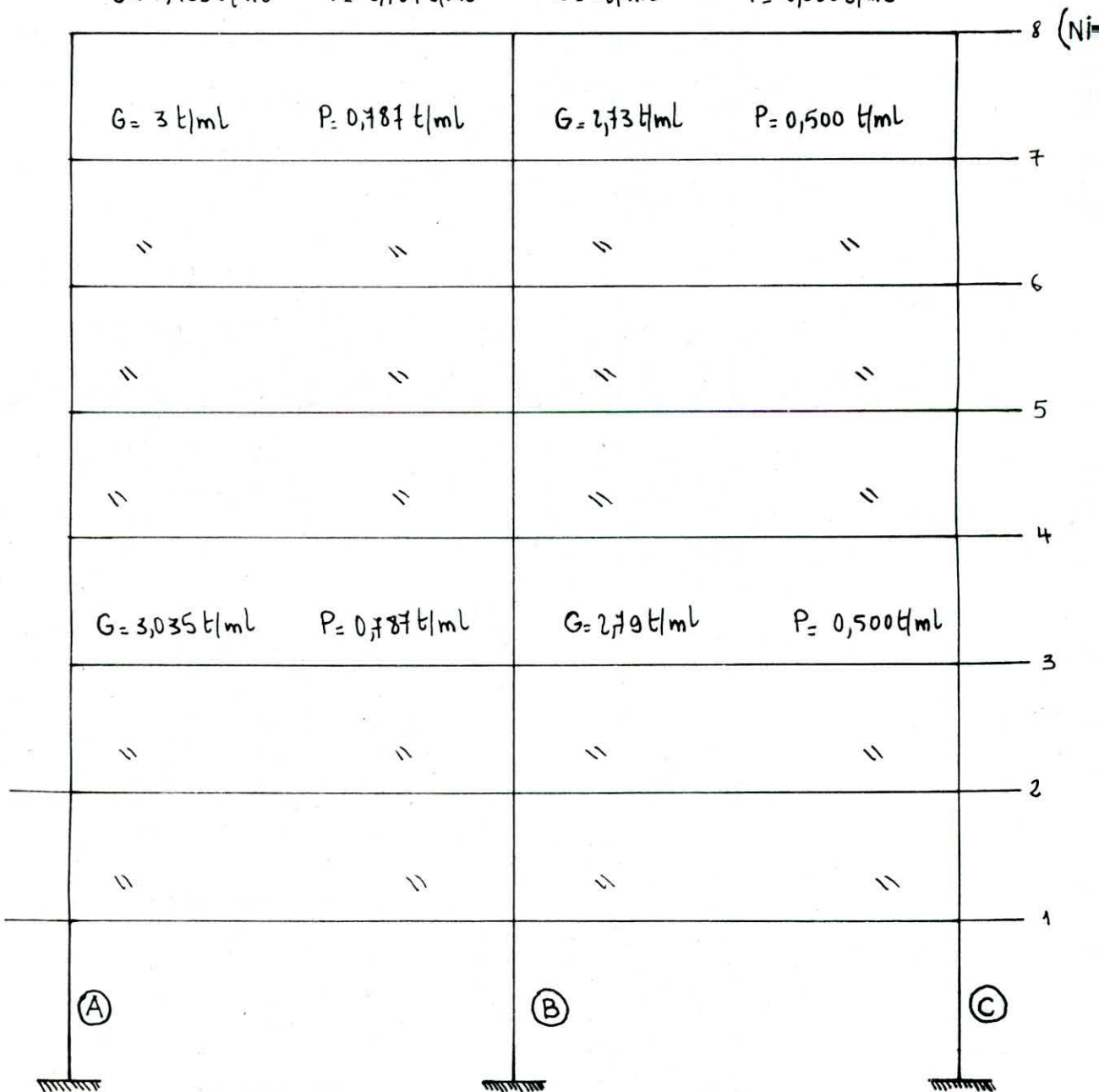
$$P = 0,175 \times (3 - 0,35 \times 0,5) = 0,494 \text{ t/ml} \approx 0,500 \text{ t/ml}$$

$$G = 3,433 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,787 \text{ t/ml}$$

$$G = 3 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,285 \text{ t/ml}$$



# Calcul des moments dans les consoles: (portique 2-2)

\* console côté balcon:

sous G: poids propre 0,15 t/ml

balcon:  $0,475 \times 0,44 = 0,209$  t/ml

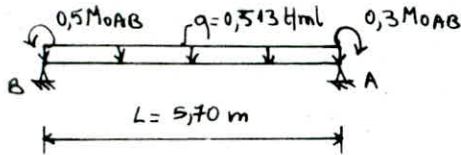
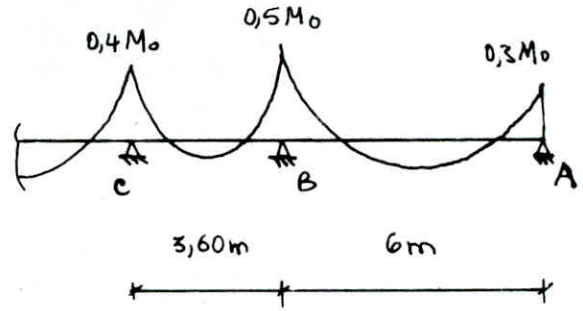
garde-corps: 0,154 t/ml

$G = q = 0,513$  t/ml

$$M_{0AB} = q \frac{l^2}{8} = 0,513 \cdot \frac{(5,7)^2}{8} = 2,083 \text{ t.m}$$

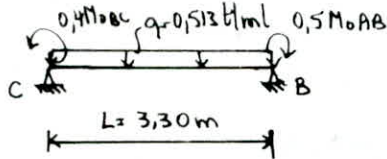
$$M_t \geq - \frac{(0,5+3)}{2} M_0 + (1,15) M_0 \Rightarrow M_{tAB} \geq 0,75 M_0 \Rightarrow M_{0AB} = \underline{0,75 M_0}$$

$$M_{0BC} = q \frac{l^2}{8} = 0,513 \cdot \frac{(3,3)^2}{8} = \underline{0,70 \text{ t.m}}$$



$$R_{B(1)} = \frac{qL}{2} + 0,2 M_{0AB} = (0,513) \frac{5,7}{2} + 0,2 \cdot (2,083) = \underline{1,876 \text{ t/ml}}$$

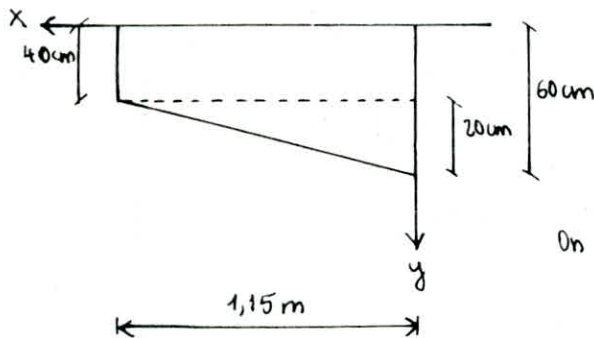
$$R_{B(2)} = q \frac{l}{2} + \frac{0,5 M_{0AB} - 0,4 M_{0BC}}{L}$$



$$R_{B(2)} = 0,513 \cdot \frac{3,30}{2} + \frac{0,5 \cdot 2,083 - 0,40 \cdot 0,70}{3,30} = \underline{1,077 \text{ t/ml}}$$

d'où  $R_B = R_{B1} + R_{B2} = \underline{2,955 \text{ t}}$

on ajoute le poids propre de la console:



$$M_1 = 0,4 \times 0,35 \times 1,15 \times 2,5 = 0,402 \text{ t}$$

$$M_2 = \frac{0,2 \times 1,15}{2} \times 0,35 \times 2,5 = 0,100 \text{ t}$$

on pose  $M_1 + M_2 = G_1 = 0,502 \text{ t}$

On détermine le centre de gravité

$$x_G = \frac{\sum M_i x_i}{\sum M_i} = \frac{M_1 x_{G1} + M_2 x_{G2}}{M_1 + M_2}$$

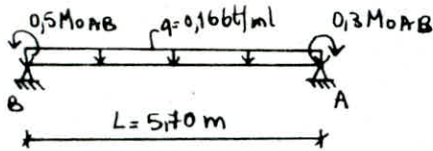
$$x_G = \frac{0,402 \times 1,15 \times 0,5 + 0,1 \times 1,15 \times \frac{1}{3}}{0,502} = \frac{0,269}{0,502} = \underline{0,536 \text{ m}}$$

d'où le moment  $M_{B1} = G_1 \cdot x_G = 0,502 \cdot 0,536 = \underline{0,269 \text{ t.m}}$

$$M_{wG} = R_B \cdot (1,15 - 0,1) + M_{B1} = 2,955 \cdot 1,05 + 0,269 \Rightarrow \underline{M_{wG} = 3,37 \text{ t.m}}$$

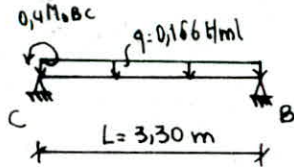
sous P: balcon :  $0,35 \cdot 0,475 = 0,166 \text{ t/ml}$

$$M_{0AB} = 0,166 \cdot \frac{(5,7)^2}{8} = 0,674 \text{ t.m} ; M_{0BC} = 0,166 \cdot \frac{(3,3)^2}{8} = 0,226 \text{ t.m}$$



$$R_{B1} = \frac{0,166}{2} \cdot 3,3 + 0,2 \cdot \frac{0,674}{5,7} = 0,496 \text{ t}$$

$$R_{B2} = \frac{0,166}{2} \cdot 3,3 + \frac{0,5 \cdot 0,674 - 0,4 \cdot 0,226}{3,30} = 0,348 \text{ t}$$



d'où :  $R_B = R_{B1} + R_{B2} = 0,496 + 0,348 = 0,844 \text{ t}$

surcharge sur la console :  $0,35 \times 0,350 = 0,122 \text{ t/ml}$

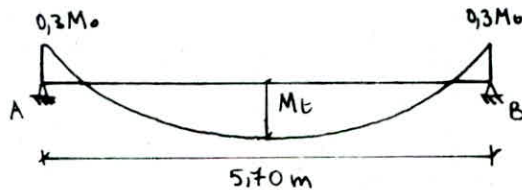
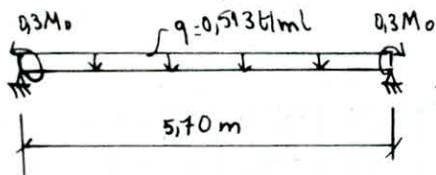
$$\left\{ \begin{array}{l} 0,35 \text{ m} \\ 0,350 \text{ t/m}^2 \end{array} \right.$$

d'où :  $M_1 = 0,122 \times \frac{1,15}{2} = 0,070 \text{ t/ml}$

$$M_{Wp} = M_1 + R_B \cdot 1,05 = 0,07 + 0,844 \cdot 1,05 \Rightarrow \underline{M_{Wp} = 0,956 \text{ t.m}}$$

\* console côté loggia :

sous G :



$$R_A = q \frac{L}{2} = 0,513 \cdot \frac{5,7}{2} = 1,46 \text{ t}$$

garde corps sur la console :  $M_1 = 0,154 \times \frac{1,15}{2} = 0,088 \text{ t.m}$

$M_2$  console = 0,269 t/ml  
(poids propre)

$$M = R_A \cdot 1,05 + M_1 + M_2 = 1,46 \cdot 1,05 + 0,088 + 0,269$$

$$\underline{M_{eG} = 1,89 \text{ t.m}}$$

sous P :

balcon :  $R_A = q \frac{L}{2} = 0,166 \cdot \frac{5,7}{2} = 0,473 \text{ t}$

surcharge sur la console :  $M_1 = 0,07 \text{ t.m}$

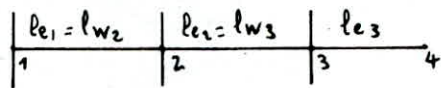
$$M_{ep} = R_A \cdot 1,05 + 0,07 = 0,473 \cdot 1,05 + 0,07$$

$$\underline{M_{ep} = 0,566 \text{ t.m}}$$



Niveaux 8,7,6,5,4 et 3 :

en faisant une rotation de  $\pi$



On applique l'article 11,32 du C.C.B.A.68

Noeud 3 :

(C)

$$M_{e3} = M_{e\text{console}}$$

$$M_{w3} = M'_{w3} \left(1 - \frac{K_{w3}}{D_3}\right) + M_{e3} \cdot \frac{K_{w3}}{D_3}$$

$$M_{s3} = (M'_{w3} - M_{e3}) \cdot \frac{K_{s3}}{D_3}$$

$$M_{m3} = (M'_{w3} - M_{e3}) \cdot \frac{K_{m3}}{D_3} \quad ; \quad D_3 = K_{w3} + K_{s3} + K_{m3}$$

Noeud 2 :

(B)

$$x_3 = 0,8 \quad \text{car} \quad K_{s1} + K_{m1} \geq 1,5 K_{e1} \Rightarrow l'_{w3} = 0,8 l_{w3}$$

$$x_2 = 0,8 \quad \text{" " " " " " } \Rightarrow l'_{e2} = 0,8 l_{e2}$$

ensuite, dans les formules donnés en A.11.12, on remplace  $M'_e$  par :

$$\text{même niveau 1,2: } M'_{e2} - \frac{1}{2,125} \cdot \frac{K_{w3}}{D_3} \cdot M_{e3} = M'_{e2} \text{ corrigé} = M'_{e2}(\text{cor})$$

d'où :

$$M_w = M'_{e(\text{cor})} \frac{K_{w2}}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right)$$

$$M_e = M'_{e(\text{cor})} \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{K_e}{D}$$

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_{e(\text{cor})} - M'_w)$$

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M'_{e(\text{cor})} - M'_w)$$

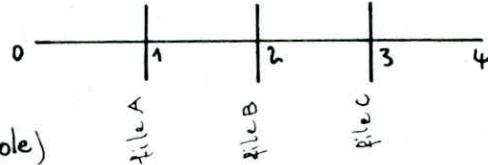
Noeud ①

(A)

$$M_w = 0$$

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

Niveaux 1, 2:



Noeud ①:  
(A)

$$M_{w1} = M_{w1}(\text{console})$$

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{K_{e1}}{D_1}\right) + M_{w1} \cdot \frac{K_{e1}}{D_1}$$

$$M_{s1} = (M'_{e1} - M_{w1}) \cdot \frac{K_{m1}}{D_1} \quad ; \quad M_{n1} = (M'_{e1} - M_{w1}) \cdot \frac{K_{n1}}{D_1}$$

Noeud ②:  
(B)

$$M'_{w2} \equiv M'_{w2} - \frac{1}{2,125} \cdot \frac{K_{e1}}{D_1} \cdot M_{w1} \equiv M'_{w\text{corrige}} = M'_{w(\text{cor})}$$

$M'_{w2\text{corrige}}$  dû à l'influence de la console gauche sur le noeud ②

$$M'_{w2} \equiv M'_{w2} - \frac{1}{2,125} \cdot \frac{K_{w3}}{D_3} \cdot M_{e3} \equiv M'_{e\text{corrige}} = M'_{e(\text{corr})}$$

$M'_{e2}$  dû à l'influence de la console droite sur le noeud ②

d'au:

$$M_w = M'_{e(\text{cor})} \cdot \frac{K_w}{D} + M'_{w\text{corr}} \cdot \left(1 - \frac{K_w}{D}\right)$$

$$M_e = M'_{e(\text{cor})} \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_{w(\text{cor})} \cdot \frac{K_e}{D}$$

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_{e(\text{cor})} - M'_{w(\text{cor})})$$

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M'_{e(\text{cor})} - M'_{w(\text{cor})})$$

niveau ③:  
(C)

$$M_{e3} = M_{e\text{console}}$$

$$M_{w3} = M'_{w3} \left(1 - \frac{K_{w3}}{D_3}\right) + M_{e3} \cdot \frac{K_{e3}}{D_3}$$

$$M_{s3} = (M'_{w3} - M_{e3}) \cdot \frac{K_{s3}}{D_3}$$

$$M_{n3} = (M'_{w3} - M_{e3}) \cdot \frac{K_{n3}}{D_3}$$

$$D_3 = K_{w3} + K_{s3} + K_{n3}$$

Caractéristiques géométriques du portique longitudinal B-B

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> )	Im (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>	Ke 10 <sup>4</sup>	Kn 10 <sup>4</sup>	Ke 10 <sup>4</sup>	D 10 <sup>4</sup>
8	1	5,525	/	/	2,55	22,78	/	/	34,17	4,42	/	/	2,04	5,15	/	/	16,75	21,90
	2	3,10	5,525	/	"	"	22,78	/	52,08	2,48	4,42	/	"	9,18	5,15	/	25,53	39,86
	3	3,10	3,10	/	"	"	"	/	52,08	2,48	2,48	/	"	9,18	9,18	/	25,53	43,89
	4	5,50	3,10	/	"	"	"	/	52,08	4,40	2,48	/	"	5,17	9,18	/	25,53	39,88
	5	3,125	5,50	/	"	"	"	/	52,08	2,50	4,40	/	"	9,11	5,17	/	25,53	39,81
	6	/	3,125	/	"	"	"	/	34,17	/	2,50	/	"	/	9,11	/	16,75	25,86
7	1	5,525	/	2,55	2,55	22,78	22,78	34,17	34,17	4,42	/	2,29	2,04	5,15	/	14,92	16,75	36,82
	2	3,10	5,525	"	"	"	"	52,08	52,08	2,48	4,42	"	"	9,18	5,15	22,74	25,53	62,60
	3	3,10	3,10	"	"	"	"	52,08	52,08	2,48	2,48	"	"	9,18	9,18	22,74	25,53	66,63
	4	5,50	3,10	"	"	"	"	52,08	52,08	4,40	2,48	"	"	5,17	9,18	22,74	25,53	62,62
	5	3,125	5,50	"	"	"	"	52,08	52,08	2,50	4,40	"	"	9,11	5,17	22,74	25,53	62,55
	6	/	3,125	"	"	"	"	34,17	34,17	/	2,50	"	"	/	9,11	14,92	16,75	40,78
6	1	5,525	/	2,55	2,55	22,78	22,78	34,17	34,17	4,42	/	2,04	2,04	5,15	/	16,75	16,75	38,65
	2	3,10	5,525	"	"	"	"	52,08	52,08	2,48	4,42	"	"	9,18	5,15	25,53	25,53	65,39
	3	3,10	3,10	"	"	"	"	52,08	52,08	2,48	2,48	"	"	9,18	9,18	25,53	25,53	69,42
	4	5,50	3,10	"	"	"	"	52,08	52,08	4,40	2,48	"	"	5,17	9,18	25,53	25,53	65,41
	5	3,125	5,50	"	"	"	"	52,08	52,08	2,50	4,40	"	"	9,11	5,17	25,53	25,53	65,34
	6	/	3,125	"	"	"	"	34,17	34,17	/	2,50	"	"	/	9,11	16,75	16,75	42,61
5	1	5,475	/	2,55	2,55	22,78	22,78	34,17	52,08	4,38	/	2,04	2,04	5,20	/	16,75	25,53	47,48
	2	3,05	5,475	"	"	"	"	52,08	76,25	2,44	4,38	"	"	9,33	5,20	25,53	37,38	77,44
	3	3,05	3,05	"	"	"	"	52,08	76,25	2,44	2,44	"	"	9,33	9,33	25,53	37,38	81,57
	4	5,45	3,05	"	"	"	"	52,08	76,25	4,36	2,44	"	"	5,22	9,33	25,53	37,38	77,46
	5	3,075	5,45	"	"	"	"	52,08	76,25	2,46	4,36	"	"	9,26	5,22	25,53	37,38	77,39
	6	/	3,075	"	"	"	"	34,17	52,08	/	2,46	"	"	/	9,26	16,75	25,53	51,54

Caractéristiques géométriques du portique longitudinal B-B (suite)

NIV.	Noeud	Lw (m)	Le (m)	Hm (m)	Hs (m)	Iw (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Ie (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Im (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Ie (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	L'w (m)	L'e (m)	H'm (m)	H's (m)	Kw 10 <sup>4</sup>	Ke 10 <sup>4</sup>	Kn 10 <sup>4</sup>	Ks 10 <sup>4</sup>	D 10 <sup>4</sup>
4	1	5,475	/	2,55	2,55	22,78	22,78	52,08	52,08	4,38	/	2,04	2,04	5,20	/	25,53	25,53	56,26
	2	3,05	5,475	"	"	"	"	76,25	76,25	2,44	4,38	"	"	9,33	5,20	37,38	37,38	89,29
	3	3,05	3,05	"	"	"	"	76,25	76,25	2,44	2,44	"	"	9,33	9,33	37,38	37,38	93,42
	4	5,45	3,05	"	"	"	"	76,25	76,25	4,36	2,44	"	"	5,22	9,33	37,38	37,38	89,31
	5	3,075	5,45	"	"	"	"	76,25	76,25	2,46	4,36	"	"	9,26	5,22	37,38	37,38	89,24
	6	/	3,075	"	"	/	"	52,08	52,08	/	2,46	"	"	/	9,26	25,53	25,53	60,32
3	1	5,475	/	2,50	2,50	36,46	36,46	52,08	52,08	4,38	/	2	2	8,32	/	26,04	26,04	60,40
	2	3,05	5,475	"	"	"	"	76,25	76,25	2,44	4,38	"	"	14,94	8,32	38,12	38,12	99,50
	3	3,05	3,05	"	"	"	"	76,25	76,25	2,44	2,44	"	"	14,94	14,94	38,12	38,12	106,12
	4	5,45	3,05	"	"	"	"	76,25	76,25	4,36	2,44	"	"	8,36	14,94	38,12	38,12	99,54
	5	3,075	5,45	"	"	"	"	76,25	76,25	2,46	4,36	"	"	14,82	8,36	38,12	38,12	99,42
	6	/	3,075	"	"	/	"	52,08	52,08	/	2,46	"	"	/	14,82	26,04	26,04	66,90
2	1	5,425	/	2,50	2,50	36,46	36,46	52,08	76,25	4,34	/	2	2	8,40	/	26,04	38,04	72,48
	2	3	5,475	"	"	"	"	76,25	108	2,40	4,34	"	"	15,19	8,40	38,12	54	115,71
	3	3	3	"	"	"	"	76,25	108	2,40	2,40	"	"	15,19	15,19	38,12	54	122,50
	4	5,40	3	"	"	"	"	76,25	108	4,32	2,40	"	"	8,44	15,19	38,12	54	115,75
	5	3,025	5,40	"	"	"	"	76,25	108	2,42	4,32	"	"	15,06	8,44	38,12	54	115,62
	6	/	3,025	"	"	/	"	52,08	76,25	/	2,42	"	"	/	15,06	26,04	38,12	79,22
1	1	5,425	/	2,50	3,50	36,46	36,46	76,25	76,25	4,34	/	2	2,8	8,40	/	38,12	38,12	84,64
	2	3	5,425	"	"	"	"	108	108	2,40	4,34	"	"	15,19	8,40	54	54	131,59
	3	3	3	"	"	"	"	108	108	2,40	2,40	"	"	15,19	15,19	54	54	138,38
	4	5,40	3	"	"	"	"	108	108	4,32	2,40	"	"	8,44	15,19	54	54	131,63
	5	3,025	5,40	"	"	"	"	108	108	2,42	4,32	"	"	15,06	8,44	54	54	131,5
	6	/	3,025	"	"	/	"	76,25	76,25	/	2,42	"	"	/	15,06	38,12	38,12	91,3

Moments aux noeuds sous G portique longitudinal B-B

V. Noeud	qw (t.m)	qe (t/m)	Mw' (t.m)	Me' (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)	NIV.	Noeud	qw (t.m)	qe (t/m)	Mw' (t.m)	Me' (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)
8-1	0,768		1,765		1,350			1,350	4	4-1	0,703		1,586		1,439		0,719	0,719
8-2	2,84	0,768	2,055	1,765	1,988	1,802		-0,186		4-2	2,81	0,703	1,968	1,586	1,928	1,608	-0,160	-0,160
8-3	1,66	2,84	1,201	2,055	1,379	1,876		0,496		4-3	1,60	2,81	1,120	1,968	1,204	1,883	0,339	0,339
8-4	0,768	1,66	1,749	1,201	1,678	1,310		-0,351		4-4	0,703	1,60	1,572	1,120	1,545	1,167	-0,189	-0,189
8-5	0,768	0,768	0,564	1,749	0,835	1,595		0,760		4-5	0,703	0,703	0,500	1,572	0,611	1,509	0,449	0,449
8-6		0,768		0,564		0,365		0,365		4-6		0,703		0,500		0,423	0,211	0,211
7-1	0,703		1,615		1,389		0,654	0,734	3	3-1	0,807		1,821		1,570		0,785	0,785
7-2	2,81	0,703	2,033	1,615	1,971	1,649	-0,152	-0,170		3-2	2,91	0,807	2,038	1,821	2,00	1,839	-0,083	-0,083
7-3	1,60	2,81	1,157	2,033	1,277	1,912	0,299	0,335		3-3	1,70	2,91	1,190	2,038	1,309	1,918	0,304	0,304
7-4	0,703	1,60	1,601	1,157	1,564	1,222	-0,161	-0,181		3-4	0,807	1,70	1,804	1,190	1,752	1,282	-0,235	-0,235
7-5	0,703	0,703	0,517	1,601	0,675	1,511	0,394	0,442		3-5	0,807	0,807	0,574	1,804	0,757	1,700	0,471	0,471
7-6		0,703		0,517		0,401	0,189	0,212		3-6		0,807		0,574		0,447	0,223	0,223
6-1	0,703		1,615		1,400		0,700	0,700	2	2-1	0,807		1,788		1,580		0,642	0,938
6-2	2,81	0,703	2,033	1,615	1,974	1,648	-0,163	-0,163		2-2	2,91	0,807	1,972	1,788	1,948	1,801	-0,060	-0,086
6-3	1,60	2,81	1,157	2,033	1,273	1,917	0,322	0,322		2-3	1,70	2,91	1,152	1,972	1,253	1,870	0,255	0,361
6-4	0,703	1,60	1,601	1,157	1,567	1,219	-0,173	-0,173		2-4	0,807	1,70	1,772	1,152	1,726	1,233	-0,204	-0,289
6-5	0,703	0,703	0,517	1,601	0,668	1,515	0,423	0,423		2-5	0,807	0,807	0,556	1,772	0,714	1,683	0,401	0,568
6-6		0,703		0,517		0,406	0,203	0,203		2-6		0,807		0,556		0,450	0,182	0,267
5-1	0,703		1,586		1,412		0,559	0,853	1	1-1	0,807		1,788		1,610		0,805	0,805
5-2	2,81	0,703	1,968	1,586	1,972	1,611	0,132	-0,193		1-2	2,91	0,807	1,972	1,788	1,949	1,800	-0,075	-0,075
5-3	1,60	2,81	1,120	1,968	1,217	1,871	0,265	0,388		1-3	1,70	2,91	1,152	1,972	1,242	1,882	0,320	0,320
5-4	0,703	1,60	1,572	1,120	1,541	1,174	-0,149	-0,218		1-4	0,807	1,70	1,772	1,152	1,732	1,223	-0,254	-0,254
5-5	0,703	0,703	0,500	1,572	0,628	1,50	0,353	0,518		1-5	0,807	0,807	0,556	1,772	0,695	1,694	0,499	0,499
5-6		0,703		0,500		0,410	0,133	0,203		1-6		0,807		0,556		0,464	0,232	0,232

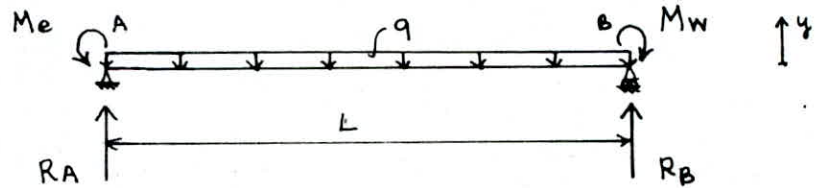
Moments aux noeuds sous P portique longitudinal B-B

V. Noeud	qw t/ml	qe t/ml	M'w (t.m)	M'e (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mm (t.m)	Ms (t.m)	NIV.	Noeud	qw t/ml	qe t/ml	M'w (t.m)	M'e (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mm (t.m)	Ms (t.m)
8-1	0,095		0,218		0,167			0,167	4	4-1	0,166		0,374		0,339		0,170	0,170
8-2	0,590	0,095	0,427	0,218	0,379	0,245		-0,134		4-2	0,617	0,166	0,432	0,374	0,426	0,377	-0,024	-0,024
8-3	0,095	0,590	0,069	0,427	0,144	0,352		0,208		4-3	0,166	0,617	0,116	0,432	0,147	0,400	0,126	0,126
8-4	0,095	0,095	0,216	0,069	0,197	0,103		-0,094		4-4	0,166	0,166	0,371	0,116	0,356	0,142	-0,107	-0,107
8-5	0,095	0,095	0,070	0,216	0,103	0,197		0,093		4-5	0,166	0,166	0,118	0,371	0,144	0,356	0,106	0,106
8-6		0,095		0,070		0,045		0,045		4-6		0,166		0,118		0,100	0,050	0,050
7-1	0,166		0,381		0,328		0,154	0,173	3	3-1	0,166		0,374		0,322		0,161	0,161
7-2	0,617	0,166	0,446	0,381	0,436	0,386	-0,023	-0,026		3-2	0,617	0,166	0,432	0,374	0,423	0,379	-0,022	-0,022
7-3	0,166	0,617	0,120	0,446	0,165	0,401	0,111	0,125		3-3	0,166	0,617	0,116	0,432	0,160	0,387	0,113	0,113
7-4	0,166	0,166	0,378	0,120	0,357	0,158	-0,094	-0,105		3-4	0,166	0,166	0,371	0,116	0,349	0,154	0,121	0,121
7-5	0,166	0,166	0,122	0,378	0,159	0,357	0,093	0,104		3-5	0,166	0,166	0,118	0,371	0,156	0,350	0,097	0,097
7-6		0,166		0,122		0,094	0,044	0,056		3-6		0,166		0,118		0,097	0,046	0,046
6-1	0,166		0,381		0,330		0,166	0,166	2	2-1	0,166		0,368		0,325		0,132	0,132
6-2	0,617	0,166	0,446	0,381	0,437	0,386	-0,025	-0,025		2-2	0,617	0,166	0,418	0,368	0,411	0,371	-0,0165	-0,023
6-3	0,166	0,617	0,120	0,446	0,163	0,403	0,120	0,120		2-3	0,166	0,617	0,112	0,418	0,150	0,380	0,095	0,135
6-4	0,166	0,166	0,378	0,120	0,357	0,156	-0,100	-0,100		2-4	0,166	0,166	0,364	0,112	0,345	0,145	-0,083	-0,117
6-5	0,166	0,166	0,122	0,378	0,142	0,358	0,100	0,100		2-5	0,166	0,166	0,114	0,364	0,146	0,346	0,082	0,117
6-6		0,166		0,122		0,096	0,048	0,048		2-6		0,166		0,114		0,097	0,037	0,055
5-1	0,166		0,374		0,333		0,117	0,179	1	1-1	0,166		0,368		0,331		0,166	0,166
5-2	0,617	0,166	0,432	0,374	0,425	0,380	-0,019	-0,028		1-2	0,617	0,166	0,418	0,368	0,412	0,371	-0,020	-0,020
5-3	0,166	0,617	0,116	0,432	0,152	0,396	0,10	0,145		1-3	0,166	0,617	0,112	0,418	0,145	0,384	0,119	0,119
5-4	0,166	0,166	0,371	0,116	0,354	0,147	-0,084	-0,123		1-4	0,166	0,166	0,364	0,112	0,340	0,141	-0,103	-0,103
5-5	0,166	0,166	0,118	0,371	0,148	0,354	0,083	0,122		1-5	0,166	0,166	0,114	0,364	0,142	0,348	0,102	0,102
5-6		0,166		0,118		0,097	0,038	0,058		1-6		0,166		0,114		0,095	0,047	0,047

## efforts tranchants dans les poutres:

Méthode de calcul: Conformément à l'annexe A13 du C.C.B.A. 68, les efforts tranchants sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de charge qui lui est appliquée "q" par mètre linéaire

En faisant :



$\Sigma$  Moments / point B = 0, on obtient :

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

d'où :

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

$\Sigma$  Forces / axey = 0, on aura :

$$R_A + R_B - qL = 0$$

d'où :

$$R_B = q \cdot L - R_A = q \cdot \frac{L}{2} - \frac{M_e - M_w}{L}$$

Or on a :  $T_e = R_A$  et  $T_w = -R_B$

d'où :

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

et

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

Les résultats obtenus sont exprimés dans les tableaux qui suivent :

# efforts tranchants dans les poutres sous P

## portique longitudinal B-B

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
8	1-2	5,52	0,095	0,167	0,245	-0,248	0,276
	2-3	3,10	0,59	0,379	0,352	-0,923	0,906
	3-4	3,10	0,095	0,144	0,103	-0,160	0,134
	4-5	5,50	0,095	0,197	0,197	-0,261	0,261
	5-6	3,12	0,095	0,103	0,045	-0,167	0,130
7	1-2	5,52	0,166	0,328	0,386	-0,447	0,468
	2-3	3,10	0,617	0,436	0,401	-0,967	0,945
	3-4	3,10	0,166	0,165	0,158	-0,259	0,255
	4-5	5,50	0,166	0,357	0,357	-0,456	0,456
	5-6	3,12	0,166	0,159	0,094	-0,280	0,238
6	1-2	5,52	0,166	0,330	0,386	-0,448	0,468
	2-3	3,10	0,617	0,437	0,403	-0,967	0,945
	3-4	3,10	0,166	0,163	0,156	-0,259	0,255
	4-5	5,50	0,166	0,357	0,358	-0,456	0,457
	5-6	3,12	0,166	0,142	0,096	-0,274	0,244
5	1-2	5,47	0,166	0,333	0,380	-0,445	0,462
	2-3	3,05	0,617	0,425	0,396	-0,950	0,931
	3-4	3,05	0,166	0,152	0,147	-0,255	0,251
	4-5	5,45	0,166	0,354	0,354	-0,452	0,452
	5-6	3,07	0,166	0,148	0,097	-0,271	0,238

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
4	1-2	5,47	0,166	0,339	0,377	-0,447	0,461
	2-3	3,05	0,617	0,426	0,400	-0,949	0,932
	3-4	3,05	0,166	0,147	0,142	-0,255	0,251
	4-5	5,45	0,166	0,356	0,356	-0,452	0,452
	5-6	3,07	0,166	0,144	0,100	-0,269	0,240
3	1-2	5,47	0,166	0,322	0,379	-0,443	0,464
	2-3	3,05	0,617	0,423	0,387	-0,953	0,929
	3-4	3,05	0,166	0,160	0,154	-0,255	0,251
	4-5	5,45	0,166	0,349	0,350	-0,452	0,452
	5-6	3,07	0,166	0,156	0,092	-0,275	0,234
2	1-2	5,42	0,166	0,325	0,371	-0,441	0,458
	2-3	3	0,617	0,411	0,380	-0,936	0,915
	3-4	3	0,166	0,150	0,145	-0,250	0,247
	4-5	5,40	0,166	0,345	0,346	-0,448	0,448
	5-6	3,02	0,166	0,146	0,092	-0,468	0,432
1	1-2	5,42	0,166	0,331	0,371	-0,442	0,457
	2-3	3	0,617	0,412	0,384	-0,935	0,916
	3-4	3	0,166	0,145	0,141	-0,250	0,247
	4-5	5,40	0,166	0,340	0,348	-0,447	0,449
	5-6	3,02	0,166	0,142	0,095	-0,266	0,235



# efforts tranchants dans les poutres sous G

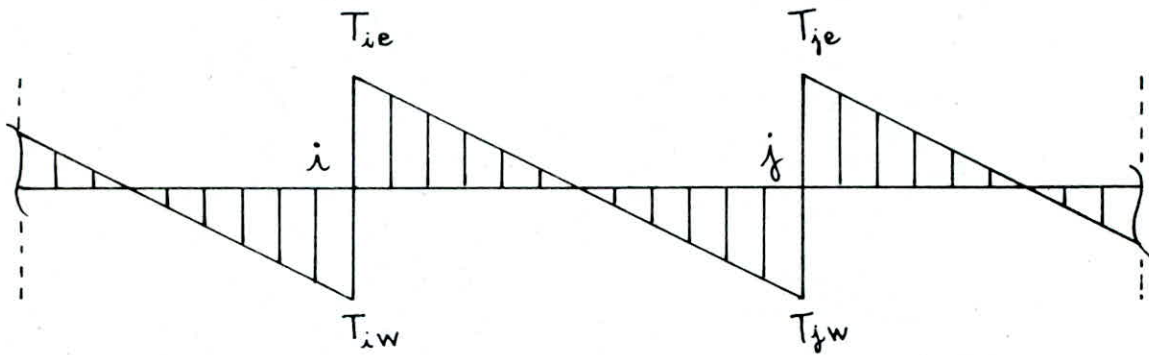
## portique longitudinal B-B

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
8	1-2	5,52	0,768	1,350	1,802	-2,037	2,201
	2-3	3,10	2,84	1,988	1,876	-4,438	4,366
	3-4	3,10	1,66	1,379	1,310	-2,595	2,550
	4-5	5,50	0,768	1,678	1,595	-2,127	2,097
	5-6	3,12	0,768	0,853	0,365	-1,349	1,047
7	1-2	5,52	0,703	1,389	1,649	-1,893	1,987
	2-3	3,10	2,81	1,971	1,912	-4,374	4,336
	3-4	3,10	1,60	1,277	1,222	-2,498	2,462
	4-5	5,50	0,703	1,564	1,511	-1,942	1,923
	5-6	3,12	0,703	0,675	0,401	-1,184	1,009
6	1-2	5,52	0,703	1,400	1,648	-1,045	1,134
	2-3	3,10	2,81	1,974	1,917	-4,374	4,337
	3-4	3,10	1,60	1,273	1,219	-2,50	2,462
	4-5	5,50	0,703	1,567	1,515	-1,943	1,923
	5-6	3,12	0,703	0,668	0,406	-1,18	1,012
5	1-2	5,47	0,703	1,412	1,611	-1,186	1,960
	2-3	3,05	2,81	1,922	1,871	-4,302	4,268
	3-4	3,05	1,60	1,277	1,174	-2,454	2,426
	4-5	5,45	0,703	1,541	1,50	-1,923	1,908
	5-6	3,07	0,703	0,628	0,410	-1,150	1,008

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
4	1-2	5,47	0,703	1,439	1,608	-1,892	1,953
	2-3	3,05	2,81	1,928	1,883	-4,30	4,270
	3-4	3,05	1,60	1,204	1,167	-2,452	2,428
	4-5	5,47	0,703	1,545	1,509	-1,922	1,909
	5-6	3,07	0,703	0,611	0,423	-1,140	1,018
3	1-2	5,47	0,807	1,570	1,839	-2,358	2,256
	2-3	3,05	2,91	2,00	1,918	-4,464	4,411
	3-4	3,05	1,70	1,309	1,282	-2,601	2,583
	4-5	5,45	0,807	1,752	1,70	-2,21	2,189
	5-6	3,07	0,807	0,757	0,447	-1,34	1,138
2	1-2	5,42	0,807	1,580	1,801	-2,317	2,308
	2-3	3	2,91	1,948	1,870	-4,391	4,339
	3-4	3	1,70	1,253	1,233	-2,557	2,543
	4-5	5,40	0,807	1,726	1,683	-2,187	2,171
	5-6	3,02	0,807	0,714	0,450	-1,306	1,131
1	1-2	5,42	0,807	1,610	1,800	-2,152	2,222
	2-3	3	2,91	1,949	1,882	-4,387	4,342
	3-4	3	1,70	1,242	1,223	-2,555	2,543
	4-5	5,40	0,807	1,732	1,694	-2,186	2,172
	5-6	3,02	0,807	0,695	0,464	-1,295	1,142

## Efforts normaux dans les poteaux:

Les efforts normaux dans les poteaux sont donnés par les réactions d'appuis.  
(effort tranchant des poutres)



Pour le cas de figure ci-dessus on aura pour les poteaux  $i$  et  $j$  :

effort normal pour le poteau  $i$  :

$$N_i = |T_{ie}| + |T_{iw}|$$

effort normal pour le poteau  $j$  :

$$N_j = |T_{je}| + |T_{jw}|$$

Remarque: les charges verticales provoquent des efforts de compression dans les poteaux

les résultats sont donnés sous forme de tableaux pour chaque portique.

Niv.	Poteaux	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
8	8-1	-2,037	/	2,037	2,037
	8-2	-4,438	2,201	6,639	6,639
	8-3	-2,595	4,366	6,961	6,961
	8-4	-2,127	2,550	4,677	4,677
	8-5	-1,349	2,097	3,446	3,446
	8-6	/	1,047	1,047	1,047
7	7-1	-1,893	/	1,893	3,930
	7-2	-4,374	1,987	6,361	13
	7-3	-2,498	4,336	6,834	13,795
	7-4	-1,942	2,462	4,404	9,081
	7-5	-1,184	1,923	3,107	6,553
	7-6	/	1,009	1,009	2,056
6	6-1	-1,045	/	1,045	4,975
	6-2	-4,374	1,134	5,508	18,508
	6-3	-2,50	4,337	6,837	20,632
	6-4	-1,943	2,462	4,405	13,486
	6-5	-1,18	1,923	3,103	9,656
	6-6	/	1,012	1,012	3,068
5	5-1	-1,886	/	1,886	6,861
	5-2	-4,302	1,960	6,262	24,77
	5-3	-2,454	4,268	6,722	27,354
	5-4	-1,923	2,426	4,349	17,835
	5-5	-1,150	1,908	3,058	12,714
	5-6	/	1,008	1,008	4,076

efforts normaux dans les poteaux sous G portique longitudinal B-B

Niv.	Poteaux	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
4	4-1	-1,892	/	1,892	8,753
	4-2	-4,30	1,953	6,253	31,023
	4-3	-2,452	4,270	6,722	34,076
	4-4	-1,922	2,428	4,350	22,185
	4-5	-1,140	1,909	3,049	15,763
	4-6	/	1,018	1,018	5,094
3	3-1	-2,158	/	2,158	10,911
	3-2	-4,464	2,256	6,720	37,743
	3-3	-2,601	4,411	7,012	41,088
	3-4	-2,210	2,583	4,793	26,978
	3-5	-1,340	2,189	3,529	19,292
	3-6	/	1,138	1,138	6,232
2	2-1	-2,317	/	2,317	13,228
	2-2	-4,391	2,398	6,789	44,532
	2-3	-2,557	4,339	6,896	47,948
	2-4	-2,187	2,543	4,730	31,708
	2-5	-1,306	2,171	3,477	22,769
	2-6	/	1,131	1,131	7,363
1	1-1	-2,152	/	2,152	15,380
	1-2	-4,387	2,222	6,609	51,141
	1-3	-2,555	4,342	6,897	54,891
	1-4	-2,186	2,543	4,729	36,437
	1-5	-1,295	2,172	3,467	26,236
	1-6	/	1,142	1,142	8,505

NIV.	poteau	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
8	8-1	-0,248	/	0,248	0,248
	8-2	-0,923	0,276	1,199	1,199
	8-3	-0,160	0,906	1,066	1,066
	8-4	-0,261	0,134	0,395	0,395
	8-5	-0,167	0,261	0,428	0,428
	8-6	/	0,130	0,130	0,130
7	7-1	-0,447	/	0,447	0,695
	7-2	-0,967	0,468	1,435	2,634
	7-3	-0,259	0,945	1,204	2,27
	7-4	-0,456	0,255	0,711	1,106
	7-5	-0,280	0,456	0,736	1,164
	7-6	/	0,238	0,238	0,368
6	6-1	-0,448	/	0,448	1,143
	6-2	-0,967	0,468	1,435	4,069
	6-3	-0,259	0,945	1,204	3,474
	6-4	-0,456	0,255	0,711	1,817
	6-5	-0,274	0,457	0,731	1,895
	6-6	/	0,244	0,244	0,612
5	5-1	-0,445	/	0,445	1,588
	5-2	-0,950	0,462	1,412	5,481
	5-3	-0,255	0,931	1,186	4,66
	5-4	-0,452	0,251	0,703	2,52
	5-5	-0,271	0,452	0,723	2,618
	5-6	/	0,238	0,238	0,85

efforts normaux dans les poteaux sous P portique longitudinal B-B

NIV.	poteau	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
4	4-1	-0,447	/	0,447	2,035
	4-2	-0,949	0,461	1,41	6,891
	4-3	-0,255	0,932	1,187	5,847
	4-4	-0,452	0,251	0,703	3,223
	4-5	-0,269	0,452	0,721	3,339
	4-6	/	0,240	0,240	1,09
3	3-1	-0,443	/	0,443	2,478
	3-2	-0,953	0,464	1,417	8,308
	3-3	-0,255	0,929	1,184	7,031
	3-4	-0,452	0,251	0,703	3,926
	3-5	-0,275	0,452	0,727	4,066
	3-6	/	0,234	0,234	1,324
2	2-1	-0,441	/	0,441	2,919
	2-2	-0,936	0,458	1,394	9,702
	2-3	-0,250	0,915	1,165	8,196
	2-4	-0,448	0,247	0,695	4,621
	2-5	-0,468	0,448	0,916	4,982
	2-6	/	0,432	0,432	1,756
1	1-1	-0,442	/	0,442	3,361
	1-2	-0,935	0,457	1,392	11,094
	1-3	-0,250	0,916	1,166	9,362
	1-4	-0,447	0,247	0,694	5,315
	1-5	-0,266	0,449	0,715	5,697
	1-6	/	0,235	0,235	1,991

Caractéristiques géométriques du portique transversal 2-2

NIV.	Noeud	Lw (m)	Le (m)	Hm (m)	Hs (m)	Iw (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Ie (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Im (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	Is (10 <sup>4</sup> m <sup>4</sup> )	L'w (m)	L'e (m)	H'm (m)	H's (m)	Kw 10 <sup>4</sup>	Ke 10 <sup>4</sup>	Kn 10 <sup>4</sup>	Ks 10 <sup>4</sup>	D 10 <sup>4</sup>
8	A	/	5,525	/	2,40	/	54	/	34,17	/	4,42	/	1,92	/	12,22	/	17,79	30,01
	B	5,525	5,525	/	"	54	54	/	52,08	4,42	4,42	/	"	12,22	12,22	/	27,12	39,34
	C	5,525	/	/	"	54	/	/	34,17	4,42	/	/	"	12,22	/	/	17,79	30,01
7	A	/	5,525	2,40	2,40	/	54	34,17	34,17	/	4,42	2,16	1,92	/	12,22	15,82	17,79	45,83
	B	5,525	5,525	"	"	54	54	52,08	52,08	4,42	4,42	"	"	12,22	12,22	24,11	27,12	63,45
	C	5,525	/	/	"	54	/	34,17	34,17	4,42	/	/	"	12,22	/	15,82	17,79	45,83
6	A	/	5,525	2,40	2,40	/	54	34,17	34,17	/	4,42	1,92	1,92	/	12,22	17,79	17,79	47,8
	B	5,525	5,525	"	"	54	54	52,08	52,08	4,42	4,42	"	"	12,22	12,22	27,12	27,12	78,68
	C	5,525	/	/	"	54	/	34,17	34,17	4,42	/	/	"	12,22	/	17,79	17,79	47,8
5	A	/	5,475	2,40	2,40	/	54	34,17	52,08	/	4,38	1,92	1,92	/	12,34	17,79	27,12	57,25
	B	5,475	5,475	"	"	54	54	52,08	76,25	4,38	4,38	"	"	12,34	12,34	27,12	39,71	91,51
	C	5,475	/	/	"	54	/	34,17	52,08	4,38	/	/	"	12,34	/	17,79	27,12	57,25
4	A	/	5,475	2,40	2,40	/	54	52,08	52,08	/	4,38	1,92	1,92	/	12,34	27,12	27,12	66,58
	B	5,475	5,475	"	"	54	54	76,25	76,25	4,38	4,38	"	"	12,34	12,34	39,71	39,71	104,1
	C	5,475	/	/	"	54	/	52,08	52,08	4,38	/	/	"	12,34	/	27,12	27,12	66,58
3	A	/	5,475	2,40	2,40	/	63	52,08	52,08	/	4,38	1,92	1,92	/	14,38	27,12	27,12	68,62
	B	5,475	5,475	"	"	63	63	76,25	76,25	4,38	4,38	"	"	14,38	14,38	39,71	39,71	108,18
	C	5,475	/	/	"	63	/	52,08	52,08	4,38	/	/	"	14,38	/	27,12	27,12	68,62
2	A	/	5,425	2,40	2,40	/	63	52,08	76,25	/	4,34	1,92	1,92	/	14,51	27,12	27,12	68,62
	B	5,425	5,425	"	"	63	63	76,25	108	4,34	4,34	"	"	14,51	14,51	39,71	39,71	108,44
	C	5,425	/	/	"	63	/	52,08	76,25	4,34	/	/	"	14,51	/	27,12	27,12	68,75
1	A	/	5,425	2,40	3,40	/	63	76,25	76,25	/	4,34	1,92	2,72	/	14,51	39,71	28,03	82,25
	B	5,425	5,425	"	"	63	63	108	108	4,34	4,34	"	"	14,51	14,51	56,25	39,70	124,97
	C	5,425	/	/	"	63	/	76,25	76,25	4,34	/	/	"	14,51	/	39,71	28,03	82,25

Moments aux noeuds sous G portique transversal 2-2

Niv.	Noeud	$q_w$ (t/ml)	$q_e$ (t/ml)	$M_w'$ (t.m)	$M_e'$ (t.m)	$M_w^{corr.}$ (t.m)	$M_e^{corr.}$ (t.m)	$M_w$ (t.m)	$M_e$ (t.m)	$M_m$ (t.m)	$M_s$ (t.m)
8	A-8	/	3,433	/	12,306	/	/	/	7,295	/	7,295
	B-8	3,433	3	12,306	10,754	/	10,477	11,737	11,045	/	-1,260
	C-8	3	/	10,754	/	/	/	7,144	1,89	/	5,254
7	A-7	/	3	/	10,754	/	/	/	7,886	3,712	4,174
	B-7	3	2,73	10,754	9,786	/	9,614	10,534	9,833	-0,433	-0,487
	C-7	2,73	/	9,786	/	/	/	7,680	1,89	2,725	3,065
6	A-6	/	3	/	10,754	/	/	/	8	4	4
	B-6	3	2,73	10,754	9,786	/	9,647	10,582	9,818	-0,381	0,381
	C-6	2,73	/	9,786	/	/	/	7,767	1,89	2,873	2,873
5	A-5	/	3	/	10,560	/	/	/	8,283	3,281	5
	B-5	3	2,73	10,560	9,610	/	9,49	10,415	9,634	-0,317	-0,464
	C-5	2,73	/	9,610	/	/	/	7,945	1,89	2,40	3,657
4	A-4	/	3	/	10,560	/	/	/	8,602	4,301	4,301
	B-4	3	2,73	10,560	9,610	/	9,504	10,434	9,629	-0,403	-0,403
	C-4	2,73	/	9,610	/	/	/	8,179	1,89	3,144	3,144
3	A-3	/	3,035	/	10,683	/	/	/	8,444	4,222	4,222
	B-3	3,035	2,79	10,683	9,821	/	9,702	10,552	9,832	-0,360	-0,360
	C-3	2,79	/	9,821	/	/	/	8,159	1,89	3,134	3,134
2	A-2	/	3,035	/	10,50	/	/	/	3,37	9	2,225
	B-2	3,035	2,79	10,50	9,642	10,287	9,522	10,184	9,624	-0,280	-0,280
	C-2	2,79	/	9,642	/	/	/	8	1,89	3,058	3,058
1	A-1	/	3,035	/	10,50	/	/	/	3,37	9,242	2,835
	B-1	3,035	2,79	10,50	9,642	10,315	9,538	10,224	9,628	-0,349	-0,246
	C-1	2,79	/	9,642	/	/	/	8,274	1,89	3,742	2,641

Moments aux noeuds sous P portique transversal 2-2

NIV.	Noeud	q <sub>w</sub> (t/ml)	q <sub>e</sub> (t/ml)	M <sub>w</sub> ' (t.m)	M <sub>e</sub> ' (t.m)	M <sub>w</sub> ' <sub>corr.</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> ' <sub>corr.</sub> (t.m)	M <sub>w</sub> (t.m)	M <sub>e</sub> (t.m)	M <sub>m</sub> (t.m)	M <sub>s</sub> (t.m)
8	A-8	/	0,45	/	1,613	/	/	/	0,956	/	0,956
	B-8	0,45	0,285	1,613	1,021	/	0,938	1,403	1,147	/	-0,465
	C-8	0,285	/	1,021	/	/	/	0,835	0,566	/	0,269
7	A-7	/	0,787	/	2,821	/	/	/	2,070	0,973	1,095
	B-7	0,787	0,500	2,821	1,792	/	1,740	2,612	1,948	-0,410	-0,462
	C-7	0,500	/	1,792	/	/	/	1,465	0,566	0,423	0,476
6	A-6	/	0,787	/	2,821	/	/	/	2,10	1,05	1,05
	B-6	0,787	0,500	2,821	1,792	/	1,750	2,654	1,916	-0,369	-0,369
	C-6	0,500	/	1,792	/	/	/	1,478	0,566	0,456	0,456
5	A-5	/	0,787	/	2,770	/	/	/	2,173	0,860	1,312
	B-5	0,787	0,500	2,770	1,760	/	1,724	2,629	1,868	-0,309	-0,452
	C-5	0,500	/	1,760	/	/	/	1,502	0,566	0,371	0,565
4	A-4	/	0,787	/	2,770	/	/	/	2,256	1,128	1,128
	B-4	0,787	0,500	2,770	1,760	/	1,728	2,646	1,851	-0,397	-0,397
	C-4	0,500	/	1,760	/	/	/	1,538	0,566	0,486	0,486
3	A-3	/	0,787	/	2,770	/	/	/	2,189	1,094	1,094
	B-3	0,787	0,500	2,770	1,760	/	1,724	2,630	1,863	-0,384	-0,384
	C-3	0,500	/	1,760	/	/	/	1,51	0,566	0,472	0,472
2	A-2	/	0,787	/	2,720	/	/	/	0,956	2,15	1,075
	B-2	0,787	0,500	2,720	1,728	2,66	1,692	2,530	1,821	-0,354	-0,354
	C-2	0,500	/	1,728	/	/	/	1,70	0,566	0,458	0,458
1	A-1	/	0,787	/	2,720	/	/	/	0,956	2,240	1,313
	B-1	0,787	0,500	2,720	1,728	2,667	1,697	2,554	1,809	-0,436	-0,308
	C-1	0,500	/	1,728	/	/	/	1,523	0,566	0,561	0,386

efforts tranchants dans les poutres portique; transversal 2-2

sous G

sous P

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
8	A-B	5,52	3,433	11,737	7,295	-10,279	8,670
	B-C	"	3	7,144	11,045	-7,573	8,986
7	A-B	5,52	3	10,534	7,886	-8,759	7,800
	B-C	"	2,73	7,680	9,833	-7,144	7,925
6	A-B	5,52	3	10,582	8	-8,747	7,812
	B-C	"	2,73	7,764	9,818	-7,163	7,906
5	A-B	5,47	3	10,415	8,283	-8,594	7,815
	B-C	"	2,73	7,945	9,634	-7,157	7,775
4	A-B	5,47	3	10,434	8,602	-8,540	7,870
	B-C	"	2,73	8,179	9,629	-7,201	7,731
3	A-B	5,47	3,035	10,552	8,444	-8,686	7,915
	B-C	"	2,79	8,159	9,832	-7,324	7,936
2	A-B	5,42	3,035	10,184	9	-8,443	8,00
	B-C	"	2,79	8	9,624	-7,261	7,860
1	A-B	5,42	3,035	10,224	9,242	-8,406	8,043
	B-C	"	2,079	8,274	9,628	-7,311	7,810

NIV.	travée	L (m)	q (t/ml)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
8	A-B	5,52	0,45	1,403	0,956	-1,323	1,161
	B-C	"	0,285	0,835	1,147	-0,730	0,843
7	A-B	5,52	0,787	2,612	2,070	-2,270	2,074
	B-C	"	0,500	1,465	1,948	-1,292	1,467
6	A-B	5,52	0,787	2,654	2,10	-2,272	2,071
	B-C	"	0,500	1,478	1,916	-1,300	1,459
5	A-B	5,47	0,787	2,629	2,173	-2,235	2,069
	B-C	"	0,500	1,502	1,968	-1,30	1,434
4	A-B	5,47	0,787	2,646	2,256	-2,223	2,081
	B-C	"	0,500	1,538	1,851	-1,310	1,424
3	A-B	5,47	0,787	2,630	2,189	-2,233	2,071
	B-C	"	0,500	1,510	1,863	-1,303	1,432
2	A-B	5,42	0,787	2,530	2,15	-2,202	2,062
	B-C	"	0,500	1,70	1,821	-1,332	1,377
1	A-B	5,42	0,787	2,554	2,240	-2,190	2,074
	B-C	"	0,500	1,523	1,809	-1,302	1,407



sous G

NIV.	poteau	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
8	8-A	/	8,670	8,670	8,670
	8-B	-10,270	8,986	19,265	19,265
	8-C	-7,573	1,637	9,21	9,21
7	7-A	/	7,800	7,800	16,47
	7-B	-8,759	7,925	16,684	35,949
	7-C	-7,144	1,637	8,781	17,991
6	6-A	/	7,812	7,812	24,282
	6-B	-8,747	7,906	16,653	52,602
	6-C	-7,163	1,637	8,80	26,791
5	5-A	/	7,815	7,815	32,097
	5-B	-8,594	7,775	16,369	68,971
	5-C	-7,157	1,637	8,794	35,585
4	4-A	/	7,870	7,870	39,967
	4-B	-8,540	7,731	16,271	85,242
	4-C	-7,201	1,637	8,838	44,423
3	3-A	/	7,915	7,915	47,882
	3-B	-8,686	7,936	16,622	101,864
	3-C	-7,324	1,637	8,961	53,384
2	2-A	3,457	8,00	11,457	59,339
	2-B	-8,443	7,860	16,303	118,167
	2-C	-7,261	1,637	8,898	62,282
1	1-A	3,457	8,043	11,50	70,839
	1-B	-8,406	7,810	16,216	134,383
	1-C	-7,311	1,637	8,948	71,23

sous P

NIV.	poteau	T <sub>w</sub> (t)	T <sub>e</sub> (t)	N (t)	N <sub>cum.</sub> (t)
8	8-A	/	1,161	1,161	1,161
	8-B	-1,323	0,843	2,166	2,166
	8-C	-0,730	0,613	1,343	1,343
7	7-A	/	2,074	2,074	3,235
	7-B	-2,270	1,467	3,737	5,903
	7-C	-1,292	0,613	1,905	3,248
6	6-A	/	2,071	2,071	5,306
	6-B	-2,272	1,459	3,731	9,634
	6-C	-1,300	0,613	1,913	5,161
5	5-A	/	2,069	2,069	7,375
	5-B	-2,235	1,434	3,669	13,303
	5-C	-1,300	0,613	1,913	7,074
4	4-A	/	2,081	2,081	9,456
	4-B	-2,223	1,424	3,647	16,95
	4-C	-1,310	0,613	1,923	8,997
3	3-A	/	2,071	2,071	11,527
	3-B	-2,223	1,432	3,665	20,615
	3-C	-2,202	0,613	2,815	11,812
2	2-A	0,984	2,062	3,046	14,573
	2-B	-2,202	1,377	3,579	24,194
	2-C	-1,332	0,613	1,945	13,757
1	1-A	0,984	2,074	3,058	17,631
	1-B	-2,190	1,407	3,597	27,791
	1-C	-1,302	0,613	1,915	15,672

efforts normaux dans les poteaux portique transversal 2.2

## Superposition des sollicitations

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour les combinaisons des charges verticales et des charges sismiques données ci-dessous, sur la base du règlement parasismique en vigueur (RPA.81) :

$$\text{poutres : } G+P + \overleftrightarrow{SI} \quad ; \quad 0,8G + \overleftrightarrow{SI}$$

$$\text{poteaux : } G+P \pm 1,2 \overleftrightarrow{SI} \quad ; \quad 0,8G \pm \overleftrightarrow{SI}$$

où  $G$  : sollicitation due à la charge permanente

$P$  : sollicitation due à la surcharge d'exploitation.

$SI$  : sollicitation due au séisme.

A) Poutres : moments en travée :

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

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

$$\text{sous } (0,8G + \overleftrightarrow{SI}) : M_t = 0,8 \left[ M_0(G) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \right] + M_t(\overleftrightarrow{SI})$$

moments aux appuis : "  $M_{app} = M_e$  ou  $M_w$  "

$$\text{sous } (G+1,2P) : M_{app} = M_{app}(G) + 1,2 M_{app}(P)$$

$$\text{sous } (0,8G + \overleftrightarrow{SI}) : M_{app} = 0,8 M_{app}(G) + M_{app}(\overleftrightarrow{SI})$$

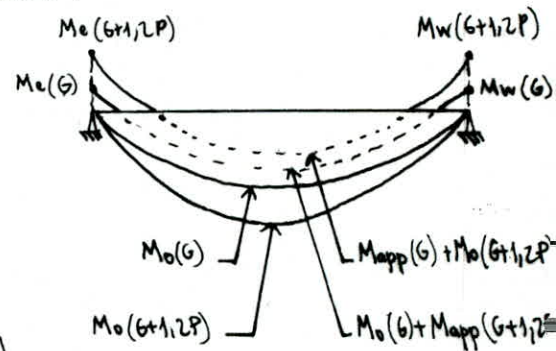
$$\text{sous } (G+P + \overleftrightarrow{SI}) : M_{app} = M_{app}(G) + M_{app}(P) + M_{app}(\overleftrightarrow{SI})$$

effort tranchant : "  $T = T_e$  ou  $T_w$  "

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

$$\text{sous } (G+P + \overleftrightarrow{SI}) : T = T(G) + T(P) + T(\overleftrightarrow{SI})$$

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



CHAPITRE 6

SUPERPOSITION DES

SOLLICITATIONS

## Superposition des sollicitations

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour les combinaisons des charges verticales et des charges sismiques données ci-dessous, sur la base du règlement parasismique en vigueur (RPA.81) :

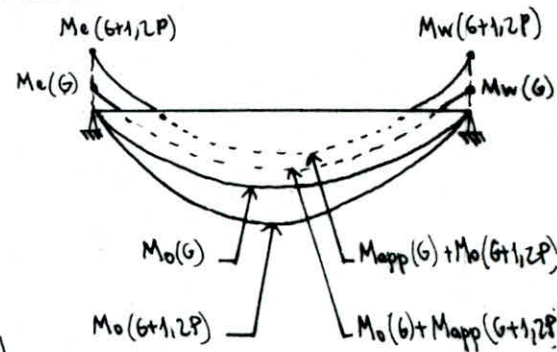
$$\text{poutres : } G+P + \vec{S_I} \quad ; \quad 0,8G + \vec{S_I}$$

$$\text{poteaux : } G+P \pm 1,2 \vec{S_I} \quad ; \quad 0,8G \pm \vec{S_I}$$

où  $G$  : sollicitation due à la charge permanente

$P$  : sollicitation due à la surcharge d'exploitation.

$S_I$  : sollicitation due au séisme.



A) Poutres : moments en travée :

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

$$\text{sous } (G+P + \vec{S_I}) : M_t = M_o(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(\vec{S_I})$$

$$\text{sous } (0,8G + \vec{S_I}) : M_t = 0,8 \left[ M_o(G) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \right] + M_t(\vec{S_I})$$

moments aux appuis : "  $M_{app} = M_e$  ou  $M_w$  "

$$\text{sous } (G+1,2P) : M_{app} = M_{app}(G) + 1,2 M_{app}(P)$$

$$\text{sous } (0,8G + \vec{S_I}) : M_{app} = 0,8 M_{app}(G) + M_{app}(\vec{S_I})$$

$$\text{sous } (G+P + \vec{S_I}) : M_{app} = M_{app}(G) + M_{app}(P) + M_{app}(\vec{S_I})$$

effort tranchant : "  $T = T_e$  ou  $T_w$  "

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

$$\text{sous } (G+P + \vec{S_I}) : T = T(G) + T(P) + T(\vec{S_I})$$

$$\text{sous } (0,8G + \vec{S_I}) : T = 0,8 T(G) + T(\vec{S_I})$$

Moments aux appuis des poutres

portique longitudinal B-B

Niveau	poutre	G + 1,2 P		G+P + SI		G+P - SI		0,8G + SI		0,8G - SI	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
8	1-2	-1,550	-2,096	-8,879	1,286	2,811	-5,380	-5,408	1,891	3,248	-4,774
	2-3	-2,443	-2,298	-7,927	2,865	3,193	-7,321	-7,150	3,592	3,969	-6,594
	3-4	-1,552	-1,433	-6,616	4,143	3,57	-6,969	-6,196	4,508	3,99	-6,604
	4-5	-1,914	-1,831	-5,208	1,541	1,458	-5,125	-4,675	2,057	1,990	-4,609
	5-6	-0,889	-0,419	-6,494	5,511	4,618	-6,331	-6,224	5,629	4,888	-6,213
7	1-2	-1,182	-2,112	-9,185	4,662	4,99	-8,732	-8,579	5,378	6,357	-8,016
	2-3	-2,494	-2,393	-13,569	8,306	8,212	-12,932	-12,740	9,089	9,585	-12,149
	3-4	-1,475	-1,411	-12,189	9,782	9,049	-12,542	-11,640	10,184	9,597	-12,139
	4-5	-1,992	-1,939	-8,618	4,829	4,776	-8,565	-7,948	5,488	5,446	-7,906
	5-6	-0,866	-0,514	-11,988	10,829	10,335	-11,219	-11,702	11,003	10,622	-11,645
6	1-2	-1,796	-2,111	-13,341	8,236	9,281	-12,304	-12,731	8,951	10,491	-11,588
	2-3	-2,498	-2,400	-19,528	13,84	14,706	-18,48	-18,696	14,626	15,537	-17,693
	3-4	-1,468	-1,406	-17,596	15,742	14,724	-18,492	-17,178	16,142	15,141	-14,593
	4-5	-1,995	-1,944	-12,194	8,397	8,346	-12,143	-11,523	9,058	9,016	-11,482
	5-6	-0,838	-0,521	-17,927	16,786	16,307	-17,79	-17,651	16,963	16,582	-17,613
5	1-2	-1,811	-2,067	-16,935	11,923	13,445	-15,609	-16,319	12,329	14,060	-14,906
	2-3	-2,432	-2,346	-25,044	19,575	20,35	-24,109	-24,034	20,345	21,159	-23,34
	3-4	-1,399	-1,350	-23,211	21,376	20,473	-24,018	-22,815	21,758	20,868	-23,636
	4-5	-1,966	-1,925	-15,513	11,764	11,723	-15,472	-14,851	12,418	12,385	-14,818
	5-6	-0,805	-0,526	-23,473	17,678	21,921	-18,692	-23,199	17,857	22,194	-18,513

Moments aux appuis des poutres (suite)

Niveau	poutre	G + 1,2P		G + P + SI		G + P - SI		0,8G + SI		0,8G - SI	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
4	1-2	-1,846	-2,060	-15,079	12,549	11,522	-16,519	-14,451	13,247	12,149	-15,820
	2-3	-2,439	-2,363	-27,051	20,801	21,869	-25,367	-25,765	21,597	22,680	-24,590
	3-4	-1,380	-1,337	-14,495	22,914	21,733	-25,532	-24,047	23,789	22,121	-25,156
	4-5	-1,972	-1,936	-16,435	12,669	12,633	-16,399	-15,77	13,327	13,298	-15,741
	5-6	-0,784	-0,543	-24,978	18,923	23,468	-19,969	-24,712	18,107	23,734	-19,784
3	1-2	-1,956	-2,294	-24,137	17,1	20,353	-21,536	-23,501	17,847	20,989	-20,789
	2-3	-2,507	-2,382	-34,62	28,105	29,774	-32,715	-33,797	28,775	30,697	-31,944
	3-4	-1,501	-1,467	-31,879	30,761	28,941	-33,633	-31,457	31,404	29,363	-32,222
	4-5	-2,171	-2,12	-21,419	17,268	17,217	-21,368	-20,719	17,958	17,916	-20,678
	5-6	-0,944	-0,557	-33,11	34,395	31,284	-35,473	-32,802	34,480	31,591	-35,291
2	1-2	-1,97	-2,246	-22,146	17,286	18,336	-21,63	-21,505	18,017	18,977	-20,900
	2-3	-2,441	-2,326	-34,789	28,449	30,071	-32,949	-33,988	29,203	30,871	-32,195
	3-4	-1,433	-1,407	-32,102	31,052	29,296	-33,808	-31,701	31,443	29,696	-33,416
	4-5	-2,14	-2,098	-21,529	17,429	17,387	-21,487	-20,830	19,458	18,077	-20,804
	5-6	-0,889	-0,560	-33,29	32,296	31,57	-33,38	-33	32,478	31,859	-33,198
1	1-2	-2,007	-2,245	-24,626	19,462	20,744	-23,804	-23,973	20,193	21,397	-23,073
	2-3	-2,443	-2,243	-38,417	30,364	33,695	-34,896	-37,615	31,124	34,497	-34,195
	3-4	-1,416	-1,392	-34,077	34,696	31,243	-37,42	-33,623	35,077	31,626	-37,034
	4-5	-2,14	-2,111	-23,715	19,591	23,675	-19,561	-23,018	20,278	34,670	-22,988
	5-6	-0,865	-0,578	-36,893	35,432	35,219	-36,55	-36,612	35,62	-35,5	-36,362

# Effort tranchant dans les poutres

## portique longitudinal B-B

Niveau	poutre	G + 1,2P		G + P + SI		G + P - SI		0,8G + SI		0,8G - SI	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1-2	-2,334	2,532	-3,671	1,091	-0,899	3,863	-3,015	0,375	0,243	3,147
	2-3	-5,545	5,453	-8,797	1,836	-1,925	8,708	-6,986	0,057	-0,114	6,929
	3-4	-2,787	2,711	-6,191	-0,751	0,68	6,119	-5,511	-1,395	1,359	5,475
	4-5	-2,440	2,410	-3,6	1,146	-1,176	3,57	-2,913	-0,465	-0,489	2,889
	5-6	-1,549	1,203	-5,188	-2,495	2,156	4,849	-4,751	-2,834	2,593	4,509
7	1-2	-2,429	2,548	-4,904	-0,109	0,224	5,019	-4,078	-0,974	1,049	4,153
	2-3	-5,534	5,47	-12,367	-1,745	1,685	12,307	-10,525	-3,557	3,527	10,495
	3-4	-2,809	2,768	-9,783	-4,309	4,269	9,743	-9,024	-5,056	5,027	8,995
	4-5	-2,489	2,470	-4,833	-0,056	0,037	4,814	3,989	-0,896	0,881	3,973
	5-6	-1,52	1,294	-8,659	-5,948	5,731	8,442	-8,142	-6,388	6,248	8,002
6	1-2	-1,582	1,695	-5,453	-2,358	2,467	5,562	-4,796	-3,053	3,124	4,867
	2-3	-5,534	5,471	-16,075	-5,452	5,393	16,016	-14,233	-7,264	7,235	14,203
	3-4	-2,811	2,768	-13,493	-2,017	7,975	13,451	-12,734	-8,764	8,734	12,703
	4-5	-2,490	2,471	-5,951	-1,354	1,517	3,114	-5,288	-2,195	2,179	5,272
	5-6	-1,509	1,305	-12,464	-9,754	9,556	12,266	-10,954	-10,200	10,066	11,819
5	1-2	-2,42	2,514	-7,592	-2,839	2,93	7,683	-6,770	-3,693	3,752	6,829
	2-3	-5,442	5,385	-19,855	-9,404	9,351	19,802	-18,044	-11,189	11,161	18,017
	3-4	-2,76	2,727	-17,312	-11,926	11,894	17,29	-16,566	-12,662	12,640	16,544
	4-5	-2,465	2,450	-7,372	-2,637	2,622	7,357	-6,534	-3,470	3,458	6,523
	5-6	1,475	1,293	-14,716	-11,977	11,874	14,613	-14,215	-12,488	12,375	14,101

Effort tranchant dans les poutres (suite)

Niveau	poutre	G+1,2P		G+P+SI		G+P-SI		0,8G+SI		0,8G-SI	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
4	1-2	-2,428	2,506	-7,423	-2,67	2,745	7,498	-6,597	-3,521	3,570	3,570
	2-3	-5,439	5,388	-20,759	-10,308	10,261	20,712	-18,95	-12,094	12,07	18,926
	3-4	-2,758	2,729	-18,217	-12,831	12,803	18,189	-17,471	-13,567	13,548	17,452
	4-5	-2,464	2,451	-7,707	-2,972	2,959	7,694	-6,870	-3,806	3,795	6,860
	5-6	-1,463	1,306	-15,61	-12,943	12,792	15,459	-15,113	-13,386	13,289	15,015
3	1-2	-2,689	2,813	-10,192	-4,871	4,99	10,311	9,317	-5,786	5,864	9,396
	2-3	-5,607	5,526	-25,944	-15,187	15,11	25,867	-24,098	-16,998	16,956	24,056
	3-4	-2,907	2,884	-23,383	-17,693	17,671	23,361	-22,608	-18,460	18,446	22,593
	4-5	-2,752	2,731	-9,751	-4,448	4,427	9,73	-8,857	-5,337	5,321	8,840
	5-6	-1,67	1,419	-23,445	-20,458	20,215	23,202	-22,902	-20,919	20,758	22,740
2	1-2	-2,846	2,947	-10,075	-4,461	4,559	10,173	-9,170	-5,398	5,463	9,235
	2-3	-5,514	5,437	-26,37	-15,789	15,716	26,297	-24,556	-17,572	17,530	24,514
	3-4	-2,857	2,839	-23,85	-18,253	18,236	23,833	-23,088	-19,008	18,997	23,077
	4-5	-2,724	2,708	-9,841	-4,587	4,571	9,825	-8,955	-5,469	5,456	8,943
	5-6	-1,867	1,679	-23,35	-20,013	19,802	23,139	-22,620	-20,671	20,531	22,481
1	1-2	-2,682	2,769	-10,763	-5,49	5,571	10,848	-9,890	-6,391	6,447	9,946
	2-3	-5,509	5,441	-28,217	-17,637	17,573	28,153	-26,404	-19,421	19,385	26,368
	3-4	-2,855	2,839	-25,7	-20,105	20,09	25,685	-24,939	-20,860	20,851	24,929
	4-5	-2,722	2,711	-10,645	-5,391	5,379	10,633	-9,761	-6,274	6,263	9,749
	5-6	-1,614	1,424	-25,378	-22,44	22,256	25,194	-24,853	-22,903	22,781	24,730



# Moments en travée dans les poutres

## portique longitudinal B-B

Niveau	poutre	G+1,2P	G+SI	G+P-SI	0,8G+SI	0,8G-SI
8	1-2	1,783	1,214	2,208	0,582	1,576
	2-3	2,330	1,955	2,421	0,950	1,417
	3-4	0,786	0,997	0,530	1,886	1,420
	4-5	1,698	1,626	1,626	1,014	1,014
	5-6	0,473	0,630	0,270	0,447	0,087
7	1-2	1,917	1,406	2,176	0,542	1,312
	2-3	2,323	1,904	2,446	0,876	1,418
	3-4	0,912	1,143	0,601	0,809	0,267
	4-5	1,874	1,749	1,748	1,120	1,120
	5-6	0,560	0,600	0,438	0,335	0,173
6	1-2	1,912	1,116	2,456	0,253	1,593
	2-3	2,719	1,693	2,649	0,666	1,622
	3-4	0,915	1,353	0,397	1,019	0,063
	4-5	1,870	1,745	1,745	0,993	0,993
	5-6	0,560	0,605	0,435	0,339	0,170
5	1-2	1,863	0,952	2,524	0,108	1,680
	2-3	2,232	1,661	2,515	0,670	1,524
	3-4	0,896	1,285	0,431	0,959	0,105
	4-5	1,829	1,706	1,706	0,871	0,871
	5-6	0,544	1,751	2,760	-2,008	2,503

Niveau	poutre	G+1,2P	G+P+SI	G+P-SI	0,8G+SI	0,8G-SI
4	1-2	1,851	2,34	1,109	1,501	0,267
	2-3	2,223	1,510	2,648	0,528	1,658
	3-4	0,907	1,437	0,299	1,109	-0,029
	4-5	1,822	1,699	1,699	0,866	0,866
	5-6	0,546	-1,881	2,895	-2,739	2,637
3	1-2	2,059	0,471	3,397	-0,412	2,514
	2-3	2,296	1,249	3,035	0,247	2,033
	3-4	0,913	1,767	-0,018	1,438	-0,348
	4-5	2,01	1,886	1,886	1,014	1,014
	5-6	0,583	1,912	-0,823	1,647	-1,089
2	1-2	2,004	1,491	2,273	0,627	1,409
	2-3	2,198	1,194	2,924	0,227	1,957
	3-4	0,894	1,721	-0,009	1,400	-0,329
	4-5	1,963	1,842	1,842	0,989	0,989
	5-6	0,565	0,731	0,323	0,474	0,066
1	1-2	1,99	1,342	2,394	0,480	1,532
	2-3	2,191	0,389	3,765	-0,626	2,800
	3-4	0,904	2,579	-0,746	2,257	-1,169
	4-5	1,954	1,833	1,833	0,983	0,983
	5-6	0,567	0,498	0,561	0,240	0,292

Moments aux appuis dans les poutres  
portique transversal 2-2

Niveau	poutre	G+1,2P		G+P+SI		G+P-SI		0,8G+SI		0,8G-SI	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
8	A-B	-13,420	-8,442	-13,561	-2,69	-7,719	-13,812	-14,810	-0,276	-3,968	-11,397
	B-C	-8,146	-12,421	-13,54	-6,771	-2,418	-17,613	-16,991	-3,415	-0,154	-14,257
7	A-B	-13,668	-10,37	-23,511	-2,405	-2,781	-22,317	-18,792	6,052	1,938	-18,670
	B-C	-9,438	-12,170	-21,506	-1,416	3,216	-22,146	-18,505	2,498	6,217	-18,231
6	A-B	-13,767	-10,52	-30,908	8,401	4,436	-28,601	-26,137	12,101	9,206	-24,901
	B-C	-9,540	-12,117	-27,746	5,938	9,256	-29,406	-24,714	9,817	12,287	-25,526
5	A-B	-13,570	-10,890	-36,031	14,076	9,943	-34,988	-31,319	17,905	14,655	-31,158
	B-C	-9,747	-11,875	-33,979	11,485	15,085	-34,489	-30,888	15,280	18,176	-30,694
4	A-B	-13,609	-11,309	-38,145	17,202	11,985	-38,918	-33,412	21,178	16,717	-34,941
	B-C	-10,024	-11,850	-37,777	13,585	18,343	-36,545	-34,603	17,361	21,517	-32,768
3	A-B	-13,708	-11,071	-43,993	21,737	17,629	-43,003	-39,252	25,615	22,369	-39,125
	B-C	-9,971	-12,067	-42,039	19,116	22,701	-42,506	-38,897	22,945	25,843	-38,676
2	A-B	-13,22	-11,58	-43,486	21,989	18,058	-44,289	-38,919	25,939	22,625	-40,339
	B-C	-10,04	-11,809	-42,839	19,327	23,439	-42,217	-39,539	23,073	26,739	-38,471
1	A-B	-13,290	-11,93	-47,195	23,502	21,639	-46,466	-42,696	27,590	26,238	-42,377
	B-C	-10,101	-11,799	-44,781	22,98	25,187	-45,854	-41,603	26,714	28,365	-42,119

# Effort tranchant dans les poutres

## portique transversal 2-2

Niveau	poutre	G+1,2P		G+P+SI		G+P-SI		0,8G+SI		0,86-SI	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
8	A-B	-11,866	10,063	-13,589	7,844	-9,615	11,818	-10,210	4,949	-6,236	8,923
	B-C	-8,449	9,997	-10,29	7,842	-6,316	11,816	-8,045	5,202	-4,071	9,176
7	A-B	-11,483	10,289	-15,159	5,761	-6,916	13,987	-11,120	2,127	-2,894	10,353
	B-C	-8,695	9,685	-12,549	5,279	-4,323	13,505	-9,828	2,227	-1,602	10,453
6	A-B	-11,473	10,297	-17,566	3,336	-4,472	16,43	-13,544	-0,297	-0,450	12,796
	B-C	-8,723	9,657	-15,01	2,818	-1,916	15,912	-12,277	-0,222	0,816	12,872
5	A-B	-11,276	10,298	-19,508	1,205	-2,15	19,563	-15,554	-2,427	1,804	14,931
	B-C	-8,717	9,496	-17,136	0,53	0,222	17,888	-14,404	-2,459	2,953	14,899
4	A-B	-11,207	10,367	-20,466	0,248	-1,06	19,654	-16,535	-3,407	2,871	16
	B-C	-8,773	9,440	-18,214	-0,548	1,192	18,858	-15,464	-3,518	3,942	15,888
3	A-B	-11,365	10,400	-22,459	-1,554	0,621	21,526	-18,489	-5,208	4,591	17,872
	B-C	-8,887	9,654	-20,167	-2,172	2,913	20,908	-17,399	-5,191	5,681	17,899
2	A-B	-11,085	10,474	-22,426	-1,719	1,136	21,843	-18,535	-5,381	5,026	18,181
	B-C	-8,859	9,512	-20,374	-2,544	3,188	21,018	-17,60	-5,493	5,972	18,069
1	A-B	-11,034	10,532	-23,345	-2,632	2,153	22,866	-19,474	-6,314	6,024	19,183
	B-C	-8,873	9,498	-21,362	-3,532	4,136	21,966	-18,598	-6,501	6,901	19,997

## Moments en travée dans les poutres

### portique transversal 2-2

Niveau	poutre	G+1,2P	G+P+SI	G+P-SI	0,8G+SI	0,8G-SI
8	A-B	5,616	5,343	5,203	2,917	2,777
	B-C	3,634	3,349	3,489	1,795	1,935
7	A-B	5,813	6,112	4,216	2,771	0,7751
	B-C	3,927	2,548	4,544	0,315	2,311
6	A-B	5,732	5,547	4,719	2,122	1,294
	B-C	3,891	3,096	3,924	0,870	1,698
5	A-B	5,403	5,587	4,042	2,269	0,725
	B-C	3,665	2,519	4,063	0,365	1,909

Niveau	poutre	G+1,2P	G+P+SI	G+P-SI	0,8G+SI	0,8G-SI
4	A-B	5,234	6,143	3,149	2,859	-0,135
	B-C	3,550	1,679	4,673	-0,452	2,542
3	A-B	5,385	5,575	4,018	2,261	0,703
	B-C	3,683	2,530	4,088	0,372	1,930
2	A-B	5,020	5,625	3,259	2,425	0,059
	B-C	3,636	2,086	4,452	-0,136	2,329
1	A-B	4,866	4,584	4,018	1,412	0,846
	B-C	3,497	-2,847	3,413	0,752	1,318

### B/ Poteaux :

Les combinaisons des charges verticales et des charges dues au seisme dans les poteaux sont données par les relations suivantes :

$$G + 1,2P \quad (SP1)$$

$$G + P \pm 1,2SI \quad (SP2)$$

$$0,8G \pm SI \quad (SP2)$$

Les calculs effectués pour le poteau le plus sollicité (poteau central B:2) ont donné les tableaux suivants :

Moments dans le poteau : sens longitudinal

Niveau	G+1,2P		0,8G+5I		0,8G-5I		G+P+1,25I		G+P-1,25I	
	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
8	0,347	0,179	9,039	3,770	8,74	-3,527	10,988	4,557	-10,349	-4,20
7	0,201	0,193	14,346	9,256	-14,074	-8,995	17,248	11,392	-16,856	-10,763
6	0,193	0,155	18,392	14,525	-18,131	-14,314	22,102	17,455	-21,726	-17,153
5	0,226	0,189	22,049	18,042	-21,740	-17,786	26,495	21,681	-26,053	-21,312
4	0,189	0,109	20,972	25,542	-20,716	-25,409	25,197	30,676	-24,830	-30,466
3	0,109	0,080	26,106	26,088	-25,973	-25,992	31,353	31,324	-31,143	-31,171
2	0,113	0,099	25,897	28,63	-25,801	-28,51	31,129	34,379	-30,91	-34,89
1	0,099	0,042	20,18	44,106	-29,6	-44,054	35,039	-54,936	-34,849	-54,856

Moment dans le poteau : sens transversal

Niveau	G+1,2P		0,8G+5I		0,8G-5I		G+P+1,25I		G+P-1,25I	
	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
8	1,818	0,925	11,85	5,104	-9,834	-4,411	14,735	6,552	-11,285	-4,867
7	1,041	0,824	16,361	13,373	-15,582	-12,763	20,115	16,432	-18,217	-14,931
6	0,824	0,688	22,581	18,627	-21,971	-18,120	27,481	22,675	-25,991	-21,423
5	1,006	0,879	27,431	22,462	-26,69	21,817	33,388	27,368	-31,556	-25,768
4	0,879	0,821	28,312	28,728	-27,667	-28,152	34,388	34,872	-32,788	-33,385
3	0,821	0,705	31,833	31,769	31,257	-31,321	38,598	32,179	-37,11	-30,911
2	0,705	0,872	30,224	36,942	-29,776	-36,384	36,634	44,780	-35,366	-43,210
1	0,615	0,264	32,369	59,832	-32,369	-59,664	39,160	71,934	-38,052	-71,460

Effort normal dans le poteau : sens longitudinal

Niveau	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G-SI		G+P+1,2SI		G+P-1,2SI	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
8	8,078	8,078	7,361	7,361	3,261	3,261	10,298	10,298	5,378	5,378
7	8,083	16,161	9,55	16,911	0,627	3,888	13,150	23,448	2,441	7,819
6	7,21	23,391	11,18	28,091	-2,367	1,521	15,072	38,52	1,186	9,005
5	7,956	31,351	14,351	42,442	-4,322	-2,811	18,884	57,404	-3,536	5,469
4	7,945	39,292	15,428	57,87	-5,423	-8,234	20,174	77,578	-4,848	0,621
3	8,420	47,713	18,312	76,182	-7,56	-15,794	23,66	101,238	-7,862	-7,241
2	8,462	56,174	19,157	95,339	-8,295	-24,089	24,915	125,663	-8,517	-15,758
1	8,279	64,454	20,013	115,352	-6,439	-30,528	25,672	151,335	-9,610	-25,428

Effort normal dans le poteau : sens transversal

Niveau	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G-SI		G+P+1,2SI		G+P-1,2SI	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
8	21,864	21,864	15,412	15,412	15,412	15,412	21,431	21,431	21,431	21,431
7	21,168	43,032	13,347	28,759	13,347	28,759	20,421	41,852	20,852	41,852
6	21,130	64,162	13,322	42,081	13,322	42,081	20,384	62,236	20,384	62,236
5	20,772	84,934	13,095	55,176	13,095	55,176	20,038	82,274	20,038	82,274
4	20,647	105,581	13,016	68,192	13,016	68,192	19,918	102,192	19,918	102,192
3	21,02	126,601	13,297	81,489	13,297	81,489	20,287	122,479	20,287	122,479
2	20,597	147,198	13,042	94,531	13,042	94,531	19,882	142,361	19,882	142,361
1	20,532	167,73	12,973	107,504	12,973	107,504	19,813	162,174	19,813	162,174

CHAPITRE 7

---

FERRAILLAGE

---

DES POUTRES

---

## Ferraillage des Poutres

Conformément à l'article Art. 15 du C.C.B.A. 68, il ne sera pas fait état dans le calcul des efforts normaux dans les poutres. Elles seront donc ferraillées en flexion simple.

Sollicitations du 1<sup>er</sup> genre :  $G+1,2P$  avec  $\bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$  et  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

Sollicitations du 2<sup>ème</sup> genre :  $G+P + \overleftrightarrow{S}_{IH}$  et  $0,8G + \overleftrightarrow{S}_{IH}$

avec  $\bar{\sigma}_b' = 1,5 \bar{\sigma}_b' = 205,5 \text{ kg/cm}^2$  et  $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Les sections d'acier seront déterminées sous la sollicitation du 1<sup>er</sup> genre (SP1) et sous la plus défavorable des sollicitations du 2<sup>ème</sup> genre (SP2).

Si le moment sous SP1 multiplié par 1,5 est inférieur au moment sous (SP2), on travaillera alors avec le moment sous SP2, dans le cas contraire avec le moment sous SP1.

La méthode de calcul pour les armatures est celle de M<sup>r</sup> P. Charon.

- Calcul des armatures : (pour les appuis)

On détermine la valeur de  $\mu$  :  $\mu = \frac{n \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2}$  tableau  $\rightarrow$   $\epsilon$  et  $K$

si  $\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$

On détermine la section d'acier tendue par la relation :  $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h}$

- Détermination des contraintes :

$h, b, A$  et  $M$  étant connus, on détermine  $\bar{\sigma}_a$  et  $\bar{\sigma}_b'$

$\bar{\omega} = 100 A / b \cdot h$  tableau  $\rightarrow$   $\epsilon$  et  $K$  ;  $Z = \epsilon \cdot h$  ;  $\bar{\sigma}_a = \frac{M}{AZ}$  ,  $\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K}$

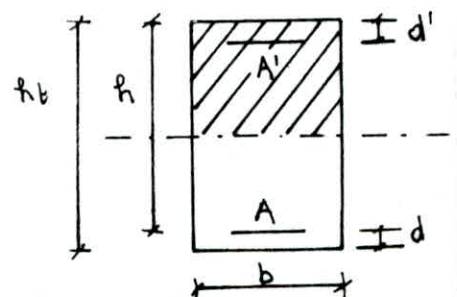
si  $\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} > \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' \neq 0$

On calcule le moment résistant du béton :  $M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\sigma}_b' \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{\delta} \cdot b \cdot h^2$

avec  $\bar{\alpha} = \frac{n \bar{\sigma}_b'}{n \bar{\sigma}_b' + \bar{\sigma}_a}$  ;  $\bar{\delta} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3}$

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

avec  $\bar{\sigma}_a' = n \bar{\sigma}_b' \left( \frac{\bar{\alpha} - \delta'}{\bar{\alpha}} \right)$   
 $\delta' = \frac{d'}{h}$  ;  $\Delta M = M - M_{rb}$





d'où :

$$A = \frac{Mr_b}{\delta \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} + \frac{\Delta M}{(h-d') \cdot \bar{\sigma}_a}$$

détermination des contraintes pour ce cas :

$$D = \frac{15}{b} (A+A') \quad ; \quad E = \frac{30}{b} (A'd' + A \cdot h) \quad y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}$$

$$I = b y_1^3 / 3 + 15 A' (y_1 - d')^2 + 15 A (h - y_1)^2 \quad \text{on pose } k = M/I$$

$$\text{on vérifie : } \sigma_b = K y_1 \leq \bar{\sigma}_b' \quad ; \quad \sigma_a' = 15 K (y_1 - d') \leq \bar{\sigma}_a' \quad ; \quad \sigma_a = 15 K (h - y_1) \leq \bar{\sigma}_a$$

Moments aux appuis et entravée: (portique B-B) (dans les poutres)

NIV											
8		-6,831	-6,494	-6,969	-7,321	-7,927	-2,219				
		SP1		SP1	SP2	SP1	SP1				
		0,473		1,698	1,376	2,330	1,793				
		5,629	4,888	4,508	3,99	3,592	3,248				
		-11,819	-11,989	-12,542	-12,932	-13,569	-9,185				
		SP1		SP1	SP1	SP1	SP1				
		0,560		1,874	0,912	2,723	1,917				
		11,003	10,622	10,184	9,597	9,585	6,357				
		-17,779	-17,927	-18,492	-18,478	-19,528	-13,341				
		SP1		SP1	SP1	SP1	SP1				
		0,560		1,870	0,915	2,319	1,912				
		16,963	16,582	16,142	15,141	15,537	10,491				
		-18,692	-23,473	-24,018	-24,109	-25,044	-16,935				
		SP2		SP1	SP1	SP1	SP1				
		2,760		1,829	0,996	2,232	1,863				
		17,857	22,194	21,758	20,868	21,159	14,060				
		-19,969	-24,978	-25,532	-25,367	-27,051	-15,078				
		SP2		SP1	SP1	SP1	SP1				
		2,895		1,822	0,907	2,223	1,851				
		19,107	23,734	23,289	22,121	22,680	16,149				
		-35,473	-33,11	-33,633	-32,715	-34,62	-24,137				
		SP2		SP1	SP2	SP1	SP2				
		1,912		2,01	1,767	2,186	3,397				
		34,480	31,591	31,404	29,363	30,597	20,989				
		-33,38	-33,29	-33,808	-32,949	-34,789	-22,146				
		SP1		SP1	SP2	SP1	SP1				
		0,565		1,963	1,721	2,198	2,004				
		32,479	31,859	31,443	29,696	30,871	18,977				
		-36,55	-36,893	-37,42	-34,896	-38,417	-24,626				
		SP1		SP1	SP2	SP2	SP1				
		0,567		1,954	2,579	3,765	1,99				
		35,62	35,5	35,077	31,636	34,497	21,397				

Niv.	Neoud	M (t-m)	$\mu$	$\varepsilon$	K	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta M$ (t-m)	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )	Adoptée (cm <sup>2</sup> )	ferrailage
8	1	-8,879	0,0629	0,8963	33,2	126,50	/	5,75	/	6,78	6T12
	2	-7,927	0,0561	0,9012	35,6	117,97	/	4,60	/	4,52	4T12
	3	-7,321	0,0518	0,9046	37,4	112,30	/	4,70	/	5,05	5T12
	4	-6,969	0,0493	0,9067	38,6	108,80	/	4,46	/	4,52	4T12
	5	-6,494	0,0460	0,9094	40,2	104,48	/	4,13	/	4,52	4T12
	6	-6,331	0,0448	0,9108	41	102,44	/	4,03	/	4,52	4T12
7	1	-9,185	0,0650	0,8950	32,6	128,83	/	5,33	/	6,16	4T14
	2	-13,569	0,0961	0,8762	25,4	165,35	/	8,99	/	9,23	6T14
	3	-12,932	0,0915	0,8786	26,2	160,30	/	8,57	/	9,23	6T14
	4	-12,542	0,0888	0,8801	26,7	157,30	/	8,27	/	8,42	4T14+2T12
	5	-11,988	0,0849	0,8824	27,5	152,72	/	7,89	/	8,42	4T14+2T12
	6	-11,819	0,0837	0,8832	27,8	151,08	/	7,89	/	8,42	4T14+2T12
6	1	-13,341	0,0945	0,8771	25,7	163,42	/	8,83	/	10,3	4T16+2T12
	2	-19,529	0,138	—	—	—	0,687	13,18	0,78	14,2	4T16+4T14
	3	-18,48	0,133	0,8592	20,5	204,87	/	12,49	/	14,2	4T16+4T14
	4	-18,492	0,1309	0,8599	20,7	202,89	/	12,50	/	14,2	4T16+4T14
	5	-17,927	0,1259	0,8619	21,2	188,34	/	12,08	/	12,06	6T16
	6	-17,79	0,1260	0,8619	21,2	198,11	/	11,98	/	12,06	6T16
5	1	-16,935	0,1199	0,8645	21,9	191,78	/	11,37	/	12,56	4T20
	2	-25,044	/	/	/	/	6,203	16,73	5,44	16,58	4T20+2T16
	3	-24,109	/	/	/	/	5,668	16,13	6	16,58	4T20+2T16
	4	-24,018	/	/	/	/	5,268	16,12	6	16,58	4T20+2T16
	5	-23,473	/	/	/	/	4,632	15,72	5,28	15,64	4T20+2T14
	6	-18,692	0,1323	0,8592	20,5	204,88	/	12,63	/	12,56	4T20

NIV.	Noord	M (t.m)	$\mu$	$\varepsilon$	K	$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\Delta M$ (cm <sup>2</sup> )	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )	Aandp <sub>2</sub> (cm <sup>2</sup> )	ferroillage
4	1	-15,078	0,1067	0,8708	23,7	177,21	—	9,81	—	12,56	3T20
	2	-27,051	/	/	/	/	8,21	18,02	9,35	18,84	6T20
	3	-25,367	/	/	/	/	6,526	16,94	7,43	18,84	6T20
	4	-25,532	/	/	/	/	6,526	16,94	7,43	18,84	6T20
	5	-24,978	/	/	/	/	6,137	16,69	7	16,58	4T20+2T16
	6	-19,969	/	/	/	/	1,128	13,46	1,28	14,82	4T20+2T12
3	1	-24,137	0,1164	0,8663	22,4	181,15	/	11,59	/	12,56	4T20
	2	-34,62	/	/	/	/	6,95	20,60	6,75	21,10	6T20+2T12
	3	-32,715	/	/	/	/	5,045	19,53	4,90	19,97	6T20+1T12
	4	-33,633	/	/	/	/	5,963	20,05	5,79	21,10	6T20+2T12
	5	-33,11	/	/	/	/	5,44	19,75	5,09	19,97	6T20+1T12
	6	-35,473	/	/	/	/	7,803	21,09	7,58	21,10	6T20+2T12
2	1	-22,146	0,1068	0,8708	23,7	177,21	/	14,41	/	14,82	4T20+2T12
	2	-34,789	/	/	/	/	7,119	20,70	6,92	21,10	6T20+2T12
	3	-32,949	/	/	/	/	5,279	19,66	5,13	19,97	6T20+1T12
	4	-33,808	/	/	/	/	6,138	20,15	5,96	21,10	6T20+2T12
	5	-33,29	/	/	/	/	5,62	19,85	5,46	19,97	6T20+1T12
	6	-33,38	/	/	/	/	5,71	19,90	5,55	19,97	6T20+1T12
1	1	-24,626	0,1127	0,8652	22,1	190	/	16,13	/	16,58	4T20+2T16
	2	-38,417	/	/	/	/	10,747	22,76	10,44	22,86	6T20+2T16
	3	-34,896	/	/	/	/	7,226	20,76	7,02	21,10	6T20+2T12
	4	-37,42	/	/	/	/	9,75	22,19	9,47	22,86	6T20+2T16
	5	-36,893	/	/	/	/	9,223	21,90	8,96	21,92	6T20+2T14
	6	-36,55	/	/	/	/	8,88	21,70	8,63	21,92	6T20+2T14

## Calcul des armatures longitudinales sur appuis :

moment résistant nominal du béton (SP2) : on prend  $d = d' = 4 \text{ cm}$

$$\bar{\alpha} = \frac{15 \bar{\sigma}_b'}{15 \bar{\sigma}_b' + \bar{\sigma}_a} = \frac{15 \cdot 205,5}{15 \cdot 205,5 + 4200} = 0,4233 \Rightarrow \bar{\delta} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} = 0,859$$

niveaux 5 et 4 :  $b = 30 \text{ cm}$  et  $h = 41 \text{ cm}$

$$M_{\text{trm}} = \frac{1}{2} \cdot 205,5 \cdot 0,4233 \cdot 0,859 \cdot 30 \cdot (41)^2 = 18,841 \text{ t.m}$$

$$\bar{\sigma}_a' = m \bar{\sigma}_b' \left( \frac{\bar{\alpha} - \bar{\delta}'}{\bar{\alpha}} \right) = \frac{0,4233 - 4/41}{0,4233} = 2372 \text{ kg/cm}^2$$

niveaux 3, 2 et 1 :  $b = 35$  et  $h = 46 \text{ cm}$

$$M_{\text{trm}} = \frac{1}{2} \cdot 205,5 \cdot (0,4233) \cdot (0,859) \cdot 35 \cdot (46)^2 = 27,64 \text{ t.m}$$

$$\bar{\sigma}_a' = 15 \cdot 205,5 \cdot \frac{0,4233 - 4/46}{0,4233} = 2449,27 \text{ kg/cm}^2$$

a) vu que les moments (aux appuis) au niveau de la partie inférieure de la poutre ainsi que dans sa partie supérieure sont légèrement différents, on adopte un ferrillage symétrique conforme au  $M_{\text{app}}^{\text{max}}$ .

b) Etant donné que les poutres longitudinales supportent de faibles charges verticales (poutres non porteuses), elles doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section d'armature sur appui (autorisé par l'art. 4.2.3.1. du R.P.A. 81)

---

Recapitulatif du ferrailage :

(partie que longitudinale a-b)

$\frac{4T12}{4T12}$	$\frac{3T12}{3T12}$	$\frac{4T12}{4T12}$	$\frac{3T12}{3T12}$	$\frac{4T12}{4T12}$	$\frac{3T12}{3T12}$	$\frac{5T12}{5T12}$	$\frac{3T12}{3T12}$	$\frac{4T12}{4T12}$	$\frac{3T12}{3T12}$	$\frac{6T12}{6T12}$
$\frac{4T14+2T12}{4T14+2T12}$	$\frac{3T14}{3T14}$	$\frac{4T14+2T12}{4T14+2T12}$	$\frac{3T14}{3T14}$	$\frac{4T14+2T12}{4T14+2T12}$	$\frac{3T14}{3T14}$	$\frac{6T14}{6T14}$	$\frac{3T14}{3T14}$	$\frac{6T14}{6T14}$	$\frac{3T14}{3T14}$	$\frac{4T14}{4T14}$
$\frac{6T16}{6T16}$	$\frac{3T16}{3T16}$	$\frac{6T16}{6T16}$	$\frac{4T16}{4T16}$	$\frac{4T16+4T14}{4T16+4T14}$	$\frac{4T16}{4T16}$	$\frac{4T16+4T14}{4T16+4T14}$	$\frac{4T16}{4T16}$	$\frac{4T16+4T14}{4T16+4T14}$	$\frac{4T16}{4T16}$	$\frac{4T16+2T12}{4T16+2T12}$
$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20+2T14}{4T20+2T14}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20+2T16}{4T20+2T16}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20+2T16}{4T20+2T16}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20+2T16}{4T20+2T16}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20}{4T20}$
$\frac{4T20+2T12}{4T20+2T12}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{4T20+2T16}{4T20+2T16}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{6T20}{6T20}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{6T20}{6T20}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{6T20}{6T20}$	$\frac{3T20}{3T20}$	$\frac{3T20}{3T20}$
$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+1T12}{6T20+1T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+1T12}{6T20+1T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{4T20}{4T20}$
$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+1T12}{6T20+1T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+1T12}{6T20+1T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{3T20+1T12}{3T20+1T12}$	$\frac{4T20+2T12}{4T20+2T12}$
$\frac{6T20+2T14}{6T20+2T14}$	$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{6T20+2T14}{6T20+2T14}$	$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{6T20+2T16}{6T20+2T16}$	$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{6T20+2T12}{6T20+2T12}$	$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{6T20+2T16}{6T20+2T16}$	$\frac{4T20}{4T20}$	$\frac{4T20+2T16}{4T20+2T16}$

Vérifications:

1. vérification des contraintes (aux appuis) :  $\bar{\sigma}_a / \bar{\sigma}_b' = \bar{K} = 4200 / 205,5 = 20,44$  ;  $\sigma_b' > \bar{\sigma}_b' = 205,5 \text{ kg/cm}^2$

Or pour les niveaux 8, 7 et 6 les différentes valeurs de  $K > \bar{K} \Rightarrow \sigma_b' < \bar{\sigma}_b'$  et  $\sigma_a \leq \bar{\sigma}_a$  (P. Charon)

NIV.	Noord	M (L.m)	r (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )	x (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\sigma_b'$ (cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>4</sup> )	$\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_a'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )
5	1	16,935	41	12,56	12,56	14,30	183537,9	131,94	205,5	3695,4	1425,6	4200
	2	25,044	"	16,58	16,58	15,37	231831	166	"	4153	1860,3	"
	3	24,109	"	16,58	16,58	15,37	231831	159,84	"	3998	1773,60	"
	4	24,018	"	16,58	16,58	15,37	231831	159,23	"	3992,95	1766,92	"
	5	23,473	"	15,64	15,64	15,15	220703,7	161,13	"	4123,92	1778,80	"
	6	18,692	"	12,56	12,56	14,30	183537,9	145,63	"	4078,80	1737	"
4	1	15,078	41	12,56	12,56	14,30	183537,9	117,48	205,5	3290	1269,25	4200
	2	27,051	"	18,84	18,84	15,84	258253	165,92	"	3953,1	1860,3	"
	3	25,367	"	18,84	18,84	15,84	258253	155,60	"	3707	1744,50	"
	4	25,532	"	18,84	18,84	15,84	258253	156,60	"	3731	1755,82	"
	5	24,978	"	16,58	16,58	15,37	231831	165,60	"	4142	1837,5	"
	6	19,969	"	14,82	14,82	14,95		141,54	"	3699,4	1555	"
3	1	24,137	46	12,56	12,56	15,3	273425	135,06	205,5	4065	1496,30	4200
	2	34,62	"	21,10	21,10	17	376983	156,12	"	3994,78	1790,80	"
	3	32,715	"	19,97	19,97	16,78	359805	152,57	"	3985	1743	"
	4	33,633	"	21,10	21,10	17	376983	151,66	"	3880,9	1739,7	"
	5	33,11	"	19,97	19,97	16,78	359805	154,4	"	4033,3	1764	"
	6	35,473	"	21,10	21,10	17	376983	160	"	4093	1834,9	"
2	1	22,146	46	14,82	14,82	15,52	279638,6	122,91	205,5	3620,80	1368,5	4200
	2	34,789	"	21,10	21,10	17	376983	156,88	"	4014,3	1799,5	"
	3	32,949	"	19,97	19,97	16,78	359805	153,66	"	4013,7	1755,5	"
	4	33,808	"	21,10	21,10	17	376983	152,45	"	3901	1748,77	"
	5	33,29	"	19,97	19,97	16,78	359805	155,25	"	4055	1773,65	"
	6	33,38	"	19,97	19,97	16,78	359805	155,67	"	4066,22	1778,45	"

Niv.	Noeud	M (t.m)	h (cm)	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )	x (cm)	I (cm <sup>4</sup> )	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_a'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )
1	1	24,626	46	16,58	16,58	16	307429,5	128,21	205,5	3606	1442,44	4200
	2	38,417	"	22,86	22,86	17,33	403504	165	"	4094,5	1903,7	"
	3	34,896	"	21,10	21,10	17	376983	157,36	"	4026,64	1805	"
	4	37,42	"	22,86	22,86	17,33	403504	160,71	"	3988,2	1854,30	"
	5	36,893	"	21,92	21,92	17,16	387928,3	163,20	"	4114,14	1940	"
	6	36,55	"	21,92	21,92	17,16	387928,3	161,68	"	4075,9	1859,87	"

2. Vérification de la flèche :

en travée :

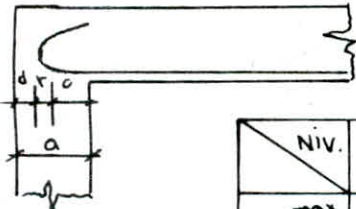
$$A < \frac{43}{\bar{\sigma}_a} \cdot b \cdot h \Rightarrow \begin{cases} A < 43/4200 \cdot 30 \cdot 41 \Rightarrow A < 12,59 \text{ cm}^2 : A_{\text{adoptée}} = 10,55 \text{ cm}^2 \\ A < 43/4200 \cdot 35 \cdot 46 \Rightarrow A < 16,48 \text{ cm}^2 : A_{\text{adop}} = 12,56 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

cette condition est donc vérifiée pour toutes les travées

3. Justification d'about :

distance de l'appui au point où

$$c \geq c_0 = 2T/b\bar{\sigma}_{ba} ; c : \text{commence l'ancrage.}$$



$$c = a - (d + r) ; r = 5\phi ; d = 4 \text{ cm} ; \bar{\sigma}_{ba}' = 15.69,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

Niv.	8	7	6	5	4	3	2	1
$T_{\text{max}} (t)$	4,849	8,442	12,166	14,613	15,459	23,202	23,139	25,194
$c_0 (cm)$	3,14	5,48	7,96	9,50	10	8,60	12,87	14,01
$c (cm)$	25	24	23	26	26	26	31	31

4. Vérification à la fissuration :  $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\bar{\sigma}_a = \min \{ 2/3 \bar{\sigma}_a ; \max(\sigma_1, \sigma_2) \}$

$$\eta = 1,6 \text{ (H.A.)} ; \bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} ; k = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (fissuration peu nuisible)}$$

(8,7)

↓

d = 3cm

(6,5,4,3,2,1)

↓

d = 4cm

Niv.	8	7	6	5	4	3	2	1
A (cm <sup>2</sup> )	3,39	4,62	6,03	9,42	9,42	10,55	10,55	12,56
$\omega_f$	0,0188	0,0232	0,0251	0,0392	0,0392	0,0377	0,0377	0,0448
$\sigma_1 (kg/cm^2)$	3165	3228,20	3009,6	3379,31	3379,91	3285,40	3285,40	3712,71

5. Condition de non fragilité :  $\psi_y = 0,54$  (pour les autres étages)

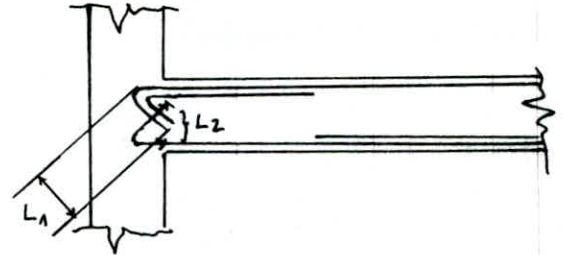
$$A \geq b \cdot f_c \cdot \psi_y \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \cdot \left(\frac{h_t}{h}\right)^2 \Rightarrow \begin{cases} \text{pour } b=30\text{cm et } h_t=45\text{cm} \Rightarrow A \geq 1,68\text{cm}^2 \text{ vérifiée} \\ \text{pour } b=35\text{cm et } h_t=50\text{cm} \Rightarrow A \geq 1,93\text{cm}^2 \text{ vérifiée} \end{cases}$$

ancrage: L'ancrage des armatures longitudinales des poutres dans les poteaux de rive et d'angle doit être effectué conformément à la figure ci-dessous:

On doit avoir :

$$L_1 \geq 20 \phi$$

$$L_2 \geq \max(30 \phi, 50 \phi)$$



Calcul des armatures transversales et espacements :

sous SP2 :  $\sigma'_b = 102,75 \text{ kg/cm}^2$  ;  $\sigma'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$  ,  $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

On utilise pour les  $A_t$  des

$$A_t = \quad ; \quad \bar{\sigma}_{at} = \sigma_{en} \quad (\text{Z-genre})$$

zone nodale :  $t \leq \min(h/4 ; 12\phi ; 30\text{cm}) = h/4 = \begin{cases} 10,75 \text{ cm} & \text{pour } h_t = 45 \text{ cm} \\ 11,5 \text{ cm} & \text{pour } h_t = 50 \text{ cm} \end{cases}$

zone courante  $t \leq \frac{h}{2} = \begin{cases} 20,5 \text{ cm} \\ 23 \text{ cm} \end{cases}$   $Z_n = \text{zone nodale} ; Z_c = \text{zone courante}$

NIV.	T max SP2	$\sigma'_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\sigma_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\sigma}_{at}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$A_t$ (cm <sup>2</sup> )	t cal. (cm)	t adopté (cm)	
								$Z_n$	$Z_c$
8	8,797	125	8,17	39,06	4200	2,01	34,42	10	18
7	12,367	163,93	11,49	"	"	"	24,48	"	"
6	16,875	137,15	14,93	"	"	"	18,83	"	"
5	19,855	166	18,45	"	"	"	15,24	"	"
4	20,759	165,92	19,29	"	"	"	14,58	"	"
3	25,944	156,12	18,41	"	"	"	13,1	"	"
2	26,37	156,88	18,72	"	"	"	12,88	"	"
1	28,217	165	20,03	"	"	"	12,04	"	"

vérification de  $A_t$  :  $A_{tmin} = 0,003 \cdot b \cdot b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 \text{ cm}^2 < A_t = 2,01 \text{ cm}^2$



# Moments aux appuis et en travée des poutres : (portique transversal 2-2)

NIV. 8		NIV. 7		NIV. 6		NIV. 5		NIV. 4		NIV. 3		NIV. 2		NIV. 1	
-13,812	SP1	-13,42	SP1	-16,991	SP1										
0	5,616	0	3,634	0											
-22,317	SP1	-23,511	SP1	-21,056	SP1										
6,052	5,813	2,498	3,927	6,217											
-28,601	SP1	-30,908	SP1	-27,746	SP1										
12,101	5,732	9,817	3,891	12,287											
-34,988	SP1	-36,031	SP1	-33,979	SP1										
17,905	5,403	15,280	3,665	18,176											
-38,919	SP1	-38,145	SP1	-37,777	SP1										
21,178	5,234	17,361	3,55	21,517											
-43,003	SP1	-43,993	SP1	-42,039	SP1										
25,615	5,385	27,945	3,683	25,843											
-44,289	SP1	-43,486	SP1	-42,839	SP1										
25,939	5,020	23,073	3,636	26,739											
-46,466	SP1	-47,195	SP1	-44,781	SP1										
27,590	4,866	26,714	3,497	28,365											

Calcul des armatures longitudinales sur appuis : ( $A' \neq 0$ )

moment nominal du béton :  $d = d' = 4 \text{ cm}$ ,  $\bar{\alpha} = 0,4233$ ;  $\bar{\nu} = 0,859$

niveaux 5 et 4 :  $b = 30 \text{ cm}$  et  $h_t = 60 \text{ cm} \Rightarrow h = 56 \text{ cm}$

$$M_{rm} = \frac{1}{2} \cdot 205,5 \cdot 0,4233 \cdot 0,859 \cdot 30 \cdot 56^2 = 3514961,49 \text{ kg.cm} = 35,149 \text{ t.m}$$

$$\sigma_a' = 15 \cdot (205,5) \cdot \frac{(0,4233 - 4/56)}{0,4233} = 2562,35 \text{ kg/cm}^2$$

niveaux 3, 2, 1 :  $b = 35 \text{ cm}$  et  $h = 56 \text{ cm}$

$$M_{rm} = \frac{1}{2} \cdot 205,5 \cdot 0,4233 \cdot 0,859 \cdot 35 \cdot 56^2 = 4100788,41 \text{ kg.cm} = 41 \text{ t.m}$$

$$\sigma_a' = 2562,35 \text{ kg/cm}^2 ; \Delta M = M - M_{rm}$$

NIV.	Moond	M (t.m)	M	E	K	OB' (kg/cm <sup>2</sup> )	ΔM t.m	A (cm <sup>2</sup> )	A' (cm <sup>2</sup> )	Adaptée (cm <sup>2</sup> )	Ferroillage
8	A	13,812 0	0,0524 0	0,9042 -	372 -	112,0 -	- -	6,49 -	- -	6,16 6,16	4T14 4T14
	B	13,472 0	0,0509 0	0,9053 -	378 -	111,1 -	- -	6,30 -	- -	6,16 6,16	4T14 4T14
	C	16,991 0	0,0645 0	0,8952 -	327 -	128,44 -	- -	8,06 -	- -	8,42 6,16	4T14+2T12 4T14
7	A	22,317 6,052	0,0847 0,0229	0,8824 0,9338	275 605	152,7 -	- -	10,75 275	- -	10,18 6,16	4T14+2T16 4T14
	B	23,511 4,498	0,0892 0,0095	0,8798 0,9561	26,6 99	157,89 42,42	- -	11,36 111	- -	14,20 6,16	4T14+4T16 4T14
	C	21,056 9,214	0,0899 0,0236	0,8853 0,9329	28,6 59,5	146,85 70,59	- -	10,11 2183	- -	10,18 6,16	4T14+2T16 4T14
6	A	28,601 12,101	0,1085 0,0469	0,8781 0,9098	23,5 40,4	178,72 -	- -	13,97 5,65	- -	14,20 6,16	4T14+4T16 4T14
	B	31,908 9,817	0,1173 0,0372	0,8660 0,9175	24,3 45,6	103,96 92,10	- -	15,17 4,55	- -	16,46 6,16	4T14+2T20+2T16 4T14
	C	27,746 17,297	0,1053 0,0466	0,8715 0,9091	23,9 40	135,73 105	- -	13,75 5,74	- -	14,20 6,16	4T14+4T16 4T14
5	A	34,988 17,905	0,1328 0,0449	0,8592 0,9079	20,5 34,7	204,87 132,49	- -	17,31 8,75	- -	18,84 9,42	6T20 3T20
	B	36,031 15,280	- 0,0580	- 0,9000	- 35	- 120	0,882 -	17,79 7,21	0,66 -	18,84 9,42	6T20 3T20
	C	33,979 18,176	0,1289 0,0469	0,8667 0,8915	20,9 31,1	200,95 136,05	- -	16,78 8,67	- -	18,84 9,42	6T20 3T20
4	A	39,918 21,178	- 0,0804	- 0,8851	- 28,5	- -	3,769 -	19,11 10,17	2,83 -	19,97 10,55	6T20+1T12 3T20+1T12
	B	38,145 17,381	- 0,0659	- 0,8943	- 32,3	- 130,03	2,996 -	18,76 8,25	2,25 -	18,94 9,42	6T20 3T20
	C	37,147 21,517	- 0,0816	- 0,8843	- 28,2	- 148,93	2,628 -	18,59 10,34	1,97 -	18,94 10,55	6T20 3T20+1T12
3	A	43 25,615	- 0,0833	- 0,8834	- 27,9	- 150,53	2 -	21,20 12,31	1,50 -	21,92 12,56	6T20+1T14 4T20
	B	43,993 22,945	- 0,0746	- 0,8886	- 29,9	- 140,14	2,993 -	21,66 11,05	2,24 -	21,92 12,56	6T20+2T14 4T20
	C	42,039 25,939	- 0,0840	- 0,8829	- 27,7	- 151,62	1,039 -	20,76 12,44	0,78 -	21,92 12,56	6T20+2T14 4T20
2	A	44,289 25,920	- 0,0844	- 0,8826	- 27,6	- 152,17	3,289 -	21,76 12,49	2,47 -	21,92 12,56	6T20+2T14 4T20
	B	43,496 23,073	- 0,0750	- 0,8824	- 29,8	- 140,94	2,486 -	21,42 11,04	1,86 -	21,92 12,56	6T20+2T14 4T20
	C	42,839 26,739	- 0,0870	- 0,8812	- 27,1	- 154,98	1,839 -	21,13 12,90	1,38 -	21,92 14,82	6T20+2T14 4T20+2T12
1	A	46,466 21,590	- 0,0804	- 0,8795	- 26,5	- 158,49	5,466 -	22,79 13,33	4,10 -	22,86 14,82	6T20+2T16 4T20+2T12
	B	47,195 26,714	- 0,0869	- 0,8812	- 27,2	- 159,98	6,195 -	23,12 12,89	4,65 -	22,86 14,82	6T20+2T16 4T20+2T12
	C	44,781 28,265	- 0,0923	- 0,8783	- 26,7	- 160,92	3,781 -	22,02 13,73	2,83 -	22,86 14,82	6T20+2T16 4T20+2T12

## Calcul des armatures longitudinales en travée : (portique transversal 2-2)

Niv.	soll.	travée	M (k.m)	$\mu$	$\epsilon$	K	$\sigma_s'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	A <sub>cal</sub> (cm <sup>2</sup> )
8	SP1	A-B	5,616	0,0320	0,9231	50	56	3,9
	"	B-C	3,634	0,0207	0,9367	64	43,75	2,47
7	SP1	A-B	5,813	0,0331	0,9219	49	57,14	4,02
	"	B-C	3,927	0,0223	0,9346	61,5	45,53	2,68
6	SP1	A-B	5,732	0,0326	0,9224	49,4	56,68	3,96
	"	B-C	3,891	0,0221	0,9351	62	45,16	2,65
5	SP1	A-B	5,403	0,0307	0,9242	51	54,90	3,73
	"	B-C	3,665	0,0208	0,9367	64	43,75	2,49
4	SP1	A-B	5,234	0,0298	0,9254	52	53,84	3,61
	"	B-C	3,55	0,0202	0,9375	65	43,07	2,41
3	SP1	A-B	5,395	0,0263	0,9296	56	50	3,69
	"	B-C	3,683	0,0179	0,9408	69,5	40,29	2,50
2	SP1	A-B	5,020	0,0245	0,9320	58,5	47,86	3,43
	"	B-C	3,636	0,0177	0,9412	70	40	2,46
1	SP1	A-B	4,866	0,0237	0,9319	59,5	47,05	3,32
	"	B-C	3,497	0,0171	0,9422	71,5	39,16	2,37

Art. 4.2.3.2.1 (R.P.A. 81) :

$$A_{\min} = 30 \cdot 60 \cdot 0,003 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{\max} = 30 \cdot 60 \cdot 0,025 = 45 \text{ cm}^2$$

} pour les niveaux 8, 7, 6, 5 et 4

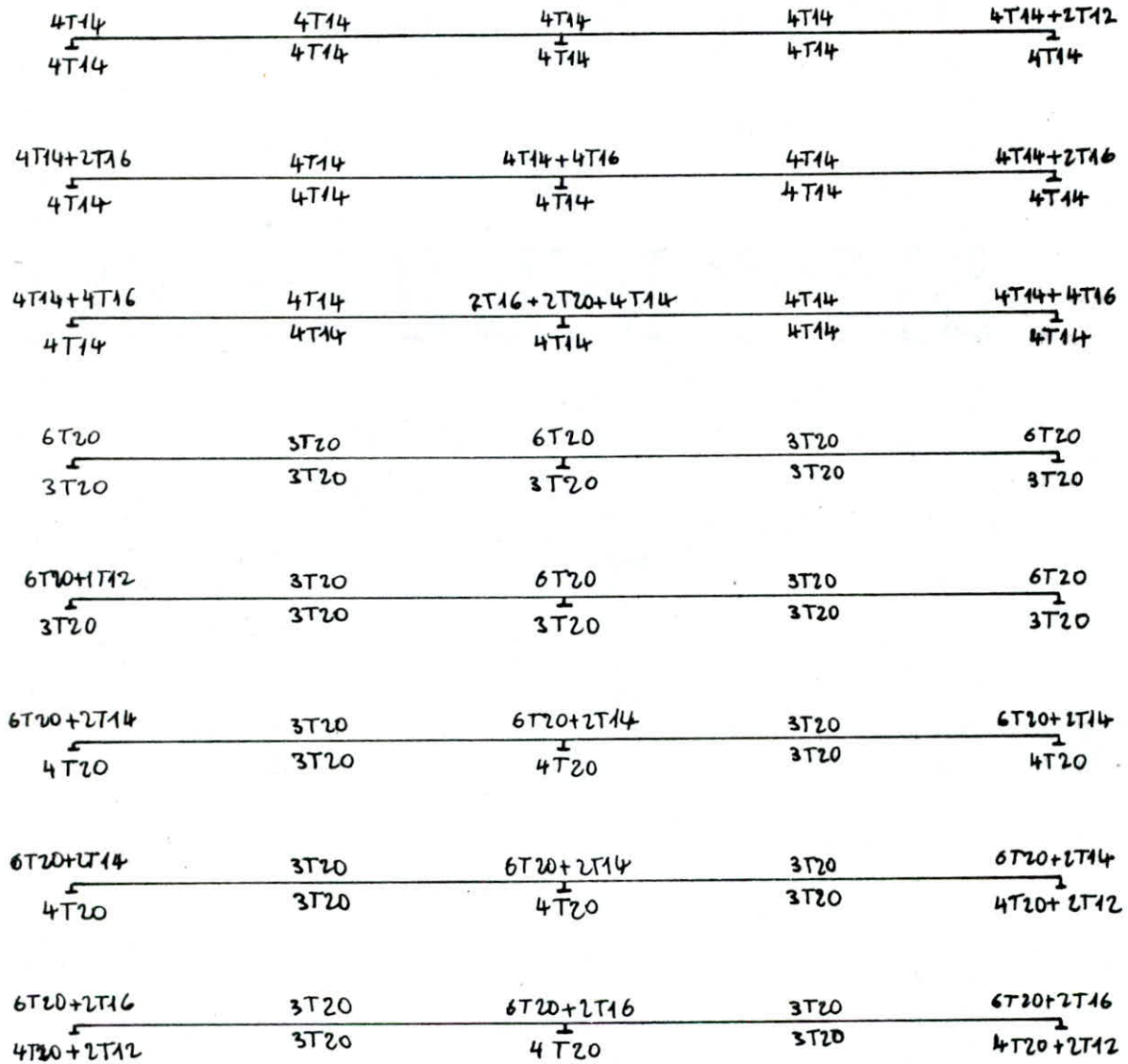
$$A_{\min} = 35 \cdot 60 \cdot 0,003 = 6,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{\max} = 35 \cdot 60 \cdot 0,025 = 52,5 \text{ cm}^2$$

} pour les niveaux 3, 2 et 1

En tenant compte des armatures filantes supérieures et inférieures les sections en travée seront plus grandes que celles calculées, les valeurs seront données directement par le schéma récapitulatif de ferrailage suivant :

## Schema récapitulatif du ferrailage : (portique transversal 2:2)



N.B. toutes les vérifications sont satisfaites

### Calcul des armatures transversales :

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 ; \bar{\sigma}_{at} = \bar{\sigma}_{en} \quad (2^{\text{e}} \text{ genre})$$

$$t \leq \min (h/4 ; 12\phi ; 30 \text{ cm}) = h/4 = 14 \text{ cm} = \bar{t} \text{ en zone modale}$$

$$t \leq \frac{h}{2} = 28 \text{ cm} = \bar{t} \text{ en zone courante}$$

NIV.	$T_{max}$ (SP2) (t)	$\bar{c}_b^{max}$ kg/cm <sup>3</sup>	$\bar{c}_b$ kg/cm <sup>3</sup>	$\bar{c}_{at}$ kg/cm <sup>3</sup>	At (mm <sup>2</sup> )	t <sub>cal</sub> (mm)	t <sub>adopté</sub> (mm)	
							Z <sub>m</sub>	Z <sub>u</sub>
8	13,589	9,24	39,06	4200	2,01	30,4	14	20
7	13,159	10,31	"	"	"	27,30	"	"
6	17,566	11,95	"	"	"	23,55	"	"
5	19,508	13,27	"	"	"	21,20	"	"
4	20,466	13,92	"	"	"	20,21	"	"
3	22,459	15,28	"	"	"	18,42	"	"
2	22,426	15,25	"	"	"	18,44	"	"
1	23,345	15,88	"	"	"	17,72	"	"

CHAPITRE 8

---

FERRAILLAGE

---

DES POTEAUX

---

## Ferraillage des poteaux

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, des efforts tranchants et à des moments fléchissants, en tête et à la base dans les sens transversal et longitudinal. Ils seront donc calculés en flexion composée. On fera le calcul sous SP1 et sous la plus défavorable du second genre des combinaisons. On adoptera finalement la plus grande section d'acier trouvée. On distingue trois types d'efforts:

- $N^{\max}, M^{\text{corr}}$
  - $M^{\max}, N^{\text{corr}}$
  - $N^{\min}, M^{\text{corr}}$
- pour le calcul du béton comprimé et éventuellement pour les armatures comprimées
- pour le calcul des armatures tendues

Méthode de calcul: on a opté pour celle exposée par M<sup>r</sup> Pierre Charon.

Définitions: on définit les cas suivants de sollicitations:

a) section entièrement comprimée: (E.C.) (on adoptera un ferraillage symétrique  $A_1 = A_2$ )

Lorsque  $N$  est appliqué à l'intérieur du noyau central et qu'il soit un effort de compression:

$$e_0 = \frac{M}{N} < e_1 = \frac{ht}{6}$$

b) section partiellement comprimée: (P.C.): On a affaire à deux cas:

1. L'effort normal étant un effort de compression et tel que:  $e = \frac{M_{GB}}{N} > \frac{ht}{6}$
2. L'effort normal étant un effort de traction, la résultante des forces passe en dehors de la zone limitée par les armatures. (Il ne se présente pas dans notre cas).

$M_{GB}$ : moment fléchissant par rapport au centre de gravité du béton seul.

On fera le calcul de la section en flexion simple sous l'effet d'un moment fictif

$$\underline{M_f = N' \cdot e} \quad \text{avec} \quad \underline{e = e_0 + (ht/2 - d)}$$

$$A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\sigma_a} \quad \text{où} \quad A_{fc}: \text{section d'acier en flexion composée}$$

$A_{fs}$ : section d'acier en flexion simple

## Contraintes admissibles : (béton)

$$\bar{\sigma}_b' = \bar{\sigma}_{b0} \left( 1 + \frac{e_0}{3e_1} \right)$$

pour le cas d'une section rectangulaire :  $e_1 = \frac{ht}{6}$

d'où :

$$\text{si } e_0 \geq \frac{ht}{2} \Rightarrow \bar{\sigma}_b' = 2\bar{\sigma}_{b0}$$

$$\text{si } e_0 < \frac{ht}{2} \Rightarrow \bar{\sigma}_b = \bar{\sigma}_{b0} \left( 1 + \frac{2e_0}{ht} \right)$$

si  $e_0 = 0 \Rightarrow$  on a une compression simple

pour SP2 : on multiplie les contraintes de SP1 par 1,5.

Remarque :

Le calcul fait sous (SP1) conduit à des valeurs négatives. Cela signifie qu'en réalité on n'a pas besoin d'acier, par conséquent ~~le~~ le béton seul peut reprendre les efforts (pour les sections entièrement comprimées)

---



Sens longitudinal

Niveau	poteau	SP1					SP2				
		N (t)	M (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>max</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
8	B-2	8,078	0,347	4,20	E.C.	80,25	10,298	10,988	106,70	P.C.	205,5
7	"	16,161	0,201	1,24	"	71,89	23,448	17,248	73,56	"	"
6	"	23,391	0,193	0,82	"	70,74	38,52	22,102	57,37	"	"
5	"	31,347	0,226	0,72	"	70,29	57,404	26,495	46,15	"	"
4	"	39,292	0,189	0,48	"	69,69	77,578	30,676	39,54	"	"
3	"	47,713	0,109	0,23	"	69,07	101,238	31,353	30,97	"	"
2	"	56,174	0,113	0,20	"	68,95	125,663	34,379	27,36	"	"
1	"	64,454	0,099	0,15	"	68,84	151,335	64,936	42,90	"	"

Sens longitudinal

Niveau	poteau	SP2					SP2				
		N <sub>min</sub> (t)	M <sub>corr</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>corr</sub> (t)	M <sub>max</sub> (t.m)	e <sub>o</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
8	B-2	3,261	8,74	268,01	P.C.	205,5	10,298	10,988	106,70	P.C.	205,5
7	"	3,888	14,074	361,98	"	"	23,448	17,248	73,56	"	"
6	"	1,521	18,131	1192,04	"	"	38,52	22,102	57,37	"	"
5	"	-2,811	21,470	773,39	P.T.	"	57,404	26,495	46,15	"	"
4	"	-8,234	25,409	308,58	"	"	77,578	30,676	39,54	"	"
3	"	-15,794	25,992	164,57	"	"	101,238	31,353	30,97	"	"
2	"	-24,089	28,51	118,35	"	"	125,663	34,379	27,36	"	"
1	"	-30,528	44,954	144,30	"	"	35,039	64,936	42,90	"	"

Sens transversal

Niveau	poteau	SP1					SP2				
		N (t)	M (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>max</sub> (t)	M <sub>conv</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
8	B-2	21,864	1,818	8,31	E.C.	91,27	21,431	14,735	68,75	P.C.	205,5
7	"	43,032	1,041	2,42	"	75,13	41,852	20,115	48,06	"	"
6	"	64,162	0,824	1,28	"	72	62,236	27,481	44,15	"	"
5	"	84,934	1,006	1,18	"	71,44	82,274	33,388	40,58	"	"
4	"	105,581	0,870	0,83 <sub>0</sub>	"	70,56	102,192	34,872	34,12	"	"
3	"	126,601	0,821	0,65 <sub>0</sub>	"	70,12	122,479	38,598	31,51	"	"
2	"	147,198	0,872	0,59 <sub>0</sub>	"	69,85	142,361	44,780	31,45	"	"
1	"	167,73	0,615	0,37 <sub>0</sub>	"	69,34	162,74	71,934	44,35	"	"

Sens transversal

Niveau	poteau	SP2					SP2				
		N <sub>min</sub> (t)	M <sub>conv</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	N <sub>max</sub> (t)	M <sub>max</sub> (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	soll.	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )
8	B-2	15,412	11,85	76,80	P.C.	205,5	21,431	14,735	68,75	P.C.	205,5
7	"	28,759	16,361	56,89	"	"	41,852	20,115	48,06	"	"
6	"	42,081	22,581	53,66	"	"	62,236	27,481	44,15	"	"
5	"	55,176	27,431	49,71	"	"	82,274	33,388	40,58	"	"
4	"	68,192	28,728	42,13	"	"	102,192	34,872	34,12	"	"
3	"	81,480	31,833	39,06	"	"	122,479	38,598	31,51	"	"
2	"	94,531	36,942	39,88	"	"	142,361	44,780	31,45	"	"
1	"	107,54	59,832	59,65	"	"	162,74	71,934	44,35	"	"

# Calcul des armatures longitudinales sous SP2

sens longitudinal

$d = d' = 4 \text{ cm}$

NIV.	N (t)	M (t.m)	$e_0$ (cm)	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	e (cm)	M <sub>f</sub> (t.m)	$\mu$	K	E	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\gamma$	K	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>min</sub> (t.m)	$\Delta M$ (t.m)	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f'c</sub> (cm <sup>2</sup> )
8	101,08	10,988	106,70	205,5	107,7	13,150	0,0444	41,2	0,9108	401,94	0,4132	0,9589	33348	—	—	—	7,147	—	5,102
7	23,148	17,148	73,56	205,5	94,56	22,172	0,0748	29,8	0,8884	410,94	"	"	—	—	—	—	12,92	—	7,33
6	38,52	19,102	73,37	105,5	78,37	30,189	0,1019	24,4	0,8731	470,13	"	"	—	—	—	—	17,89	—	8,72
5	57,404	26,495	46,15	205,5	69,65	39,981	0,0998	24,8	0,8744	469,35	"	"	—	—	—	—	21,34	—	7,68
4	77,579	30,676	39,54	205,5	63,04	48,915	0,1221	21,7	0,8688	493,55	"	"	—	—	—	—	26,43	—	7,96
3	101,128	31,353	30,97	205,5	54,47	55,144	0,1376	20	—	210	"	"	—	—	—	—	29,91	1,45	5,80
2	125,663	34,379	27,36	205,5	53,36	67,053	0,1372	21,1	0,8615	499,05	"	"	—	—	—	—	33,09	—	3,17
1	151,335	64,956	42,90	205,5	64,44	97,148	0,1850	16,3	0,8403	570,96	"	"	—	—	—	—	59,34	21,42	14,91

(  $N_{max}$  ;  $M_{cor}$  )

NIV.	N (t)	M (t.m)	$e_0$ (cm)	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	e (cm)	M <sub>f</sub> (t.m)	$\mu$	K	E	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\gamma$	K	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>min</sub> (t.m)	$\Delta M$ (t.m)	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f'c</sub> (cm <sup>2</sup> )
8	3,161	8,74	268,02	205,5	289	9,174	0,0319	50	0,9131	84	0,4232	0,9589	33348	—	—	—	5,28	—	4,50
7	3,888	14,074	361,98	"	383	14,994	0,0502	39,2	0,9060	109,94	"	"	—	—	—	—	8,50	—	7,58
6	1,511	18,151	419,04	"	4213	18,449	0,0622	33,5	0,8969	125,37	"	"	—	—	—	—	10,64	—	10,28
5	-2,811	21,740	473,39	"	749,9	21,079	0,0556	36,6	0,9031	144,75	"	"	—	—	—	—	10,89	—	11,56
4	-8,734	25,109	309,58	"	285	23,167	0,0576	34,7	0,9094	161,94	"	"	—	—	—	—	12,18	—	14,14
3	-15,794	25,992	164,57	"	141	26,265	0,0556	35,8	0,9016	177,32	"	"	—	—	—	—	11,53	—	15,79
2	-24,099	18,51	118,35	"	92,35	22,246	0,0422	47,2	0,9126	99,52	"	"	—	—	—	—	10,36	—	16,10
1	-30,928	44,054	444,30	"	419,30	36,114	0,0895	31,6	0,9075	132,91	"	"	—	—	—	—	17,20	—	24,47

(  $N_{min}$  ;  $M_{cor}$  )

# Calcul des armatures longitudinales sous SP2

sens transversal

d=d'=4cm

Niv.	N (t)	M (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	e (cm)	M <sub>f</sub> (t.m)	$\mu$	K	E	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\gamma$	K	$\sigma_a'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>max</sub> (t.m)	AM (t.m)	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f'c</sub> (cm <sup>2</sup> )
8	21,431	14,735	65,75	205,5	89,75	19,734	0,049	32,5	0,9947	109,23	0,4232	0,8539	37348	—	—	—	11,227	—	6,02
7	41,752	20,115	48,06	"	69,06	28,902	0,0975	25,1	0,9753	167,33	"	"	"	—	—	—	16,72	—	6,75
6	62,236	27,481	44,15	"	65,15	40,546	0,1368	20,1	—	207,95	"	"	"	244,912	39,514	1032	22,05	0,98	7,23
5	82,774	33,889	40,58	"	64,08	57,721	0,1316	20,6	0,9596	203,88	"	"	"	—	—	—	28,63	—	9,04
4	102,192	34,872	34,12	"	57,62	58,983	0,1470	19,2	—	249,99	"	"	"	254,22	53,428	5,455	31,80	4,62	7,77
3	122,479	38,598	31,51	"	55,01	64,375	0,1682	17,4	—	241,33	"	"	"	254,80	53,478	13,947	36,10	11,81	6,94
2	141,261	44,780	31,45	"	57,45	81,796	0,1552	18,4	—	205,16	"	"	"	250,22	70,174	11,512	40,05	10,69	6,15
1	162,714	71,534	44,35	"	61,5	99,734	0,1893	16	—	262,5	"	"	"	256,22	70,174	29,46	48,27	22,11	9,66

(  $N_{max}$  ,  $M_{mort}$  )

Niv.	N (t)	M (t.m)	e <sub>0</sub> (cm)	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	e (cm)	M <sub>f</sub> (t.m)	$\mu$	K	E	$\sigma_b'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\alpha$	$\gamma$	K	$\sigma_a'$ (kg/cm <sup>2</sup> )	M <sub>max</sub> (t.m)	AM (t.m)	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f's</sub> (cm <sup>2</sup> )	A <sub>f'c</sub> (cm <sup>2</sup> )
8	15,442	11,75	76,89	205,5	97,89	15,086	0,051	138	0,9673	30,43	0,4232	0,8539	37348	—	—	—	8,07	—	4,40
7	28,759	16,361	56,89	"	77,89	22,40	0,0766	89,6	0,8879	44,189	"	"	"	—	—	—	13,06	—	6,71
6	42,082	22,682	53,66	"	74,66	29,447	0,1060	23,8	0,8711	46,477	"	"	"	—	—	—	19,66	—	8,65
5	55,176	27,821	49,71	"	78,71	40,394	0,1008	24,6	0,8737	47,073	"	"	"	—	—	—	21,58	—	8,44
4	68,192	28,778	42,13	"	65,63	44,754	0,117	23	0,8684	48,261	"	"	"	—	—	—	24,06	—	4,66
3	81,189	31,833	39,06	"	64,56	50,98	0,1272	21,1	0,8611	49,9	"	"	"	—	—	—	27,64	—	8,04
2	94,531	36,942	39,08	"	65,08	61,510	0,1167	21,3	0,8660	48,34	"	"	"	—	—	—	30,20	—	7,69
1	107,504	59,882	55,65	"	81,65	87,777	0,1666	17,5	—	240	"	"	"	256,93	70,244	17,503	47,39	16,76	17,19

(  $N_{max}$  ,  $M_{mort}$  )

## Choix des armatures :

Recommandations du R.P.A.81 : Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets.

- Le pourcentage minimal est de 1% et le maximal de 4% (en zone II)
- $\Phi_{min}$  à utiliser pour les armatures longitudinales est de 14mm.
- La distance entre les barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser 25x.
- Ne pas faire de recouvrement dans la zone nodale.

Dans notre cas :

$$S = 60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2 \Rightarrow \begin{cases} A_{min} = 36 \text{ cm}^2 \\ A_{max} = 144 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$S = 55 \times 55 = 3025 \text{ cm}^2 \begin{cases} A_{min} = 30,25 \text{ cm}^2 \\ A_{max} = 121 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$S = 50 \times 50 = 2500 \text{ cm}^2 \Rightarrow \begin{cases} A_{min} = 25 \text{ cm}^2 \\ A_{max} = 100 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

## Tableau récapitulatif du ferrailage :

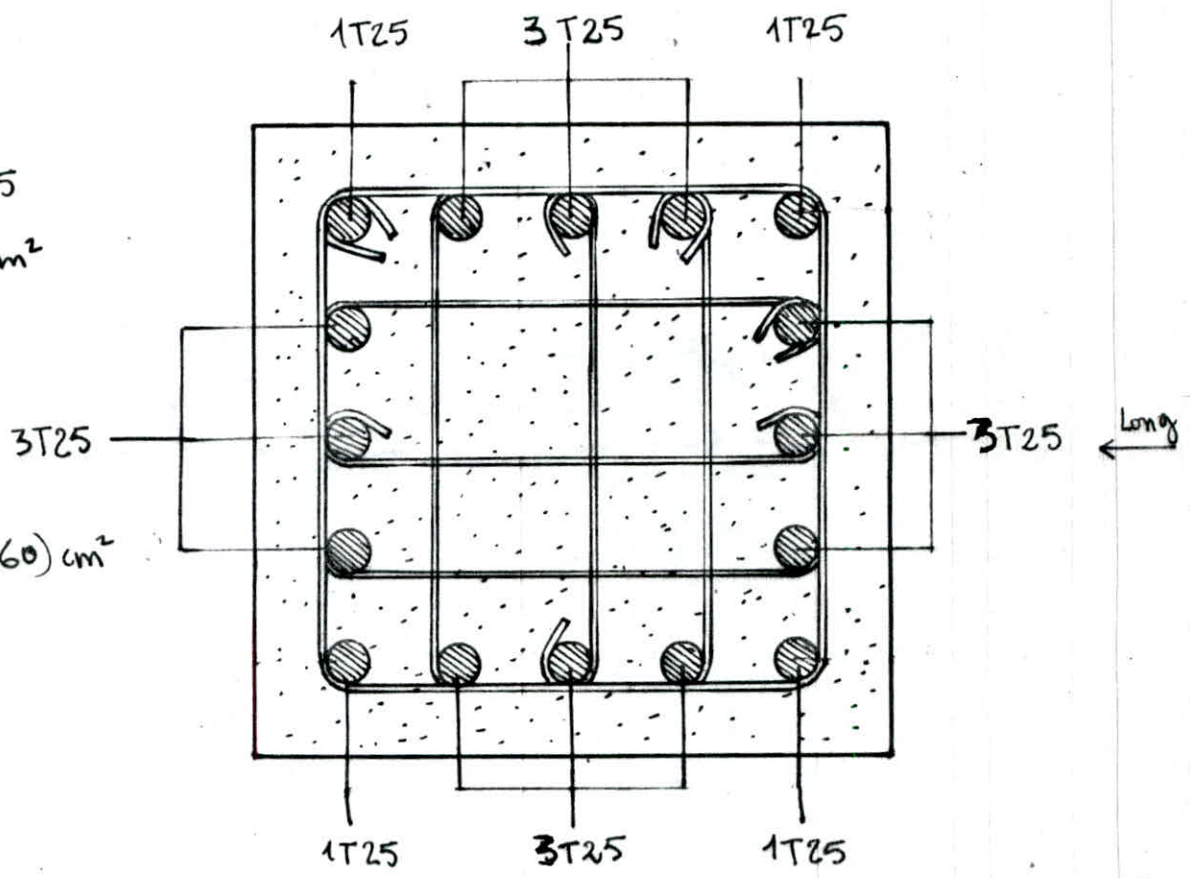
soll.	SP 2		$A_{min}$ R.P.A. ( $\text{cm}^2$ )	$A_{max}$ R.P.A. ( $\text{cm}^2$ )	$A = A'$ adoptée Long. ( $\text{cm}^2$ )	$A = A'$ adoptée trans. ( $\text{cm}^2$ )	section totale adoptée ( $\text{cm}^2$ )	ferrailage (barres)	
	$A = A'$	$A = A'$						$A = A'$ Long.	$A = A'$ trans.
8	5,02	6,02	25	100	10,30	10,30	28,64	2(2T20+2T16)	2(2T20+2T16)
7	7,58	6,75	"	"	10,30	10,30	28,64	2(2T20+2T16)	2(2T20+2T16)
6	10,28	8,65	"	"	11,56	10,30	33,22	2(4T20)	2(2T20+2T16)
5	11,56	9,04	30,25	121	12,56	10,30	33,22	2(4T20)	2(2T20+2T16)
4	14,14	7,47	"	"	16,09	16,09	44,78	2(2T25+2T20)	2(2T25+2T20)
3	15,29	11,81	"	"	16,09	16,09	44,78	2(2T25+2T20)	2(2T25+2T20)
2	16,10	10,69	36	144	16,09	16,09	44,78	2(2T25+2T20)	2(2T25+2T20)
1	24,47	22,11	"	"	24,54	24,54	78,4	2(5T25)	2(5T25)

R.D.C.

$S_a = 16T25$

$S_a = 78,4 \text{ cm}^2$

$S_{\text{pot}} = (60 \times 60) \text{ cm}^2$



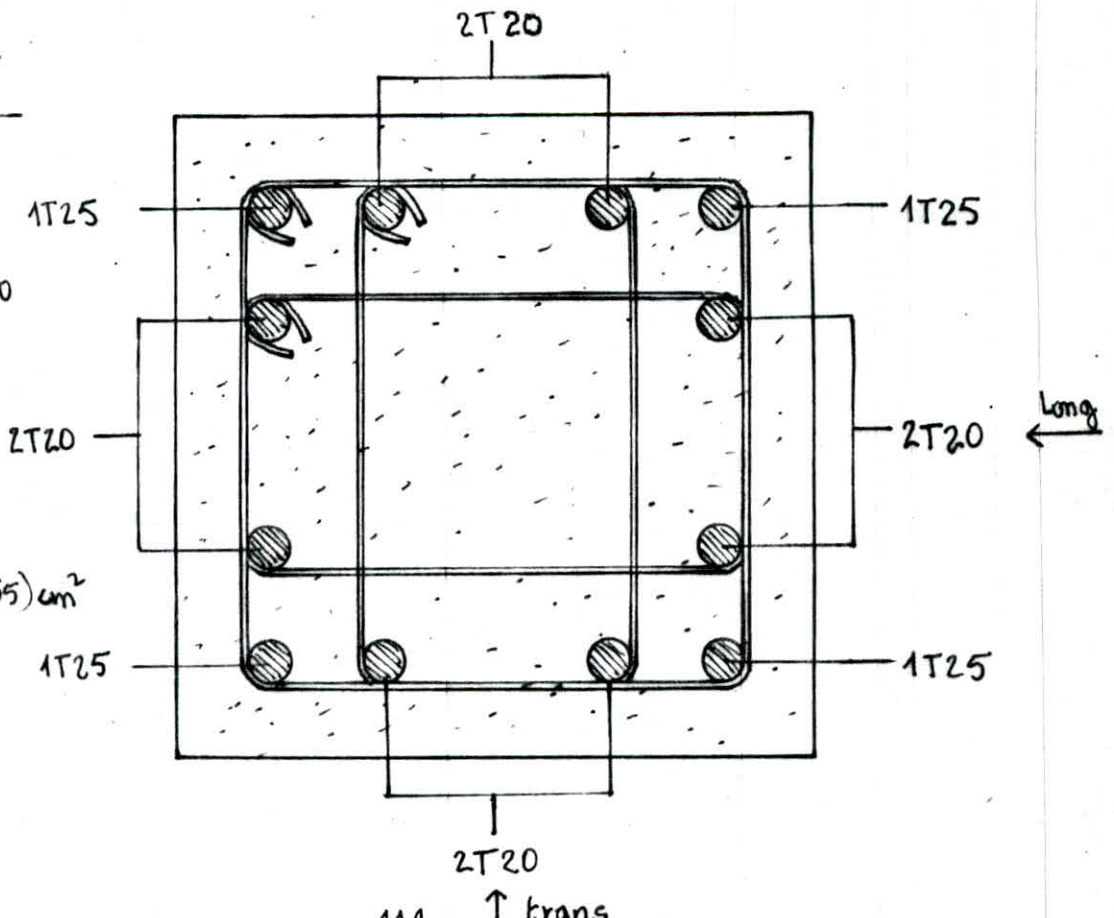
1<sup>o</sup> 2<sup>o</sup> et 3<sup>o</sup>

$S_a = 4T25 + 8T20$

$S_a = 44,78 \text{ cm}^2$

$1^{\text{st}} \text{ Spot} = (60 \times 60) \text{ cm}^2$

$2^{\text{e}} \text{ et } 3^{\text{e}} \text{ Spot} = (55 \times 55) \text{ cm}^2$



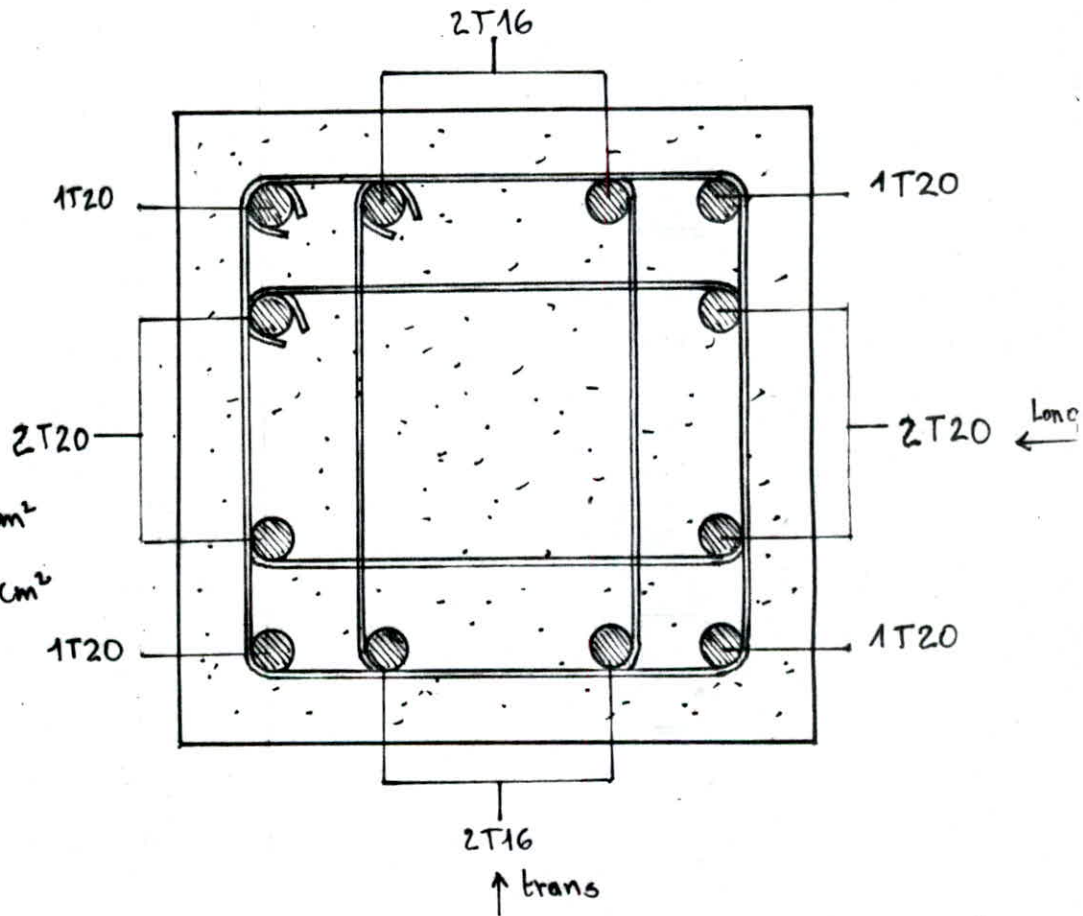
4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup>

$$S_a = 8T20 + 4T16$$

$$S_a = 33,12 \text{ cm}^2$$

$$4^{\text{e}} \text{ Spot} = (55 \times 55) \text{ cm}^2$$

$$5^{\text{e}} \text{ Spot} = (50 \times 50) \text{ cm}^2$$

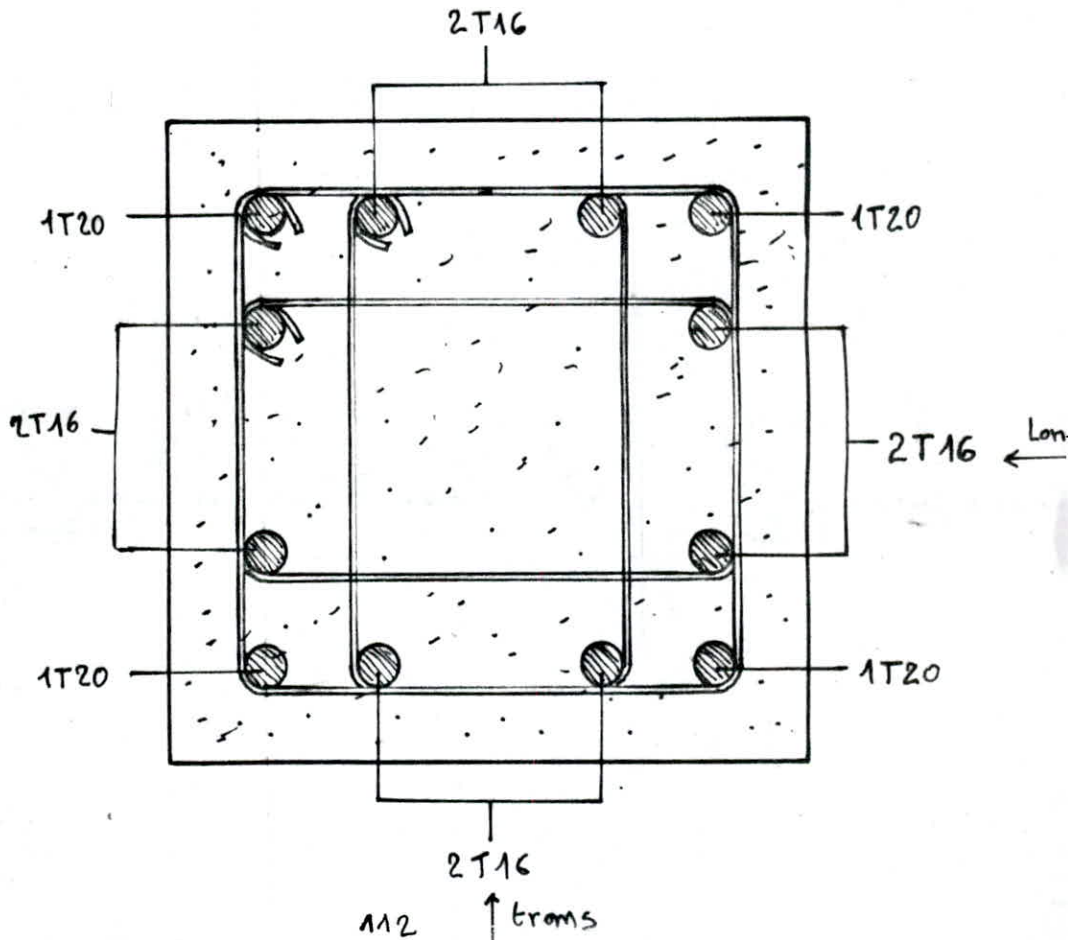


6<sup>e</sup> et 7<sup>e</sup>

$$S_a = 4T20 + 8T16$$

$$S_a = 28,64 \text{ cm}^2$$

$$S_{\text{Spot}} = (50 \times 50) \text{ cm}^2$$



## Vérification à l'effort tranchant :

$$\text{art. 4.2.2.1} \Rightarrow \tau_b = \frac{nT}{b \cdot z} < \bar{\tau}_b = 0,15 \cdot \sigma_{28}^1 = 41,31 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma_{28}^1 = 270 \text{ bars} = 275,4 \text{ kg/cm}^2)$$

$n=2$  si  $\lambda$  dans la direction considérée  $\geq 15$  et  $n=3$  si  $\lambda$  dans la direction considérée  $< 15$

$$\lambda = l_c / i = 0,7 l_0 / i ; \quad i = \sqrt{I/B} ; \quad b = h_t$$

$$T = \max (t_e^{\max}, t_t^{\max}) ; \quad (t_t, t_e \text{ sont les efforts tranchants revenant à chaque poteau})$$

NIV.	$l_c$ (cm)	$I$ (cm <sup>4</sup> )	$B$ (cm <sup>2</sup> )	$i$ (cm)	$\lambda$	$n$	$t_j$ (t)	$z$ (cm)	$\tau_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	$\bar{\tau}_b$ kg/cm <sup>2</sup>
8	210	520833	2500	14,43	14,55	3	5,20	40,25	7,75	41,31
7	210	520833	2500	14,43	14,55	3	9,68	40,25	14,43	41,31
6	210	520833	2500	14,43	14,55	3	13,55	40,25	20,20	41,31
5	210	762552	3025	15,88	13,22	3	16,40	42,87	20,87	41,31
4	210	762552	3025	15,88	13,22	3	18,81	42,87	23,93	41,31
3	210	762552	3025	15,88	13,22	3	21,03	42,87	26,76	41,31
2	210	1080000	3600	17,32	12,12	3	22,22	49	22,67	41,31
1	280	1080000	3600	17,32	16,16	2	22,98	49	15,63	41,31

## armatures transversales :

niveau 1 :  $\Rightarrow$  { 2 cadres + 1 épingle , les autres niveaux 2 cadres } (dans chaque sens)

zone nodale :  $t \leq \min (10\phi ; 15\text{cm})$  ; zone courante  $t \leq 12\phi_{\min}$

soit :  $t = 11\text{cm}$  en zone nodale et  $t = 18\text{cm}$  en zone courante

$$\text{niveau 1 : } A_t^{\min} = 0,004 \cdot 15 \cdot 60 = 3,6\text{cm}^2 \Rightarrow A_t = 5\phi 10 = 3,52\text{cm}^2 \approx 3,6\text{cm}^2$$

$$\text{les autres niveaux : } A_t^{\min} = 0,004 \cdot 15 \cdot 50 = 3\text{cm}^2 \Rightarrow A_t = 4\phi 10 = 3,14\text{cm}^2$$

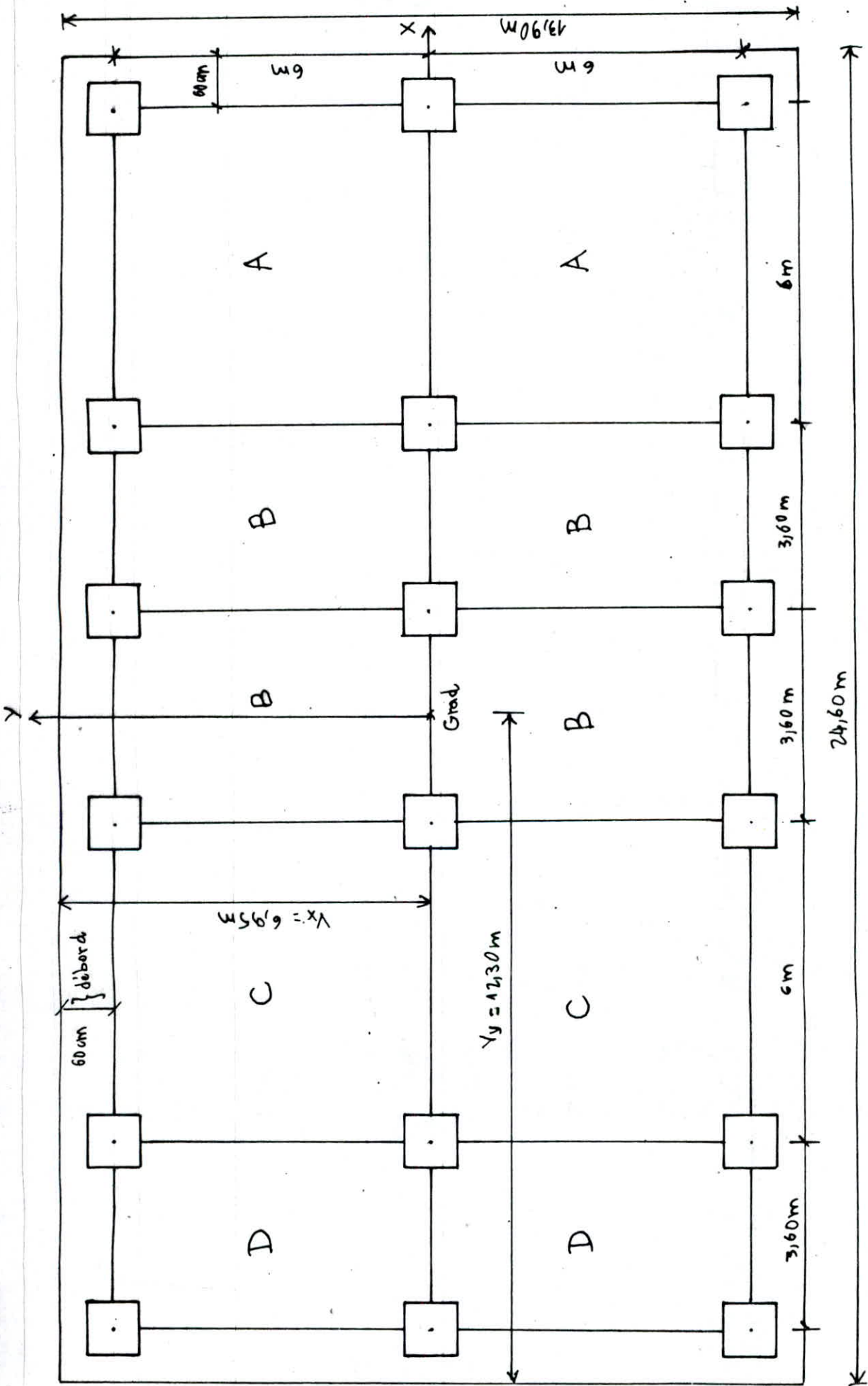


# CHAPITRE 9

---

## FONDATIONS

---



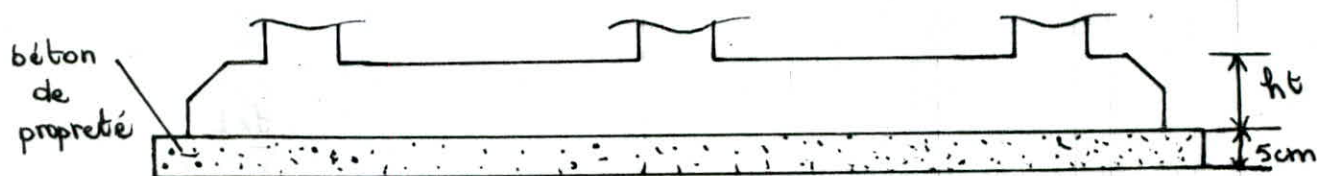
Présentation du radier

## Fondations

Choix des fondations: Ce bâtiment repose sur un sol dont la contrainte admissible est de  $\sigma_s = 1,5 \text{ bars}$  ( $15 \text{ t/m}^2$ ). En effectuant un calcul au préalable, on s'aperçoit que si l'on opte pour des semelles filantes, on réalise l'occupation des deux tiers de la surface du bâtiment en plan.

En considérant le poids important de la structure (plancher 20+6) et pour écarter tout risque de désordre que pourraient créer des tassements différentiels éventuels du fait de la mauvaise qualité du sol.

Au vu des constatations qui précèdent, on adopte <sup>pour</sup> le radier général. Le choix de ce type de fondation se justifie d'autant qu'il concerne la totalité du bâtiment; en effet il répartit d'une manière uniforme sur le sol de fondation l'ensemble des charges transmises par les poteaux.



Le radier est considéré comme infiniment rigide

1) charges et surcharges: (revenant au radier)

évaluation de  $W$ :  $\Rightarrow W = 2650 \text{ t} \equiv G_1$  (étude sismique)

(demi-poteau + demi-mur) R.D.C.  $\Rightarrow G_2 = 56 \text{ t}$

plancher (commerce)  $\Rightarrow G_3 = 174,83 \text{ t}$

voiles (sous-sol)  $\Rightarrow G_4 = 292,8 \text{ t}$

$$\left. \begin{array}{l} G_2 = 56 \text{ t} \\ G_3 = 174,83 \text{ t} \\ G_4 = 292,8 \text{ t} \end{array} \right\} G_t = 3173,63 \text{ t} ; P_T = 505 \text{ t}$$

Effort normal sur le radier:  $N = G_t + 1,2 P_t$

2) Dimensionnement du radier:

a) surface nécessaire du radier:  $S_{nec}$

$$\sigma = \frac{N}{S_{nec}} \leq \sigma_s \quad \Rightarrow \quad S_{nec} \geq \frac{N}{\sigma_s} = \frac{3779,63}{15} = 252 \text{ m}^2$$

Surface du bâtiment :  $S_0 = (12,7 \times 23,40) = 297,18 \text{ m}^2$

On prend un débord de 60cm sur chaque côté :  $S_{\text{débord}} = 43,32 \text{ m}^2$

d'où  $S_{\text{rad}} = S_0 + S_{\text{débord}} = \underline{340,5 \text{ m}^2}$

b) épaisseur du radier : On évite en général de mettre des armatures transversales

dans les dalles, pour cela, on prend  $f_t$  telle que :  $\sigma_b = \frac{T_{\text{max}}}{bz} \leq 1,15 \bar{\sigma}_b$

Pression sous le radier =  $P_{\text{rad}}$

$$P_{\text{rad}} = \frac{N}{S_{\text{rad}}} = \frac{3779,63}{340,5} = 11,10 \text{ t/m}^2$$

q: pression qui s'exerce sur un panneau  $(6 \times 6) \text{ m}^2$  pour avoir  $T_{\text{max}}$  (1ml)

$$T = q \frac{l_x l_y^3}{2(l_x^3 + l_y^3)} \quad \left. \begin{array}{l} l_x = l_y \\ \Rightarrow T = q \frac{P_x}{2} = 11,10 \cdot \frac{5,70}{2} = 31,63 \text{ t} \end{array} \right\}$$

(le calcul est effectué pour une bande de 1m)

$$z = \frac{1}{8} h \geq \frac{T_{\text{max}}}{1,15 \bar{\sigma}_b \cdot b} \Rightarrow h \geq \frac{8}{7} \cdot \left( \frac{31,63 \cdot 10^3}{100 \cdot 1,15 \cdot 5,9} \right) = 53,30 \text{ cm}$$

on prend  $h = 54 \text{ cm}$  d'où  $f_t = \underline{58 \text{ cm}}$

c) stabilité du radier : - sollicitations du 1<sup>er</sup> genre

$$\text{Poids du radier } G_{\text{rad}} = 340,5 \times 0,58 \times 2,5 = 493,725 \text{ t}$$

$$N = G_T + G_{\text{rad}} + 1,2P = (3173,63 + 493,725) + 1,2 \cdot 505 = 4273,355 \text{ t}$$

$$\text{pression sous le radier : } \sigma_s = \frac{N}{S} = \frac{4273,355}{340,5} = 12,55 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 15 \text{ t/m}^2 \text{ vér}$$

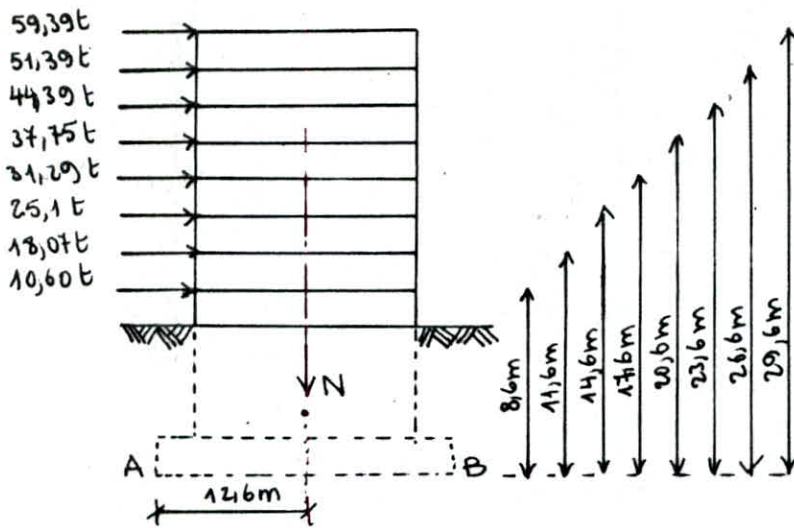
- sollicitations du 2<sup>e</sup> genre :

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

On vérifie le radier sous  $(0,8G \pm E)$  or  $(G+P+E)$ . On se limite à n'exposer que la seconde combinaison qui est en fait la plus défavorable.

Détermination du moment de renversement et vérification à l'égard de celui-ci

a) sens longitudinal



$$M_{max} = M_r = \sum_{i=1}^n F_i h_i$$

$$M_r = 6168,11 \text{ t.m}$$

$$M_{sta} = G_T \cdot V_y = 45108,47 \text{ t.m}$$

$$F = \frac{M_{sta}}{M_r} = 7,31 > 1,5 \text{ vérifiée}$$

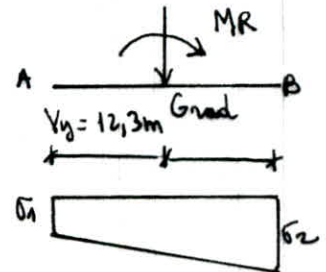
Rotation autour de l'axe  $\vec{O}_y$ , sollicitation (G+P±E)

$$\sigma_{y1,2} = \frac{N}{S} \pm \frac{M_r}{I_y} \cdot v_y^{\max} \leq 1,5 \bar{\sigma} = 22,5 \text{ t/m}^2$$

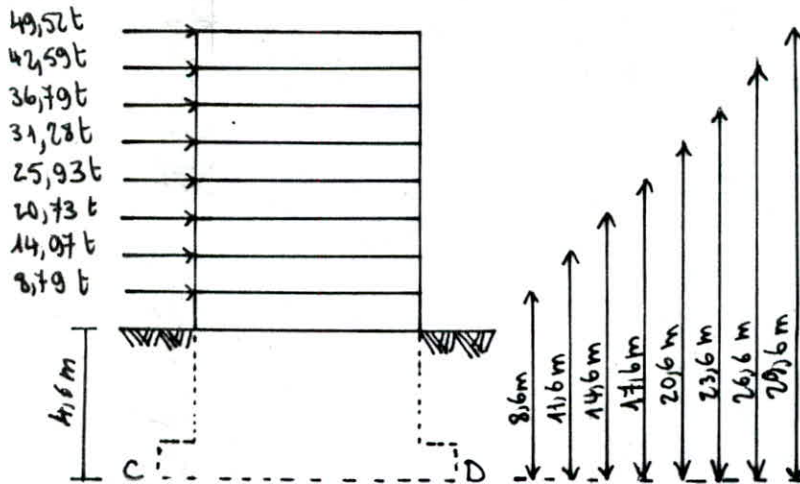
avec  $I_y = 17244 \text{ m}^4$ ;  $N = G+P = 4172,355 \text{ t}$ ;  $S = 340,5 \text{ m}^2$

$$\sigma_{y1,2} = (12,253 \pm 440) \text{ t/m}^2 \Rightarrow \sigma_{y1} = 16,653 \text{ t/m}^2 \leq 22,5 \text{ t/m}^2 \text{ et } \sigma_{y2} = 7,853 \text{ t/m}^2 < 22,5 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{my} \left( \frac{L}{4} \right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \Rightarrow \sigma_{my} \left( \frac{L}{4} \right) = 14,453 < 19,95 \text{ t/m}^2$$



b) sens transversal



$$M_r = 5119,57 \text{ t.m}$$

$$M_{sta} = G_T \cdot V_x = 28997,86 \text{ t.m}$$

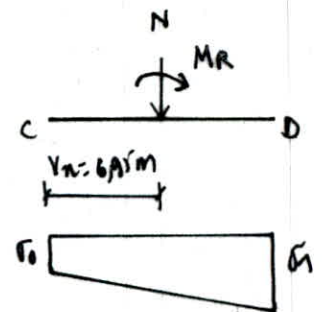
$$F = \frac{M_{sta}}{M_r} = 5,66 > 1,5 \text{ vérifiée}$$

rotation autour de l'axe  $\vec{O}_x$ ; sollicitation (G+P±E)

$$\sigma_{x1,2} = \frac{N}{S} \pm \frac{M_r}{I_x} \cdot v_x^{\max} \leq 1,5 \bar{\sigma} = 22,5 \text{ t/m}^2$$

$$I_x = 5505,52 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{x1,2} = (12,253 \pm 6,492) \text{ t/m}^2 \Rightarrow$$



$$\Rightarrow \sigma_{x1} = 18,715 \text{ t/m}^2 < 24,5 \text{ t/m}^2 ; \sigma_{x2} = 5,791 \text{ t/m}^2 < 24,5 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_{mx} \left(\frac{4}{4}\right) = 15,484 \text{ t/m}^2 < 19,95 \text{ t/m}^2$$

Détermination de la sollicitation (la plus défavorable)

1<sup>er</sup> genre :  $N_1 = G + 1,2P$  (radier non compris) = 3779,63 t

$$\sigma_{sp1} = 12,55 - \frac{493,725}{340,5} = 11,1 \text{ t/m}^2$$

2<sup>er</sup> genre : (G+P+E) étant la plus défavorable

$$\sigma_{sp2} = \sigma_{max} - \frac{N_{rad}}{S} = 15,484 - \frac{493,725}{340,5} = 14,034 \text{ t/m}^2$$

Soit  $N_2$  un effort normal fidèle centré dont l'effet est de produire la même contrainte  $\sigma_{mg} = 14,034 \text{ t/m}^2 \Rightarrow N_2 = \sigma_{mg} \cdot S ; N_2 = 4778,58 \text{ t}$

La résistance du béton et des aciers étant majorée de 50% sous SP2 alors comparer le rapport  $N_2/N_1$  au rapport de majoration  $\frac{\sigma_{en}}{\sigma_{a}} = 1,5$  est significatif

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{4778,58}{3779,63} = 1,264 < \frac{\sigma_{en}}{\sigma_{a}} = 1,5$$

d'où : Le radier sera ferrillé sous la charge (réaction du sol de bas en haut) uniformément répartie  $q$  qui correspond à  $\sigma_{sp1} = 11,1 \text{ t/m}^2$

Ferraillage des panneaux du radier :

Le schéma des moments de calcul est le même que celui pour les dalles

Panneau A :  $q = \sigma_{sp1} = 11,1 \text{ t/ml}$  (pour une bande de 1 ml)

$$\rho = \frac{\rho_x}{\rho_y} = \frac{5,75}{5,75} = 1 \Rightarrow \mu_x = 0,0423 ; \mu_y = 1$$

$$M_{ox} = M_{oy} = \mu_x q l_x^2 = 0,0423 \cdot 11,1 \cdot 5,76^2 = 15,524 \text{ t.m}$$

$$M_{tx} = 0,85 M_{ox} = 13,195 \text{ t} \quad \text{et} \quad M_{app} = 0,5 M_{ox} = 7,762 \text{ t.m}$$

Calcul du ferraillage (Pierre Charon)

en travée suivant  $l_x \Rightarrow h_x = 54 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{15 M}{\sigma_a b h_x^2} = \frac{15 \cdot 13,195 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 54^2} \left. \begin{array}{l} \Rightarrow \\ k = 58,8 \\ \epsilon = 0,9324 \end{array} \right\} \sigma'_b = 47,86 \text{ kg/cm}^2 < \sigma'_b \Rightarrow A' = ($$

$$A_{tx} = \frac{M}{\sigma_a \cdot \epsilon \cdot h_x} = \frac{13,195 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9324 \cdot 54} = 9,36 \text{ cm}^2$$

suitant  $\rho_y$ :  $\rho_y = 54 - \phi = 52,8 \text{ cm}$  ( $\phi = 12$ )

$\mu = \frac{15 \cdot 13,195 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 52,8^2} = 0,0253 \Rightarrow \left. \begin{matrix} k=57 \\ E=0,9306 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \sigma_b' = 49,12 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$

$A_{ty} = \frac{13 \cdot 195 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 52,8^2} = 9,59 \text{ cm}^2$

d'où l'on adopte  $A = A_{tx} = A_{ty} = 10,17 \text{ cm}^2/\text{ml} = 9T12/\text{ml}$

en continuité  $M_{app} = 0,5 M_{0x}$

$\mu = 0,0142 \Rightarrow k=79,5$ ;  $e = 0,9471$ ;  $\sigma_b' = 35,22 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$

$A = 5,42 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{app} = 5,49 \text{ cm}^2/\text{ml} = 7T10/\text{ml} \Rightarrow e = 16 \text{ cm}$

Vérifications des contraintes :

entravée :  $\tilde{\omega} = 0,1926 \Rightarrow k = 55,5$ ;  $E = 0,9291$ ;  $z = 49 \text{ cm}$   $\left\{ \begin{matrix} \sigma_a = 2647,8 < \bar{\sigma}_a \\ \sigma_b' = 47,7 \text{ kg/cm}^2 \leq \bar{\sigma}_b' \end{matrix} \right.$

aux appuis :  $\tilde{\omega} = 0,1017 \Rightarrow k = 78,5$ ;  $E = 0,9465$ ;  $z = 51,11 \text{ cm}$   $\left\{ \begin{matrix} \sigma_a = 2766,27 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \\ \sigma_b' = 35,24 < \bar{\sigma}_b' \end{matrix} \right.$

Condition de non fragilité

suitant  $\rho_x$  :  $A_x \geq \frac{b h x}{2} \cdot 4 \cdot (2-p) \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \cdot \left(\frac{R_0}{h x}\right)^2 = \frac{100 \cdot 54}{2} \cdot 0,54 \cdot (2-1) \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{58}{54}\right)^2 = 3,54 \text{ cm}^2$  vérifié

suitant  $\rho_y$  :  $A_y \geq \frac{b h y}{4} \cdot 4 \cdot (1+p) \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \cdot \left(\frac{R_0}{h y}\right)^2 = \frac{100 \cdot 54,8}{4} \cdot (1+1) \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{58}{54}\right)^2 = 3,46 \text{ cm}^2$  vérifié

d'où le tableau

		A	B	C	D
travée sens x	A adop.	9T12	8T10	8T12	9T10
	e	12cm	14cm	14cm	12cm
travée sens y	A adop.	9T12	5T10	8T12	5T10
	e	12cm	25cm	14cm	25cm
appuis 0,5 Mo partout	A adop.	7T10	7T10	7T10	7T10
	e	16cm	16cm	16cm	16cm

# CHAPITRE 10

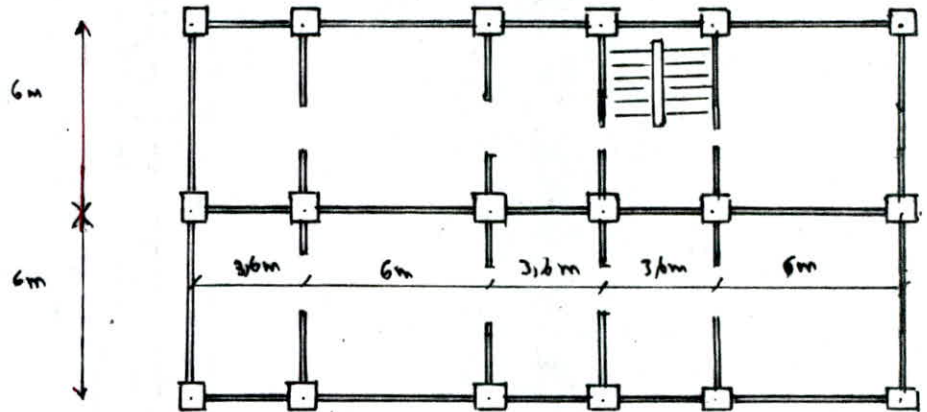
---

## SOUS-SOL



## Etude des voiles du sous-sol

### Présentation des voiles



Les voiles périphériques du sous-sol reprennent les poussées des terres (forces horizontales, les charges verticales du plancher R.D.C. (commerce) et par diffusion une partie de l'effort normal véhiculé par les poteaux. Ces voiles doivent assurer une bonne étanchéité par rapport au milieu extérieur. (On hydrofuge la surface).

Les voiles intérieurs reprennent les charges verticales dues au plancher commerce, une partie de l'effort normal revenant au poteau. Ils servent en outre de renforts aux voiles périphériques. Tout ces voiles forment ensemble une boîte qui assure une grande rigidité aux fondations (radier).

#### a) sous la poussée des terres :

on a la contrainte  $\sigma_z = K_a \cdot \gamma \cdot z = \left[ \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \cdot \gamma \cdot z$

où  $\gamma$  : poids spécifique des terres =  $2 \text{ t/m}^3$

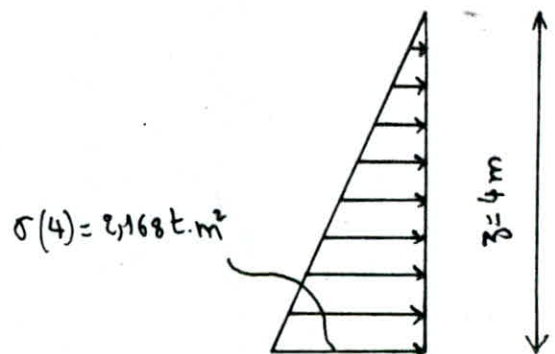
$c$  : coefficient de cohésion = 0 ;  $\varphi$  : angle de frottement interne =  $35^\circ$

d'où  $K_a = 0,271$

en considérant une bande de 1ml

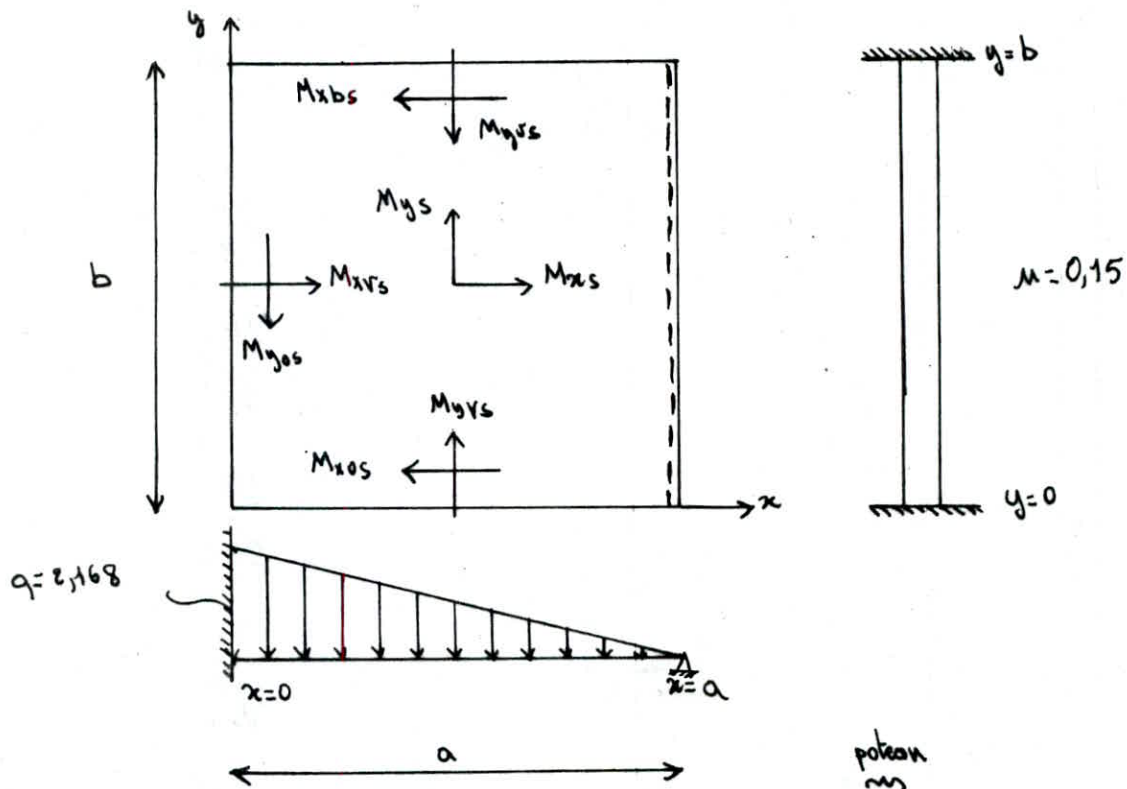
$\sigma_z = 0,271 \cdot 2 \cdot 4 = 2,168 \text{ t/m}^2$

A droite est représenté le diagramme des contraintes sur le voile sous l'effet de la poussée des terres.



Les voiles périphériques sous la poussée des terres seront ferrillés comme pour des panneaux de dalle chargés triangulairement, encastrés sur 3 côtés et appuyés sur le 4<sup>e</sup> côté (plancher dalle)

En utilisant les tables de Barrès: Table 1,73 a



1) Panneau de dalle :  $a = 4,00 - 0,17 = 3,83\text{m}$   $b = 6,00 - 0,55 = 5,45\text{m} \Rightarrow \delta = 0,70$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{x\text{max}} = 0,610\text{t.m} \\ M_{y\text{rmax}} = -1,095\text{t.m} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M_{x\text{rb}} = -1,606\text{t.m} \\ M_{y\text{os}} = \mu \cdot M_{x\text{rs}} = 0,241\text{t.m} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} M_{y\text{smax}} = 0,367\text{t.m} \\ M_{x\text{osmax}} = M_{x\text{bmax}} = \mu \cdot M_{y\text{lmax}} = 0,164\text{t.m} \end{array} \right.$$

ferrillage (P. charon)

en travée suivant x:  $r_x = 14\text{cm}$   $\mu = 0,0167 \Rightarrow E = 0,942$  et  $K = 72,5 \Rightarrow$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}'_b = 38,6 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{x\text{max}}}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot r} = \frac{610}{2800 \cdot (0,9429) \cdot 14} = 1,65\text{cm}^2$$

suitant y:  $\mu = 0,0106 \Rightarrow$

$$\left. \begin{array}{l} E = 0,914 \\ K = 120 \end{array} \right\} \Rightarrow A = 4,49\text{cm}^2$$

aux appuis:

$$M_{x\text{rs}} = -1,606\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0439 \Rightarrow E = 0,914 \text{ et } K = 41,4 \Rightarrow A = 4,49\text{cm}^2$$

$$\text{pour } M_{y\text{os}} = 0,241 \Rightarrow \mu = 0,0066 \Rightarrow E = 0,9636 \text{ et } K = 120 \Rightarrow A = 0,64\text{cm}^2$$

$$M_{x\text{osmax}} = 0,164\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0045 \Rightarrow E = 0,963, K = 148 \Rightarrow A = 0,423\text{cm}^2$$

$$M_{y\text{rs}} = 1,095\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0299 \Rightarrow E = 0,924 \text{ et } K = 52 \Rightarrow A = 3,02\text{cm}^2$$

2) panneau de dalle :  $a = 3,83\text{m}$  ;  $b = 3,05\text{m} \Rightarrow \lambda = \frac{b}{a} = 0,8$

$$\begin{cases} M_{xs\max} = 0,235\text{t.m} \\ M_{yos} = \mu M_{xrs} = 0,117\text{t.m} \end{cases} \quad \begin{cases} M_{xrs} = 0,782\text{t.m} \\ M_{xom\max} = M_{xb\max} \end{cases} \quad \begin{cases} M_{y\max} = 0,111\text{t.m} \\ M_{yr\max} = -0,738\text{t.m} \end{cases}$$

en travée : suivant x :  $M_{xs\max} = 0,235\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0064 \Rightarrow A = 0,62\text{cm}^2$

suivant y :  $M_{y\max} = 0,150\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0041 \Rightarrow A = 0,40\text{cm}^2$

aux appuis :  $M_{xrs} = 0,782\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0214 \Rightarrow A = 2,13\text{cm}^2$

$M_{yos} = 0,117\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0032 \Rightarrow A = 0,308\text{cm}^2$

$M_{yrs} = 0,738\text{t.m} \Rightarrow \mu = 0,0202 \Rightarrow A = 2\text{cm}^2$

N.B : Les sections d'armatures trouvées permettant de reprendre les efforts dus à la poussée des terres sont faibles, en particulier en travée. On adoptera donc un ferrailage définitif après que l'on aura déterminé aussi les sections d'armatures nécessaires pour les cas b et c suivants :

b) Sous les charges verticales :

- plancher :

$$P = 500\text{kg/m}^2 ; G = 639\text{kg/m}^2$$

$$q = G + 1,2P = 1239\text{kg/m}^2$$

$$N_{pl} = 1239 \cdot (3 - \frac{6}{2}) = 11,151\text{t}$$

- poids propre du voile :

$$0,16 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 2500 = 9600\text{kg} = 9,6\text{t}$$

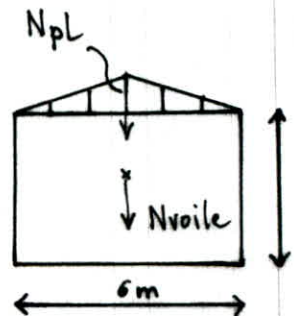
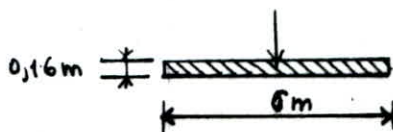
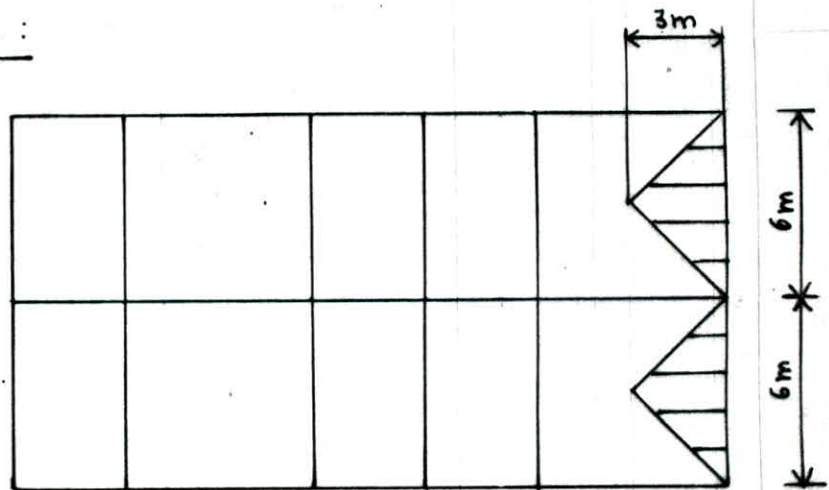
$$N = N_{pl} + N_{poids} = 20,75\text{t}$$

le voile est soumis à la compression.

$$s = 16.600 ; N' = \sigma_b (B' + 15A')$$

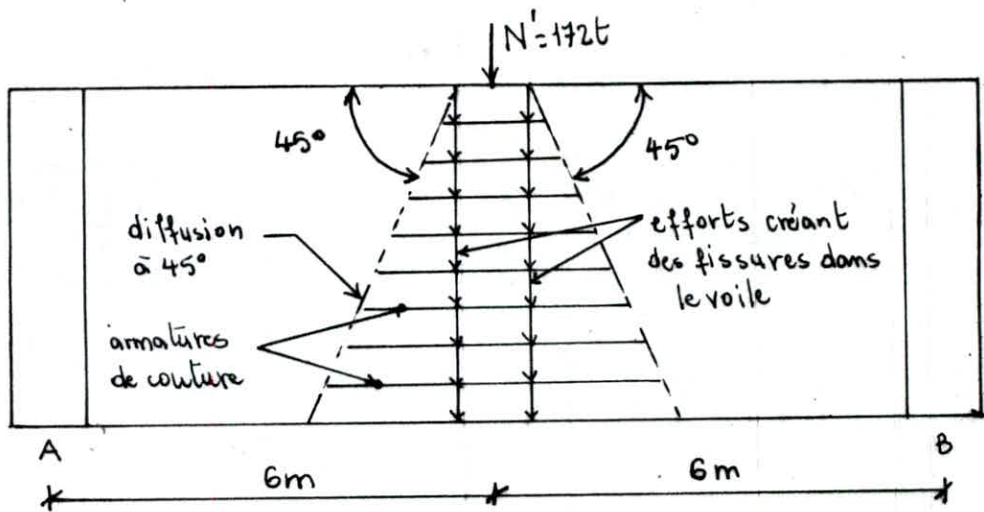
$$A' = \left[ \frac{N'}{\sigma_b} - B' \right] \frac{1}{15} = \left[ \frac{20750}{68,5} - 9600 \right] \frac{1}{15} = -619,80\text{cm}^2 \ll 0$$

donc le béton seul peut supporter l'effort de compression



c) Diffusion des efforts (normaux) des poteaux dans les voiles :

On considère la partie AB du voile périphérique à travers laquelle passe le poteau de rive le plus chargé.



Les coutures doivent pouvoir reprendre de part et d'autre du poteau un effort égal à  $N'/2$  ; sous contrainte  $\approx 0,95\sigma_{en} = 0,9 \cdot 4200 = 3780 \text{ kg/cm}^2$  (Ouvrage: Fuentès)

$$\omega_1 = \frac{N'/2}{0,95\sigma_{en}} = \frac{172 \cdot 10^3 / 2}{3780} = 22,75 \text{ cm}^2 \text{ (sur les deux faces du voile)}$$

On choisit des T10, soit : nombre de barres =  $\frac{22,75}{2} \cdot \frac{1}{0,78} = 14,6 = 15 \text{ T10}$

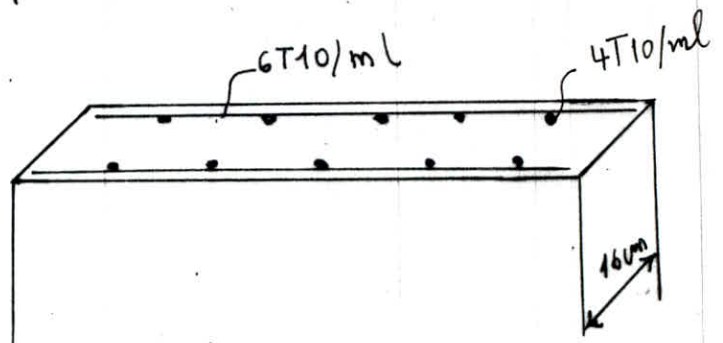
les armatures horizontales se répartissent sur la hauteur de 4m.

$$\frac{400}{14} = 28 \text{ cm} \approx 4 \text{ T10/ml} = 3,12 \text{ cm}^2 < A = 4,49 \text{ cm}^2$$

$A = 4,49 \text{ cm}^2$  (voir appuis pour le panneau a = 3,83m et b = 5,45 m)

Donc on choisit forfaitairement une section d'armatures. Cette section respecte les appuis  $6 \text{ T10/ml} = 4,68 \text{ cm}^2$  pour les armatures horizontales pour les armatures verticales on prendra  $4 \text{ T10/ml} = 3,12 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Remarque: Tous les voiles y compris les intermédiaires seront armés identiquement.



# Bibliographie

- Calcul et vérification des ouvrages en béton armé.  
(cours et exercices) Pierre Charon.
- Calcul pratique des ossatures de bâtiments en béton armé.  
Albert Fuentès
- Calcul des ouvrages en béton armé.  
M. Belazougui
- Traité de béton armé. (tome 4)  
A. Guerrin et R.C. Lavour
- Aide-mémoire de béton armé.  
Victor Davidovici
- Règles techniques pour le calcul des ouvrages en béton armé.  
(C.C.B.A. 68)
- Règlement parasismique Algérien  
(R.P.A. 81)
- Tables pour le calcul des dalles  
Barrès





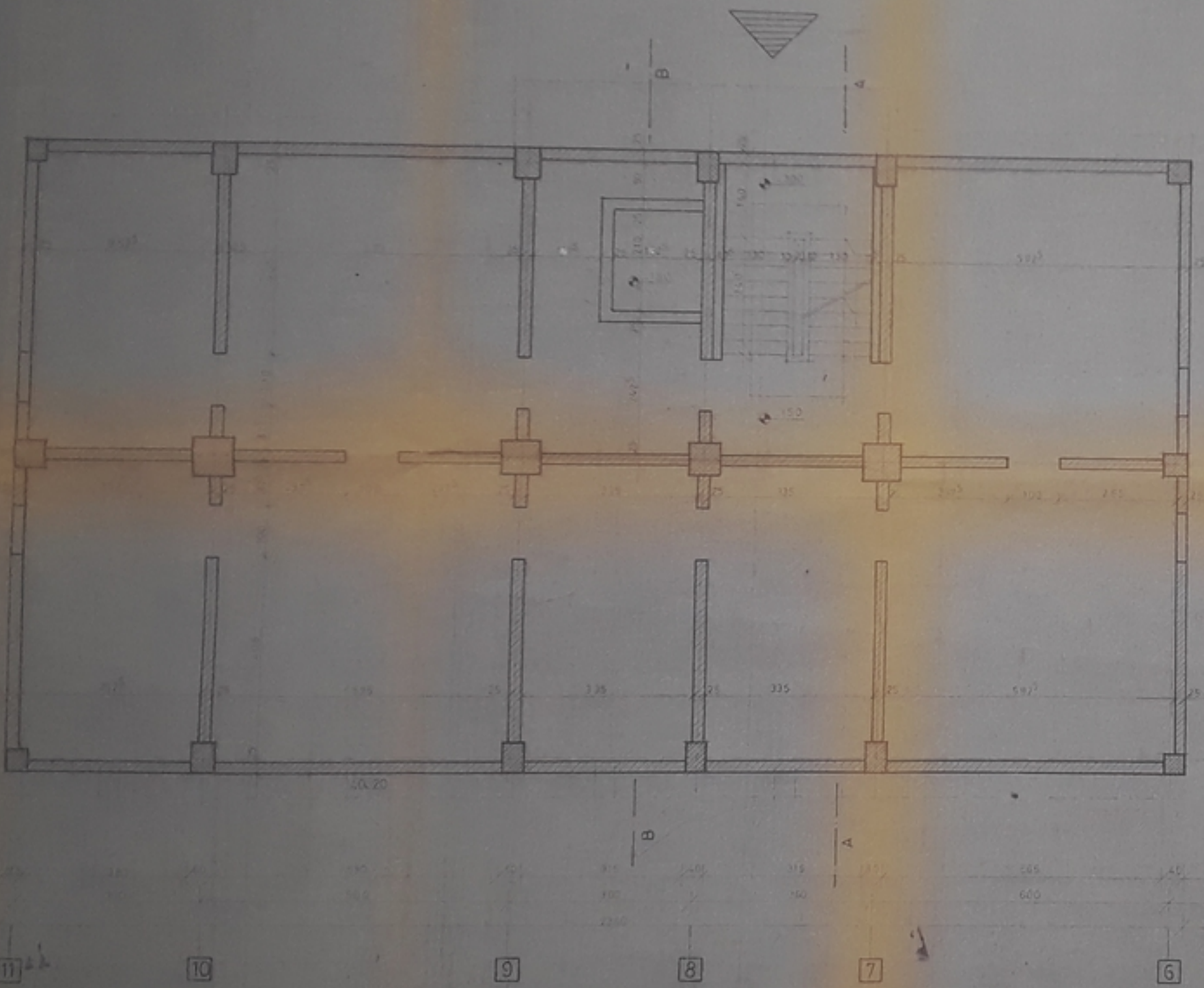
9804687  
.1-

**berep**  
REPUBLICAN ARCHITECTURE  
DIMENSION II PAVILION

RENOVATION DU CENTRE VILLE DE BUDA  
TRANCHE 1 - 14 LOGEMENTS

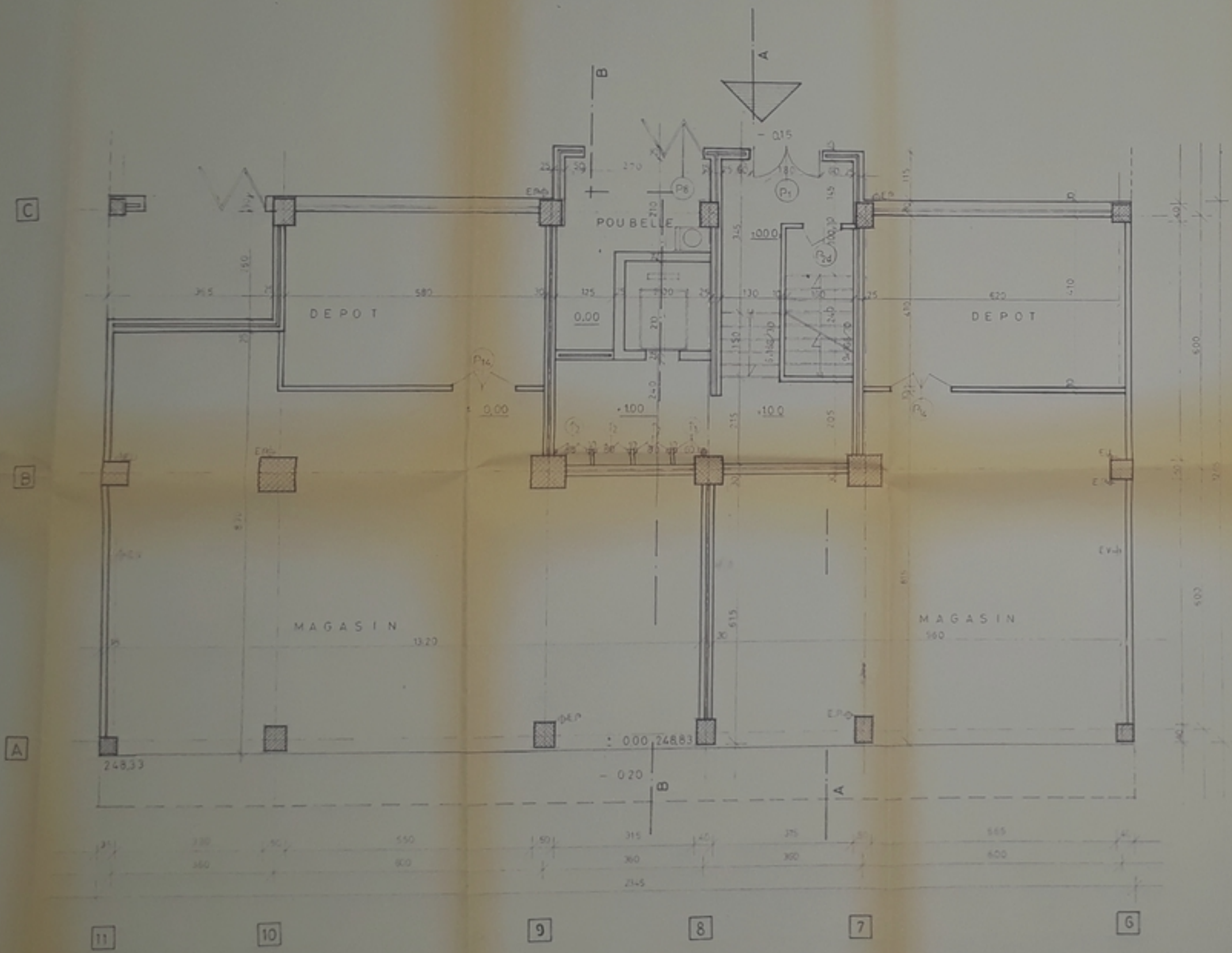


FACADE PRINCIPALE



PB046 57  
-2-

**herap** HERAP SA  
 RENOVATION DU CENTRE  
 TRAVAIL  
 VIDE SANCTUAIRE



1804687  
- 3 -

**berep**

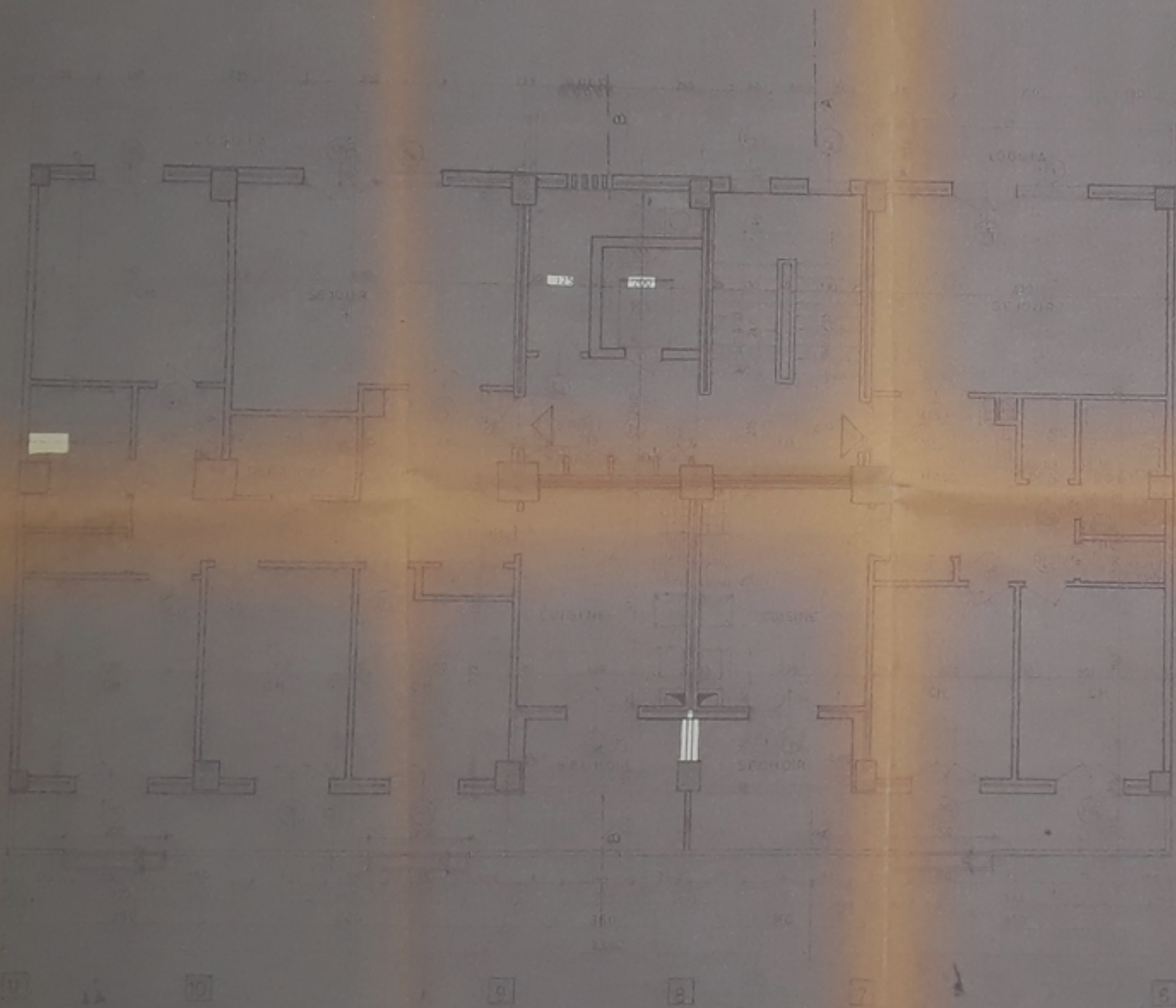
الجمعية المغربية للمهندسين المعماريين  
Région A  
D. Département de l'Urbanisme

RENOVATION DU CENTRE VILLE DE BORDJ



MAÎTRE D'ŒUVRE



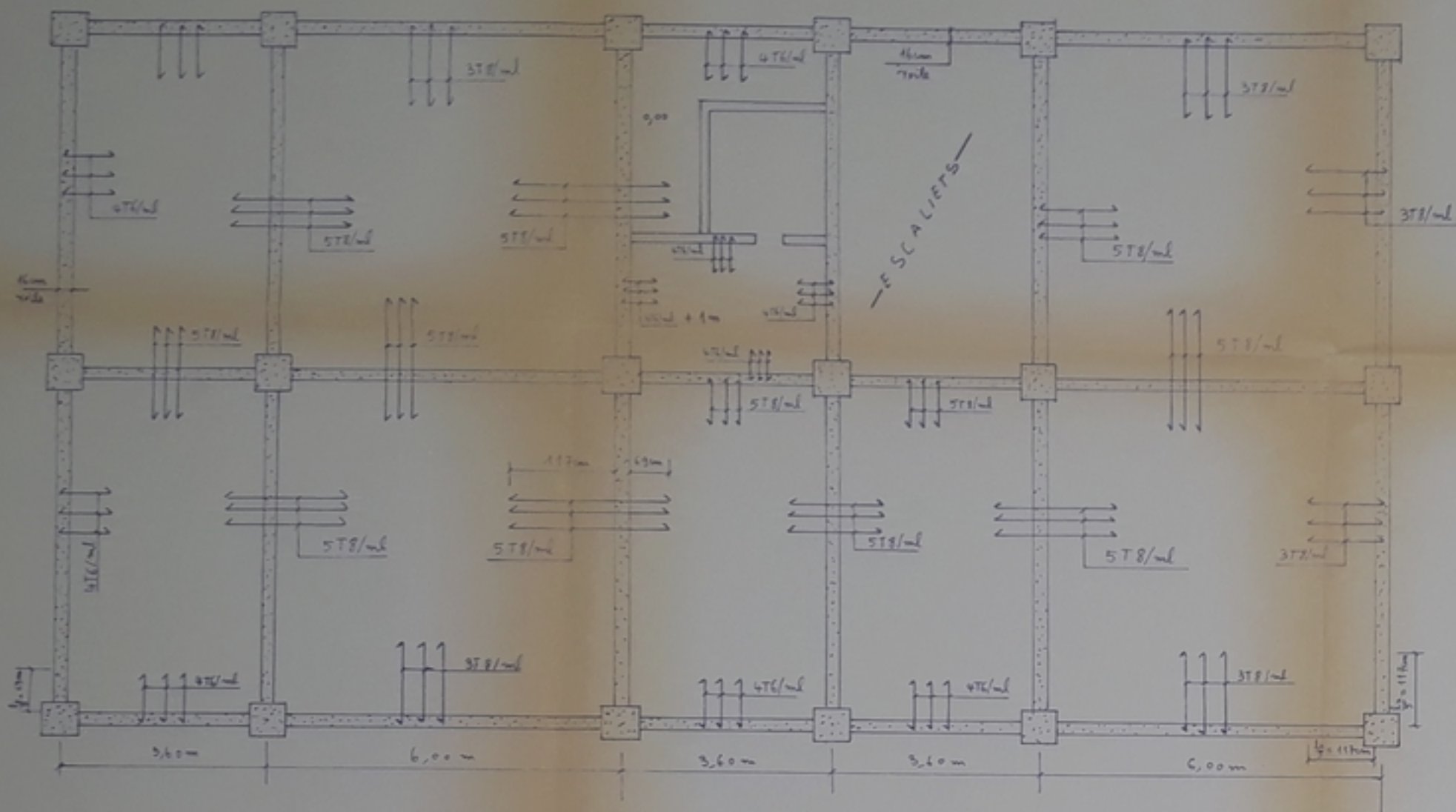


AB04687  
-4-

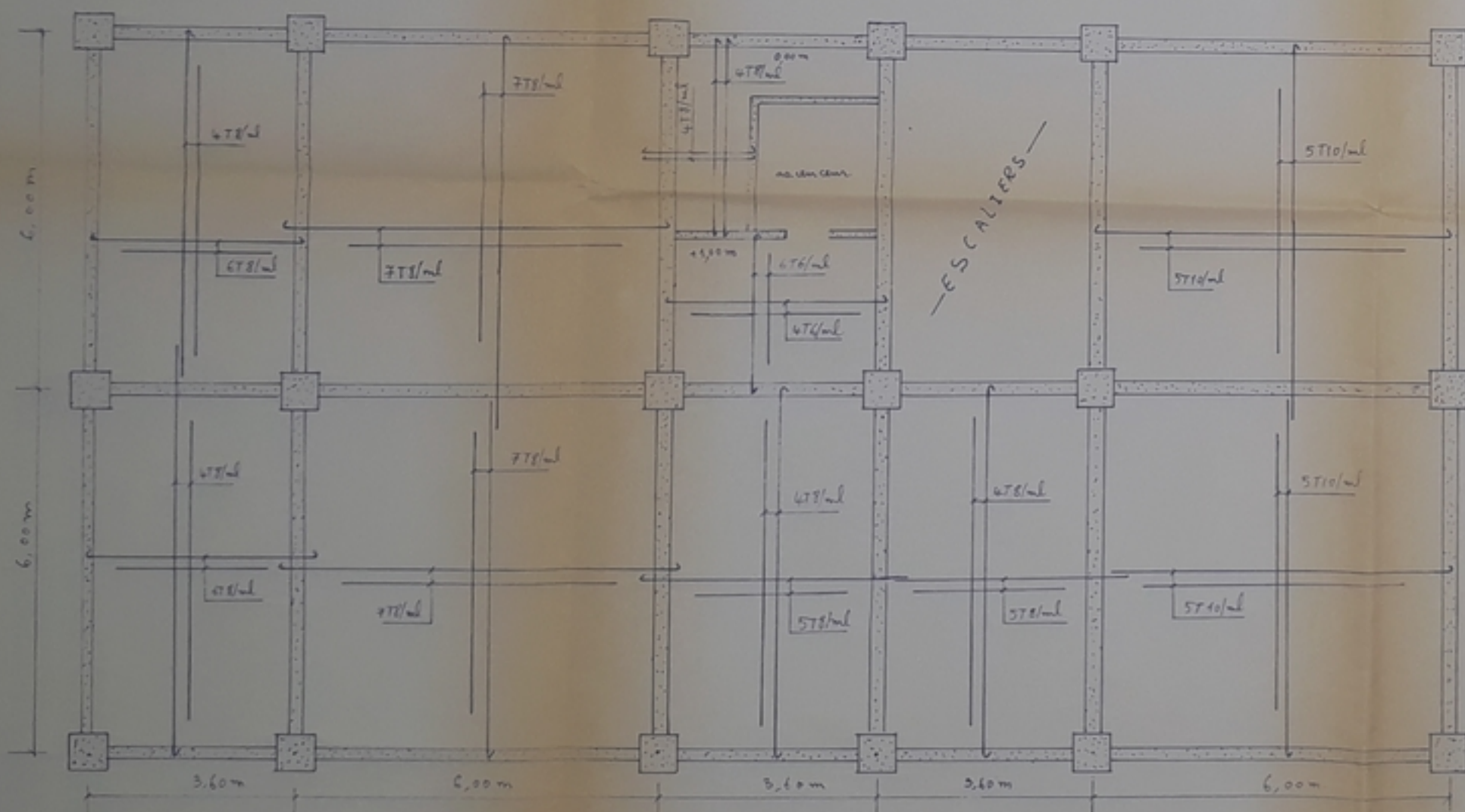
berap



\* Armatures supérieures



\* Armatures inférieures

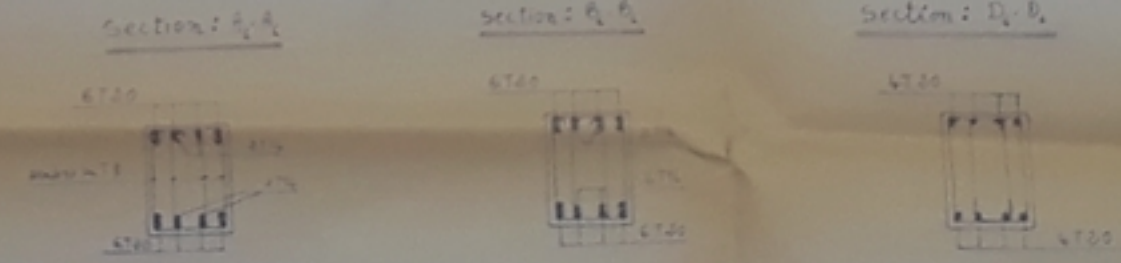
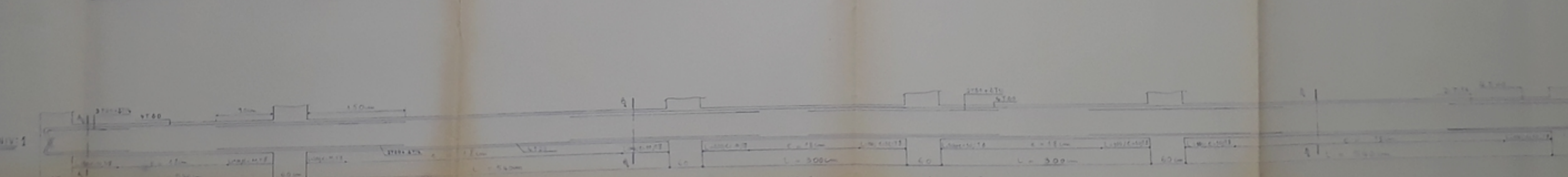
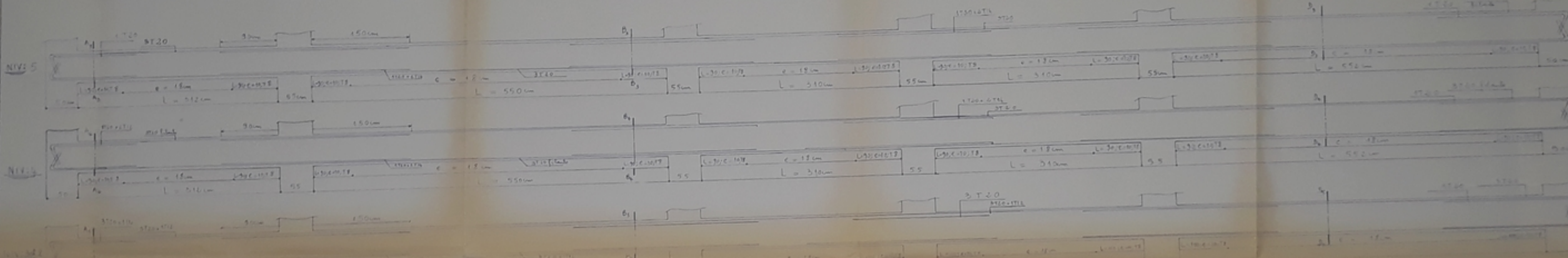
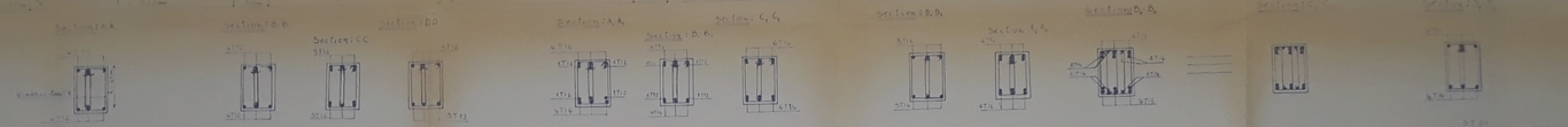
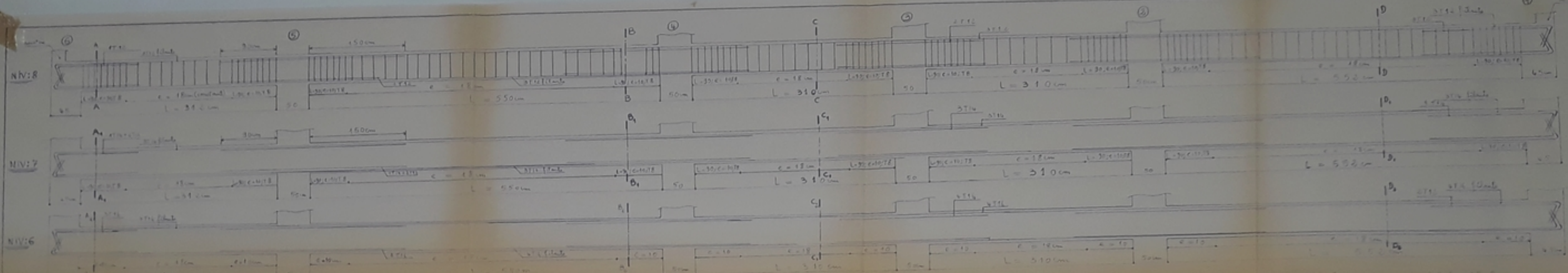


ECHELLE 1/60

1804687

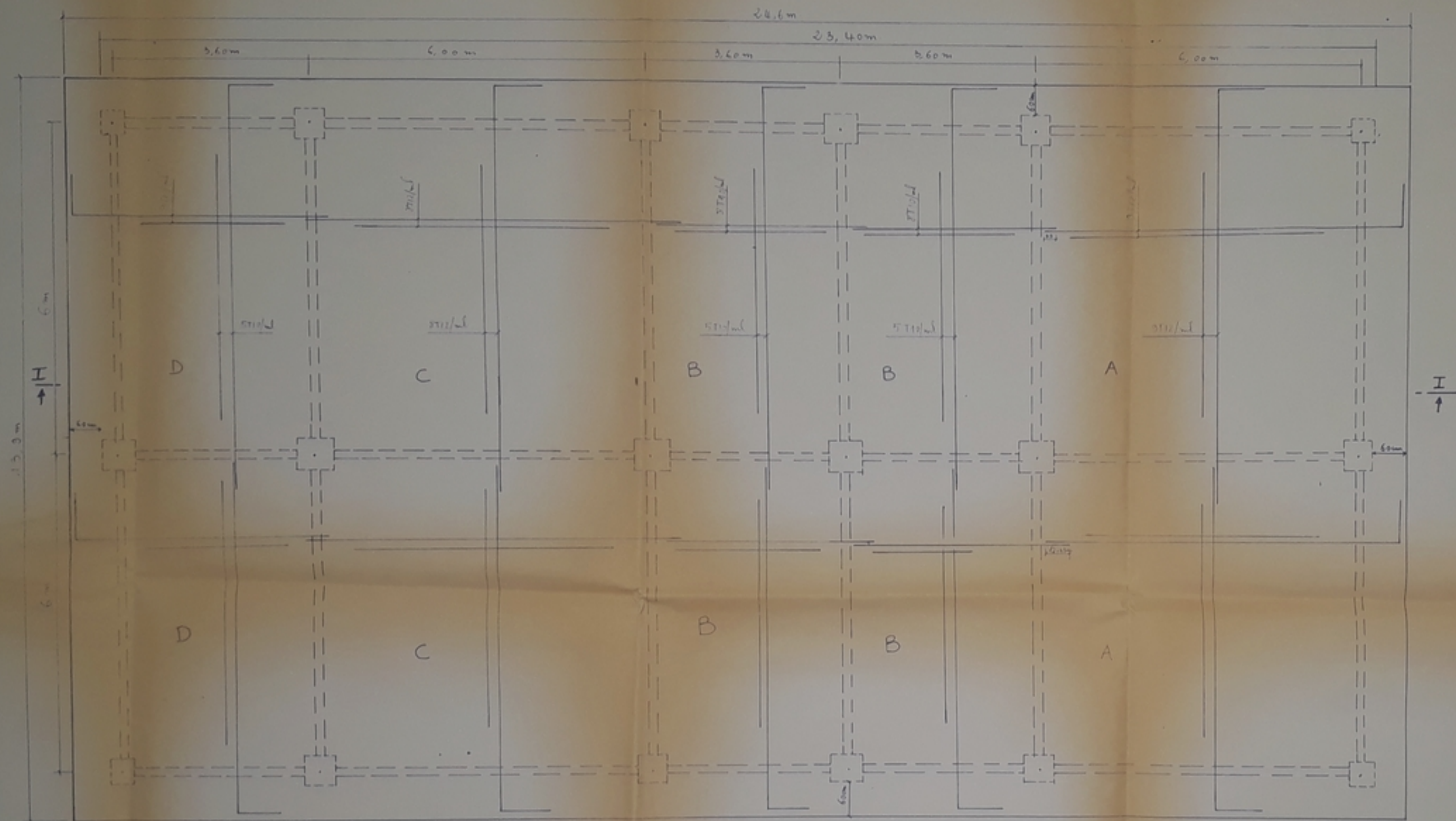
-6-

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE et POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
DEPARTEMENT GENE CIVIL	
PROMOTION JUIN : 1987	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
FERAILLAGE DES DALLES: <sup>planche</sup> EDC (5m)	Proposé par: BEREP
Etudié par: AIT-SAÏD-SID ECHIKR-Z	DIRIGE par: M <sup>E</sup> HAFIDI

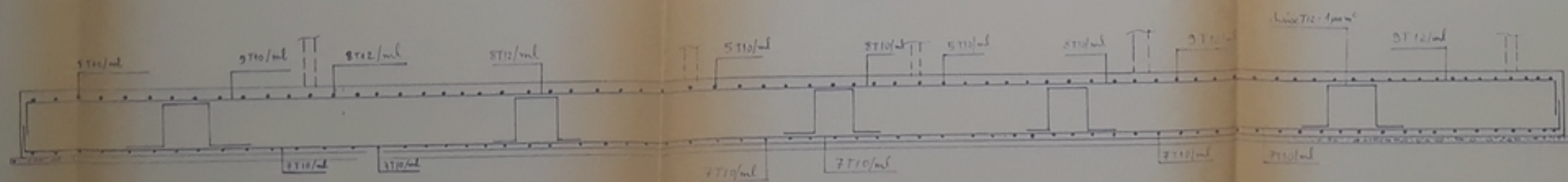


FB04687  
-2-

REPUBLIQUE ALGERENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT GENE CIVIL	
PROMOTION JUIN 87	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
PLANS DE FERRAILLAGE DES POUTRES PORTIQUES B-B	PROJESSEUR BEREDJ
ELABORE PAR Z. ECHIER S. AIT SAID	DIRIGE PAR M. HASSIDA



coupe: I-I

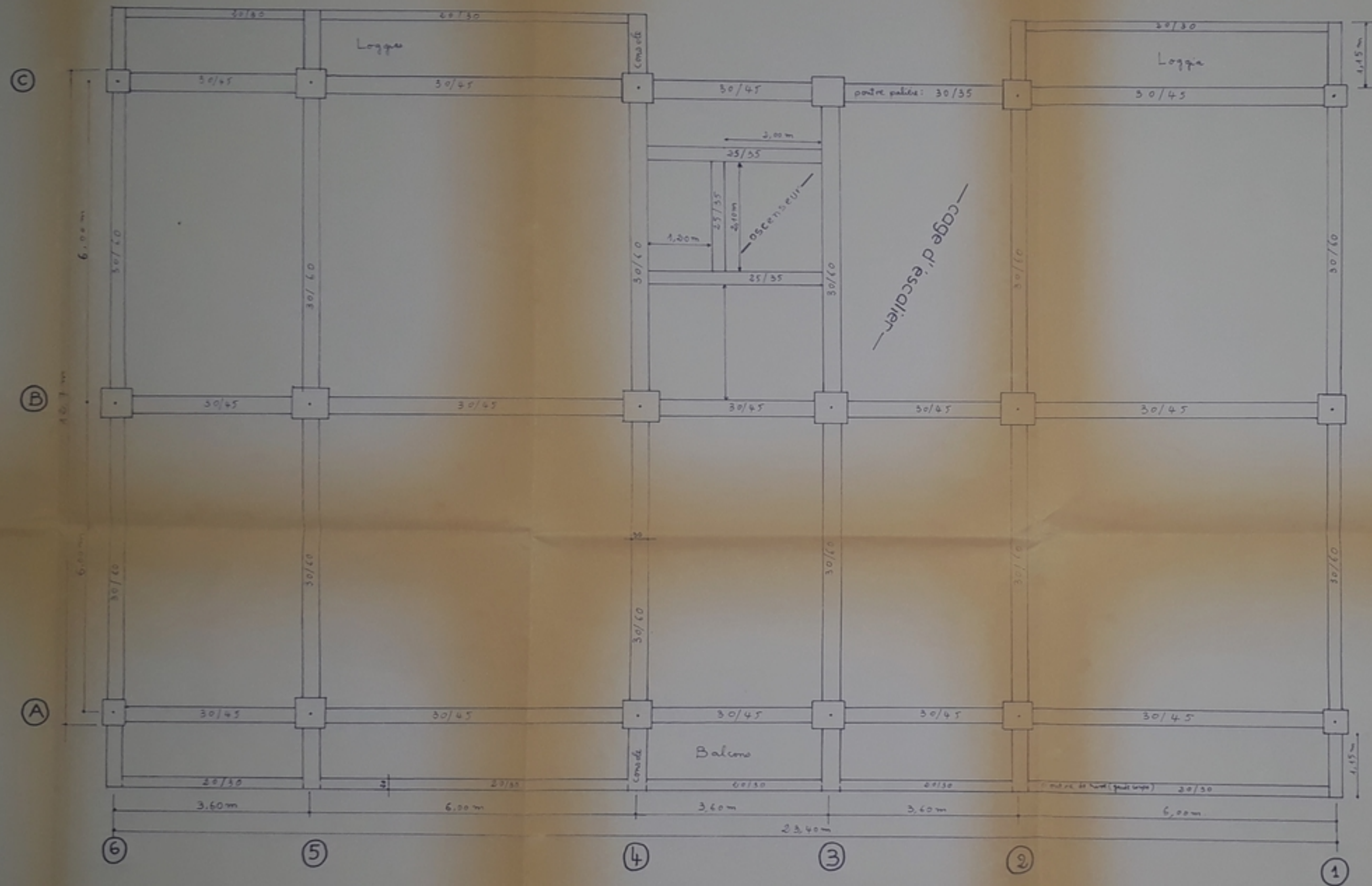


FB04687  
- 8 -

Echelle: 1/40



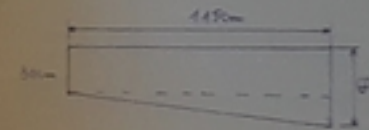
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT GENE CIVIL	
PROMOTION JUIN: 1987	
Projet de FIN D'ETUDES	
FERRAILLAGE DU RADIER	proposé par: BEREP
étudié par: AIT-SAÏDS ECHKR-Z	dirigé par: ME HAFIDI



\* Toutes les solives de poteaux sont croisées, leurs "travées" en dessous sont données dans le tableau suivant :

travée	centrale	de bord	à angle
1 <sup>ère</sup> travée	60x60	55x55	45x45
2 <sup>ème</sup> travée	55x55	50x50	40x40
3 <sup>ème</sup> travée	(50x50) <sup>2</sup>	(45x45) <sup>2</sup>	(35x35) <sup>2</sup>

\* croisée :



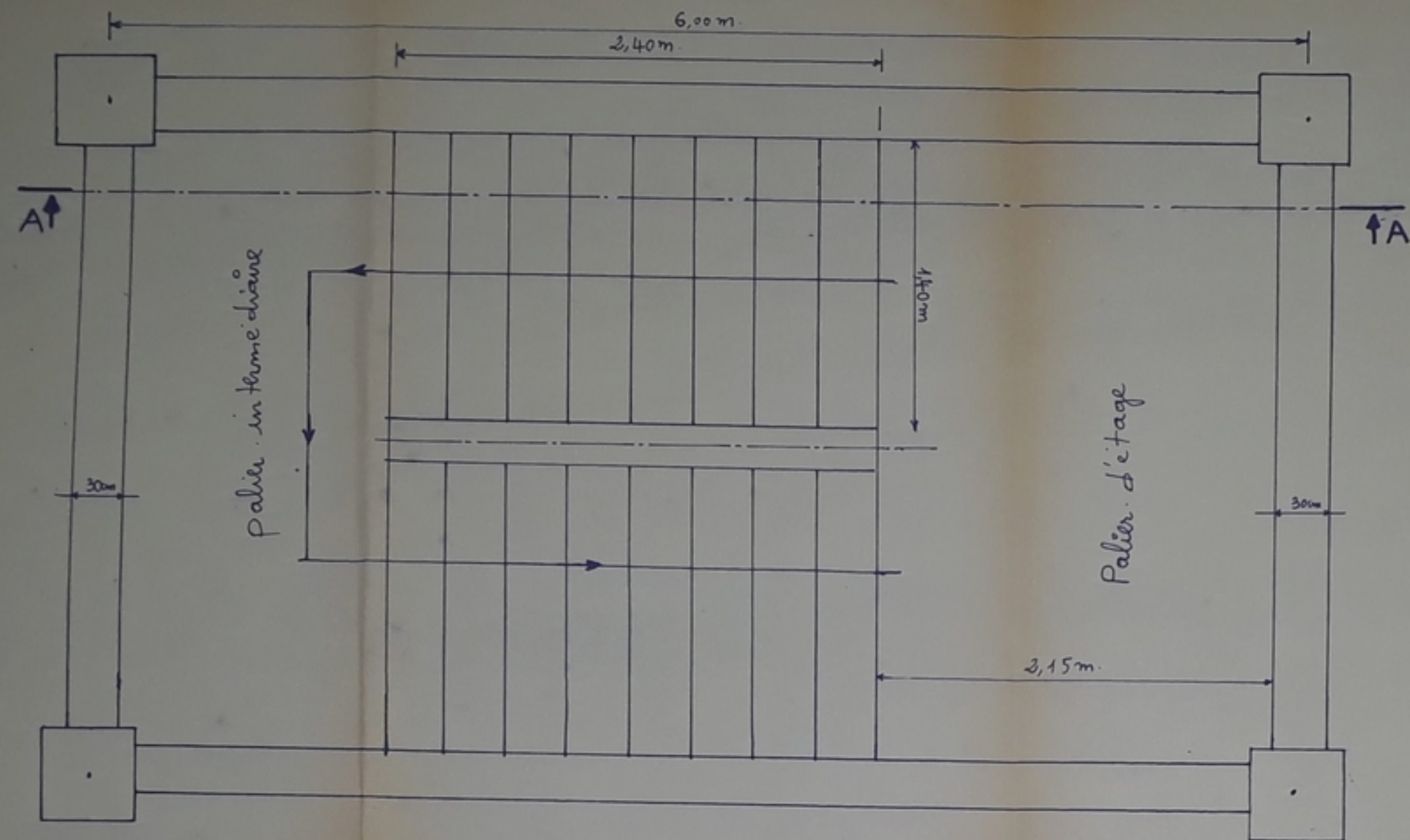
- \* NOTA : (pour les niveaux 1, 2 et 3<sup>ème</sup>)
- Les poutres longitudinales changent de dimension et deviennent 35/50 ( $b=35; h_f=50$ ).
  - Les poutres transversales changent également et deviennent : 35/60 ( $h_f=ct^2$ )

PB04685  
- 3 -

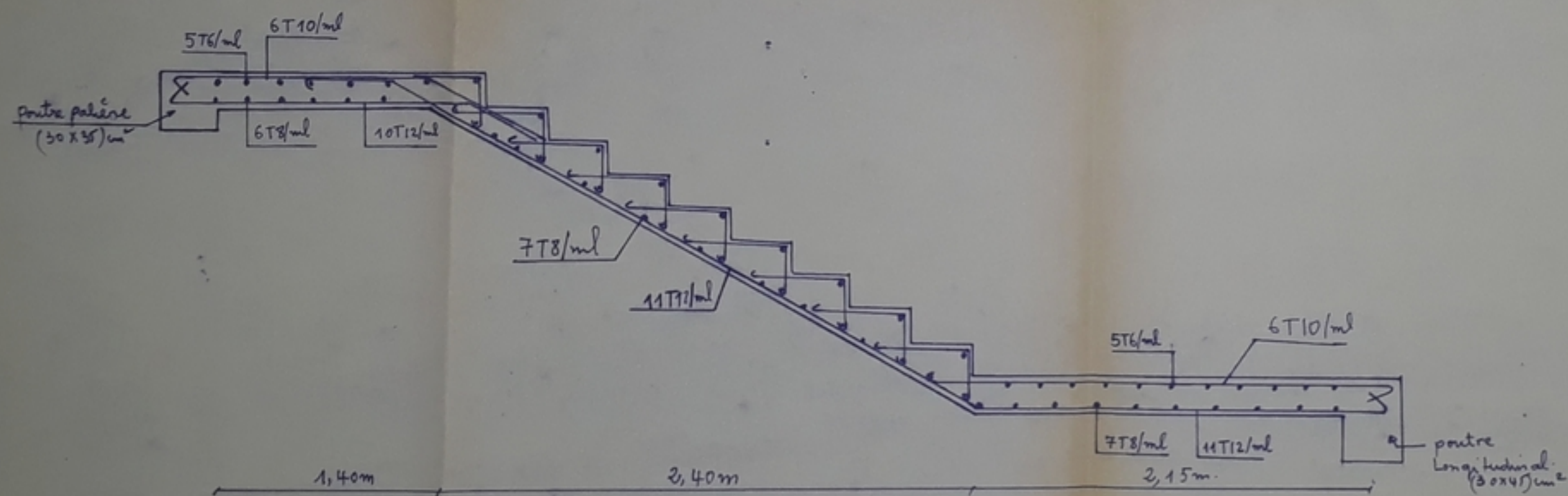
Echelle: 1/40



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT GENIE CIVIL	
PROMOTION JUIN: 1987	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
PLAN DE COFFRAGE	proposé par: BEREP
etudié par: AIT-SAÏDS ECHIKR-Z	dirigé par: ME HAFIDI



PB04687  
-10-



COUPE: A-A



REPUBLIQUE ALGERIENNE  
DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

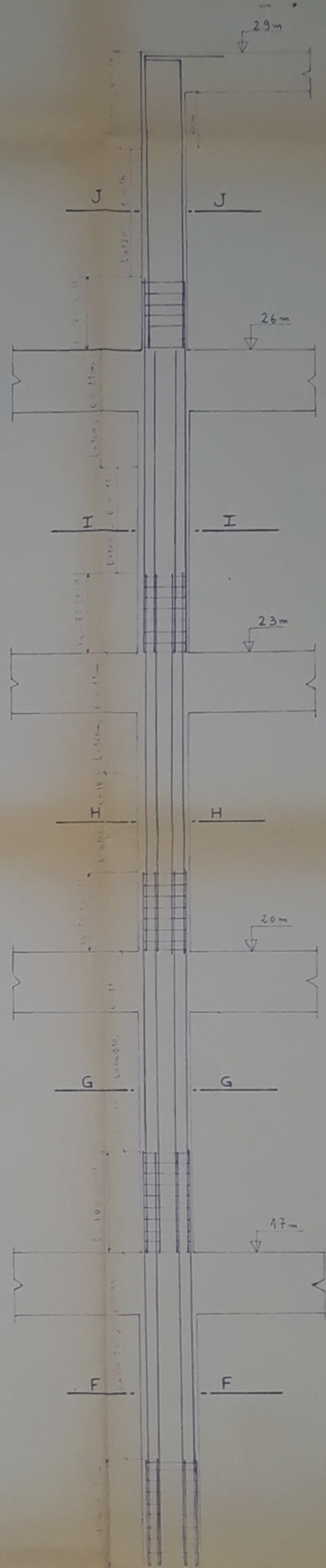
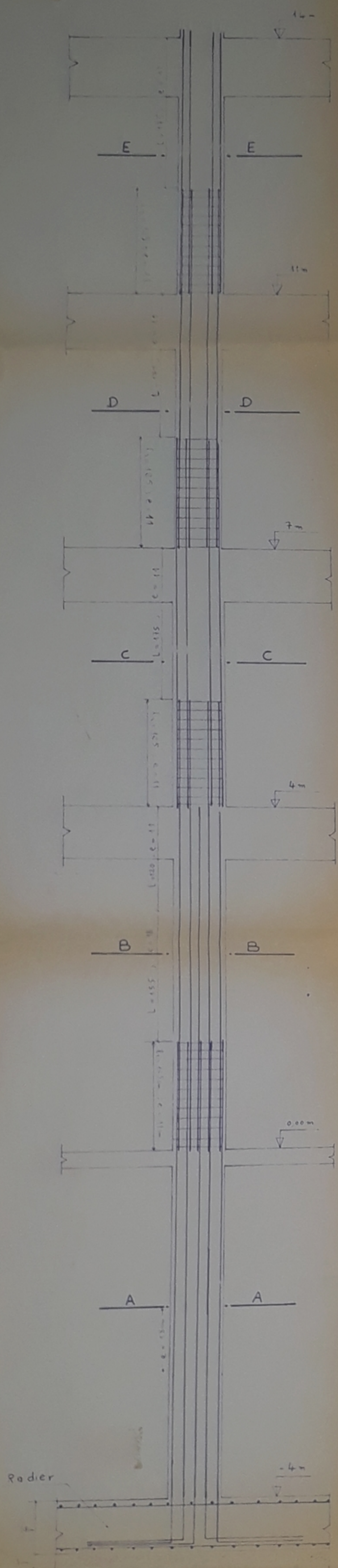
PROMOTION JUIN: 1987

FR RAILLAGE  
de ESCALIERS

PROPOSE PAR:  
BEREP

ETUDIE PAR:  
AIT-SAÏD-SID  
ECHIKR-Z

DIRIGE PAR:  
M<sup>e</sup> HAFIDI



Echelle: 1/25

#E04687  
-11-



REPUBLIQUE ALGERIENNE  
DEMOCRATIQUE & POPULAIRE

ECOLE NATIONALE  
POLYTECHNIQUE  
DEPARTEMENT: GENIE - CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

PROMOTION: JUIN 87

FERRAILLAGE  
DU POTEAU-B<sub>2</sub>

ETUDE PAR:  
AIT-SAÏD - S  
ECHIKR - Z

PROPOSE PAR  
BEREP

DIRIGE - PAR  
M<sup>e</sup> HAFIDI

COUPES: AA*BB	COUPE C-C	COUPES: D-D*EE	COUPE F-F	COUPE: G-G	COUPE: H-H I-I	COUPE: J-J
SOUS SOL & RDC	1 <sup>er</sup> étage	2 <sup>ème</sup> et 3 <sup>ème</sup> étage	4 <sup>ème</sup> étage	5 <sup>ème</sup> étage	6 <sup>ème</sup> et 7 <sup>ème</sup> étage	(In de peu haute) accès aux machines (ascenceur)
Sect <sup>m</sup> : (60x60)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (60x60)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (55x55)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (55x55)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (50x50)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (50x50)cm <sup>2</sup>	Sect <sup>m</sup> : (45x45)
16 T25 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T20 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T16 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T16 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T16 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T16 2 cadres en Ø 10 sur tout étage	4 T14 cadre Ø 8



