

13/87

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
École Nationale Polytechnique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE D'UN BATIMENT R + 9
A USAGE D'HABITATION
R. D. C. COMMERCIAL
PORTIQUES - AUTOSTABLES

Proposé par :

B. A. E. B.

Etudié par :

BOUCHELAREM Med

BOUALI Rachid

Dirigé par :

BAOUCHE

SENDJANI

PROMOTION : JANVIER 1987

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة الفتيات
BIBLIOTHÈQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

ETUDE D'UN BATIMENT R + 9
A USAGE D'HABITATION
R. D. C. COMMERCIAL
PORTIQUES - AUTOSTABLES

12 PLANCHES

Proposé par :

B. A. E. B.

Etudié par :

BOUCHELAREM Med

BOUALI Rachid

Dirigé par :

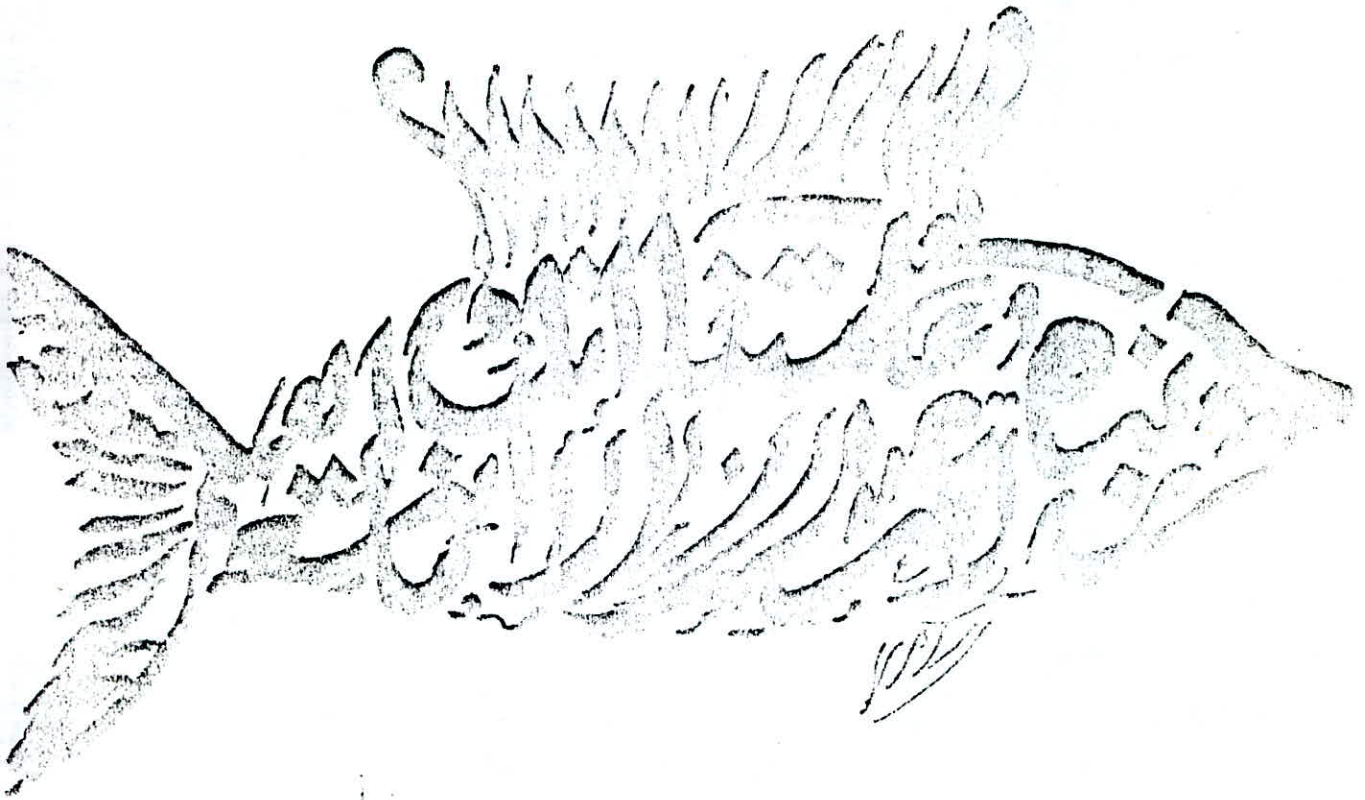
BAOUCHE

SENDJANI

PROMOTION : JANVIER 1987

مكتبة المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique



مكتبة المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات

ملخص

هذا المشروع الذي يخص تجديد وسط مدينة البليدة يتمثل في دراسة عناصر المقاومة لعمارة ذات تسع (9) طوابق مخصصة للسكن بالطابق العليا أما الطابق الأول (الارضى) فهو طابق تجارى والطابق الثالث خاص للمكاتب .
تمت دراسة هذا المشروع وفقا للتوانين الجزائرية لوقاية البناءات ضد الزلازل .

Resume

Ce projet qui rentre dans le cadre de la rénovation du centre-ville de Blida situé en Zone II consiste à étudier les éléments résistants d'un bâtiment R+9 à usage d'habitation dont le R.D.C est consacré aux commerces et le 1er étage est à usage de bureaux.

Ce bâtiment est contreventé par des portiques autostables.

Les calculs ont été faits suivant les règles parasismiques algériennes (R.P.A 81).

Summary

This project which enters within the framework of renovation of BLIDA Center whis is located in an area of average seismicity (area II), consists in studying the resisting elements of a mine-story residential building the ground.

Floor of which is intended to trade and the first floor is intended to offices.

This building is wind-braced by self-stabilizing frames.

The design hasbeen made according to the Algerian aseismic code (RPA 81).

Remerciement

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Nous remercions tout d'abord " DIEU " sous lequel ce modeste travail ne serait jamais accompli .

Nous remercions aussi cordialement

Notre promotrice Mme BAUCHE qui n'a jamais hésité à nous aider à tout moment .

Notre promoteur Mr SENDJANI (D.T-C.T.C)

pour ces conseils pratiques et son entière disponibilité .

Messieurs (les ingenieurs du C.T.C)

YAVARI - DERMOUNE DJANI - HOURIER - pour leurs aides et conseils fructueux .

Nos vif remerciements à tous les professeurs qui ont contribué à notre formation .

A tous nos amis qui ont contribué de proche ou de loin .

Sans oublier de remercier les Messieurs OUAZIT NOUR-EDDINE -IRKI

Abdewahab - ELBEY Fouad ainsi que Mme CHADOLI pour les facilités qui nous ont accordées avec dévouement le long de l'elaboration de ce projet .

Nous remercions à la fin tous les agents de la bibliotheque de l'E.N.P qui nous ont facilités la tache du prêt des documents .

BOUCHELAREM Med

BOUALI Rachid

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Dedicaces

Je dedie ce modeste travail
A mes parents pour leurs long sacrifices
A mes frères et sœurs et en particulier Redouane
A toute la famille
Aux enseignants jamais oubliés

M^r LAMALI

M^{me} LATRECHE.

A tous les amis proches et lointains

Boual

Je dedie ce modeste travail .
A ma mère qui a sacrifié son
âge afin que j'arrive à ce stade .
A ma grand - mère -
A mes frères et sœurs -
A la famille HASJI
A tous mes amis -

Bachelier en

Aboumal

TABLE DES MATIERES

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Chapitre 1

1.1. Presentation de l'ouvrage	0
1.2. Caracteristiques mécaniques des matériaux	1
1.3. Descente de charges	3
1.4. Predimensionnement	7

Chapitre 2

Calcul des éléments	
2.1. Acrotère	9
2.2. Escaliers	11
2.3. Planchers	24

Chapitre 3

-Calcul des rigidités	44
-----------------------------	----

Chapitre 4

-Etude au vent	Voir Annexes
----------------------	--------------

Chapitre 5

-Etude au seisme	61
------------------------	----

Chapitre 6

-Etude des portiques	
6.1. Sous les charges horizontales	84
6.2. Sous les charges verticales	101

Chapitre 7

-Superpositions des sollicitations	127
--	-----

Chapitre 8

-Ferrailage des portiques	
8.1. Ferrailage des poutres	154
8.2. Ferrailage des poteaux	168

Chapitre 9

-Calcul des fondations	175
------------------------------	-----

Chapitre 10

-Calcul des longrines 188

Chapitre 11

- Voiles periferiques 190

Chapitre 12

-Bibliographie 194

CHAPITRE 1

INTRODUCTION

Nous nous appretons dans ce present projet à faire l'étude des éléments résistants d'un bâtiment R+9 avec un sous-sol à usage d'habitation dont le R.D.C consacré pour le commerce et le 1er étage est à usage de bureau.

Ce projet qui rentre dans le cadre de la rénovation du centre ville de Blida classée par le C.T.C comme une zone de moyenne sismicité (zone II).

Structure :-

Notre ouvrage est contreventé par des portiques Antostable dans les deux (02) sens, il comprend une cage d'ascenseur, des cages d'escalier ainsi qu'un sous-sol prévu pour des caves locataires.

Les matériaux entrant dans la construction seront conformes aux règles techniques de conceptions et à tous les règlements en vigueur en Algérie.

Dimensions :-

- Sens longitudinal : $L=23,20m$
- Sens transversal : $l=12,70m$
- Hauteur total (Local machine compris) : $H=37,50m$
- Hauteur d'étage
 - $h=3,15m$ étage courant
 - $h=6m$ R.D.C

Planchers :-

Les planchers des étages courants sont réalisés en corps creux avec une dalle de compression de 5cm d'épaisseur (20+5).

Les planchers du R.D.C à usage commercial sera réalisé en dalle plein de 20cm d'épaisseur.

Escaliers :-

On a une cage d'escalier qui monte du R.D.C jusqu'au 9^e étage, une 2e cage entre R.D.C et le 1er étage en plus de l'escalier du sous-sol tous ces escaliers seront coulés sur place formés de deux paillasse juxtaposées.

Contraintes du sol :-

La contrainte admissible du sol à été évaluée à 2,50 bars à une profondeur de 5,00m avec Ancrage.

Maçonnerie :-

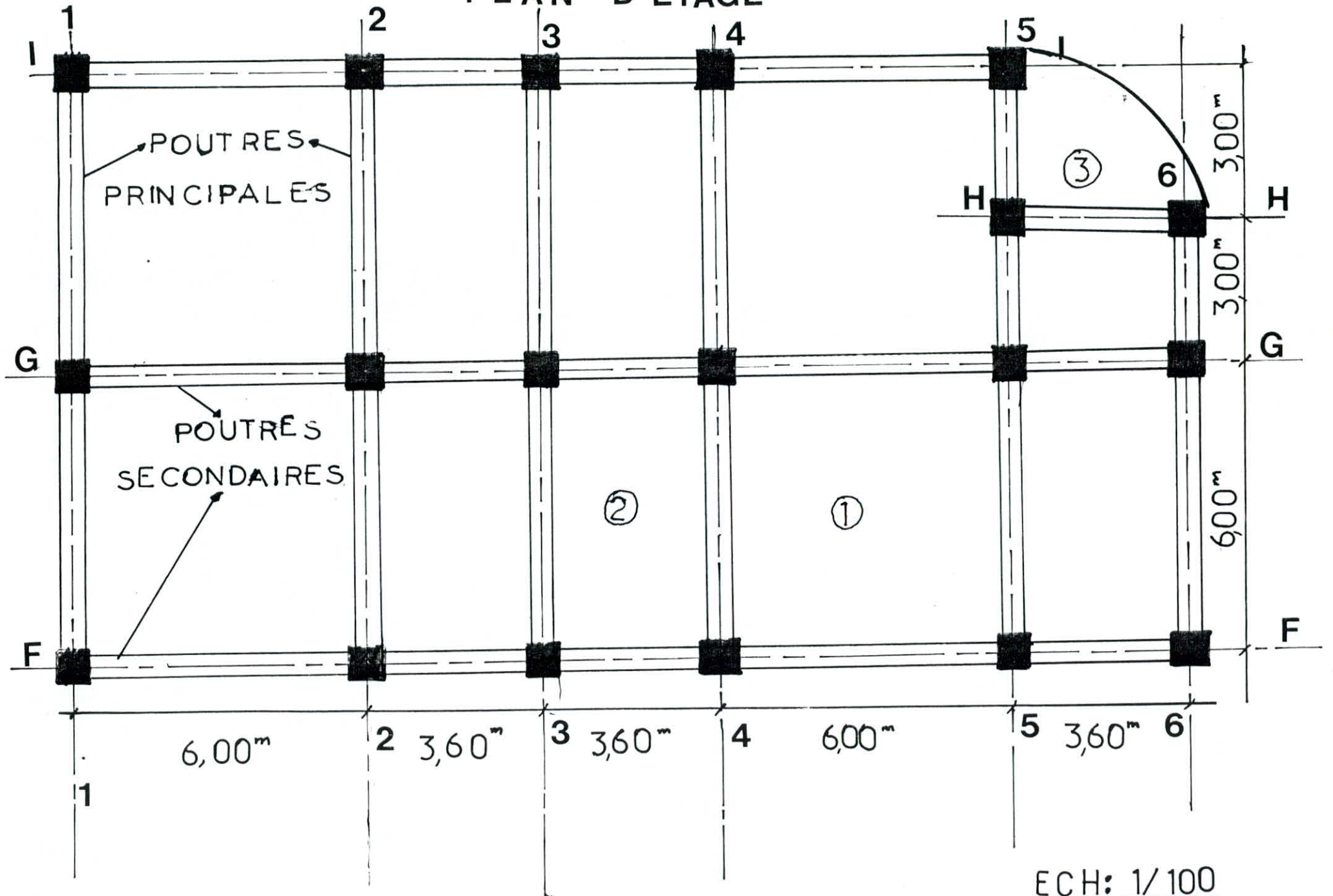
Les murs extérieurs seront à double cloison d'épaisseur de 15cm avec un vide d'air de 5cm.

Les murs intérieurs seront des cloisons en briques creuses de 10cm.

Revêtement :-

- Carrelage pour les salles
- Céramique pour les salles d'eau
- Plâtres pour les plafonds et les murs.

PLAN D'ETAGE



Contraintes admissibles

I Béton :

Le béton est dosé à 350 kg de CPA 325 avec un contrôle atténué

la résistance nominale à la compression à 28 jours $\sigma_n' = \sigma_{28}' = 270 \text{ b}$

la résistance nominale à la traction à 28 jours $\sigma_{28} = \sigma_n = 7 \text{ b}$

$$0,06 \sigma_n' = 23,2 \text{ bars}$$

1. Contrainte de compression admissible :

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

- béton dosé en ciment CPA 325 $\Rightarrow \alpha = 1$

- Contrôle atténué $\Rightarrow \beta = 5/6$

- $\frac{e_{\min}}{4D} \geq 1 \Rightarrow \gamma = 1$ (e_{\min} = épaisseur minimale de la pile
 D = diamètre du plus gros granule)

- $\delta = 0,3$ Compression Simple $\Rightarrow \bar{\sigma}_{b0}' = 68,5 \text{ kg/cm}^2$

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

$\delta = 0,3 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right)$ en flexion composée avec un effort normal N de traction.
 e_0 = excentricité de la force extérieure

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

- $\epsilon = 1$ \forall la forme de la section en compression Simple

$\epsilon < 1$ pour une autre forme de section (ϵ est déterminé / $\frac{F_b'}{B'} \leq \bar{\sigma}_{b0}'$)

2. Contrainte admissible de traction :

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

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

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

II Aciers :

- Aciers doux (Adx) Fe E 24 $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 1600 \text{ Kg/cm}^2$

- Aciers Haute Adherence (HA) Fe E 40 $\rightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 (\phi \leq 20)$

- Treillis Soudés $\phi \leq 6 \text{ mm} \rightarrow \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ Kg/cm}^2$

Contraintes de traction imposées par les conditions de fissuration du béton

$$\bar{\sigma}_a = \min \left\{ \begin{array}{l} 2/3 \bar{\sigma}_{en} \\ \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) \end{array} \right.$$

$$\text{avec } \bar{\sigma}_1 = K \frac{\eta}{\phi} \cdot \frac{\tilde{\omega}_f}{1 + 10\tilde{\omega}_f}$$

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta \cdot K}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b}$$

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

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

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

$A = \text{Section d'aciers de traction}$

$B_f = \text{Section du béton susceptible d'être fissuré.}$

$\phi = \text{plus grand diamètre des barres d'acier.}$

N.B : pour les sollicitations du 2^e genre, les contraintes admissibles seront obtenues en majorant celles du 1^{er} genre de 50%.

Descente de charges

- Plancher terrasse non accessible :

* Charges permanentes :

- Protection gravillons (5 cm)	-----	$0,05 \times 1700 = 85$ Kg/cm
- Etanchéité multicouche	-----	12 "
- forme de pente 1%	-----	200 "
- liège + polyane	-----	10 "
- dalle de compression + hourdis (20+5)	-----	325 "
- Enduit plâtre (2 cm)	-----	$0,02 \times 1400 = 28$ "
		<u>$G = 658$ Kg/cm</u>

* Surcharges :

$$S = 100 \text{ Kg/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{G + 1,2 S = 0,778 \text{ t/m}^2}}$$

- Plancher Etage courant (Habitation) :

* charges permanentes :

- Carrelage (2 cm)	-----	$0,02 \times 2200 = 44$ Kg/cm
- Mortier de pose (2 cm)	-----	$0,02 \times 2000 = 40$ "
- Sable (2 cm)	-----	$0,02 \times 1700 = 34$ "
- dalle de compression + hourdis (20+5)	-----	325
- Cloisons	-----	75
- Enduit plâtre (2 cm)	-----	<u>28</u>
		$G = 546$ Kg/cm

* Surcharges :

$$S = 175 \text{ Kg/cm}^2 \quad \Rightarrow \quad \underline{\underline{G + 1,2 S = 0,756 \text{ t/m}^2}}$$

- Plancher 2^e RDC (Bureaux) :

* Charges permanentes :

- Carrelage (2cm) -----	44 Kg/cm ²
- Mortier de pose (2cm) -----	40 "
- Sable (2cm) -----	34 "
- Table de compression + Hourdis (20+5) -----	325 "
- Enduit plâtre -----	28 "
- Cloisons -----	75 "

$G = 546 \text{ Kg/cm}^2$

* Surcharges :

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

$\Rightarrow \underline{\underline{G + 1,2 S = 0,846 \text{ t/m}^2}}$

- Plancher 1^{er} RDC (Commercial)

* Charges permanentes :

- Carrelage (2cm) -----	44 Kg/cm ²
- Mortier de pose (2cm) -----	40 "
- Sable (2cm) -----	34 "
- dalle pleine (20cm) -----	500 "
- Enduit plâtre -----	28 "
- Cloisons -----	75 "

$G = 721 \text{ Kg/cm}^2$

* Surcharges :

$S = 400 \text{ Kg/cm}^2$

$\Rightarrow \underline{\underline{G + 1,2 S = 1,201 \text{ t/m}^2}}$

- Plancher Sous Sol (caves) :

* Charges permanentes :

- Carrelage (2cm) -----	44 Kg/cm ²
- Mortier de pose (2cm) -----	40 "
- Sable (2cm) -----	34 "

- dalle pleine (20cm)	500	Kg/m ²
- Enduit plâtre	28	"
- Cloisons	75	"
	<hr/>	
	G = 721	Kg/m ²

* Surcharges :

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

$$\Rightarrow \underline{\underline{G + 1,2S = 0,931 \text{ t/m}^2}}$$

- Escaliers :

Voleé :

* Charges permanentes :

- poids propre	$\frac{2500 \cdot e}{\cos \alpha}$	Kg/m
- poids des marches	$\frac{1}{2} \cdot 200 \cdot h$	"
- garde-corps (acier)	50	"
- Revêtement	80	"

* Surcharges : S = 400 Kg/m²

- Paliers :

* Charges permanentes :

- dalle pleine de 20cm	500	Kg/m ²
- Revêtement	84	"

$$G = 584 \text{ Kg/m}^2$$

* Surcharges :

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

$$\Rightarrow \underline{\underline{G + 1,2S = 1,028 \text{ t/m}^2}}$$

- Loggias :

* Charges permanentes :

- chappe (4cm)	$0,04 \times 2200 =$	88	Kg/m ²
- dalle pleine (20cm)		500	"
- garde corps en maçonnerie		210	"

$$G = 798 \text{ Kg/m}^2$$

* Surcharges :

$$S = 350 \text{ Kg/m}^2$$

=>

$$\underline{\underline{G_{+1,2S} = 1,218 \text{ t/m}^2}}$$

Remplissage :

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

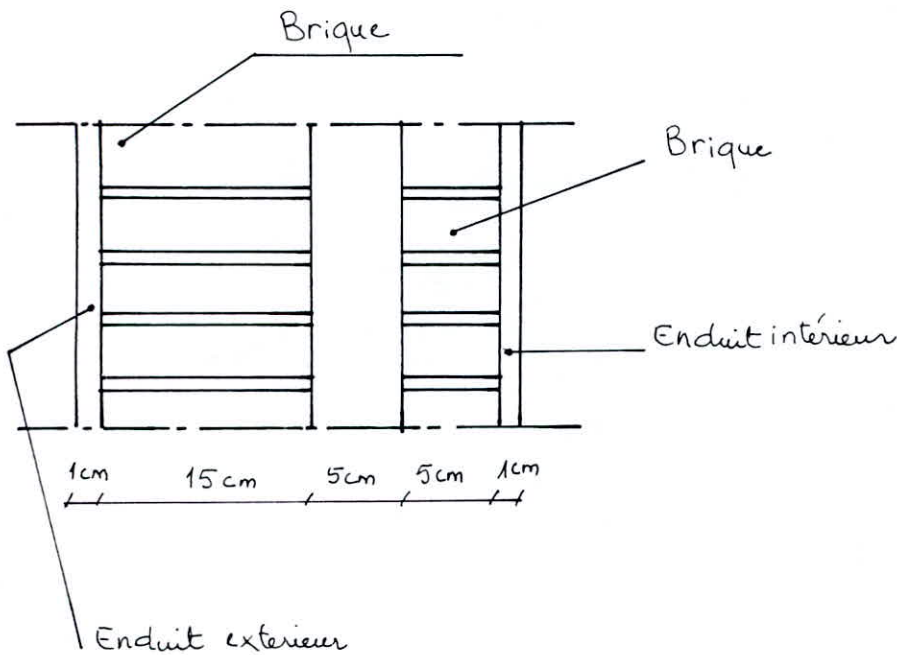
- brique creuse de 15cm ----- 157 Kg/m²

- " " " 5cm ----- 68 "

- enduit en ciment (1cm) ----- $0,01 \times 1800 = 18$ "

- " " plâtre (1cm) ----- $0,01 \times 1000 = 10$ "

$$q = 253 \text{ Kg/m}^2$$



Prédimensionnement

I Poutres :

Les poutres seront prédimensionnées d'après les limites de déformation imposées par "Pierre Charon" et vérifiées aux prescriptions visées par le RPA 81

Article 4.2.1.2

* Règles "Pierre CHARON" :

il faut que $\frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10}$

et $0,3 h_t \leq b \leq 0,7 h_t$

avec L = plus grande portée de la poutre dans la structure.

dans notre cas $L = 6,00 \text{ m} \Rightarrow \frac{600}{15} \leq h_t \leq \frac{600}{10}$

$\Rightarrow 40 \leq h_t \leq 60$ et on prendra $h_t = 60 \text{ cm}$

$0,3 \cdot 60 \leq b \leq 0,7 \cdot 60$ " " $b = 35 \text{ cm}$

On choisira pour les poutres porteuses (Sens transversal): $b \times h_t = 35 \times 60$

et " " " non " (" longitudinal): $b \times h_t = 35 \times 50$

* prescriptions CTC :

les dimensions des poutres doivent respecter les conditions ci-après :

$b \geq 20 \text{ cm}$ en zones I et II (vérifié)

$h \geq 30 \text{ cm}$ (")

$h_t/b \leq 3,0 \Rightarrow 60/35 = 1,7$ "

$b_{\max} \leq 1,5 h + b_1$ "

avec b_1 = largeur du poteau.

II Poteaux :

Les poteaux seront prédimensionnés suivant la relation donnée par le complément aux règles parasismiques.

$$A \geq \frac{K \cdot N}{\sigma_{28}'}$$

$K = \text{Coef}^t$ dépendant de la zone $\Rightarrow K = 4$ zone II

$N =$ effort normal donné par la descente de charges

$\sigma_{28}' =$ Contrainte nominale du béton à 28 j

Après avoir fait la descente de charges au niveau du poteau central le plus chargé et avec une section du plancher revenant au poteau :

$S_c = 6 \times 4,80 = 28,8$, et en choisissant une section initiale 40×40 , on obtient un effort normal $N = 254,25 \text{ t}$ au niveau le plus bas du sous sol

$$\text{donc } A \geq \frac{K \cdot N}{\sigma_{28}'} = \frac{4 \cdot 254,25}{270} \approx 3800 \text{ cm}^2$$

On choisira alors une section

$$A = 70 \times 70 \text{ cm}^2$$

* Vérification des prescriptions du CTC (Article 4.2.1.1) :

$\text{Min}(b, h) \geq 25 \text{ cm}$ en zones I et II (Vérifié)

$\frac{1}{3} \leq b/h \leq 3 \Rightarrow 0,3 \leq 1 \leq 3$ "

$\text{Min}(b, h) \geq h/20 \Rightarrow 70 \geq 3,5$ "

On choisira pour le 1^{er} RDC et 2^e RDC, une section des poteaux $70 \times 70 \text{ cm}$

du 1^{er} au 4^e étage " " " " 60×60

et " 5^e " 8^e " " " " " 50×50

CHAPITRE 2

CALCUL DES ELEMENTS'

Calcul de l'acrotère

On assimile l'acrotère à une console encastree au niveau du plancher terrasse.

La charge S represente la pression d'une main courante appliquee à l'extremite de la console

$$G = 0,15 \times 0,70 \cdot 2500 = 262,5 \text{ Kg/ml}$$

$$P = 1,2 S = 1,2 \cdot 100 = \underline{120 \text{ Kg/ml}}$$

La section la plus sollicitée est celle de l'encastrement

le moment de P à l'encastrement : $M_e = P \cdot h$

$$M_e = 1,2 S \cdot h = 120 \times 0,7 = \underline{84 \text{ Kg.m/ml}}$$

la section avec un moment d'encastrement M_e et un effort normal $G = N$ sera calculee en flexion composee.

Ferraillage : $e_0 = \frac{M_e}{N} = \frac{8400}{262,5} = 32 \text{ cm} > \frac{h_t}{2} = 7,5 \text{ cm}$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_b' = 2 \bar{\sigma}_{b_0}' = 137 \text{ Kg/m}^2$$

$$e_1 = \frac{h_t}{6} = 2,5 \text{ cm} < e_0 \Rightarrow \text{la section est partiellement comprimée}$$

$$M_{rb} = \text{moment resistant du beton} = \bar{K} b h^2$$

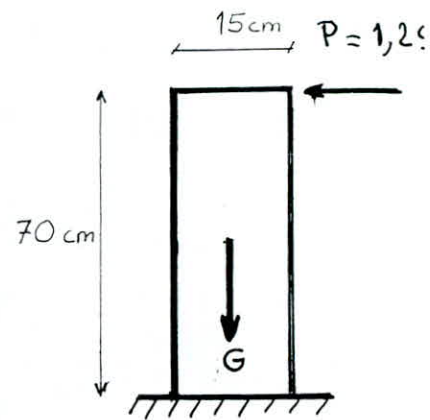
$$\text{avec } \bar{K} = \frac{1}{2} \cdot \bar{\sigma}_b' \cdot \bar{\alpha} \cdot \bar{\gamma}$$

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

$$\bar{\gamma} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} = 0,86$$

$$h_t = 15 \Rightarrow h = h_t - 2 \Rightarrow \bar{K} = 24,9$$

$$M_{rb} = 24,9 \cdot 10^2 \cdot 13^2 = \underline{\underline{4,21 \text{ tm/ml}}}$$

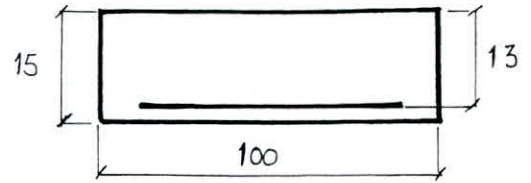


Moment fictif M_A / aux aciers tendus :

$$M_A = N \cdot l_a = N \left(l_0 + \frac{h_t}{2} - d \right)$$

$$M_A = 262,5 \left(0,32 + \frac{0,15}{2} - 0,02 \right)$$

$$M_A = 103,2 \text{ Kg/ml}$$



$M_{rb} > M_A \Rightarrow A' = 0$ (les armatures de compression sont inutiles)

$$A_{\text{fict}} = \frac{M_A}{\bar{\gamma} h \bar{\sigma}_a} = \frac{103,2 \cdot 10^2}{0,86 \cdot 13 \cdot 2800} = 0,33 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

La section étant faible, on prend des armatures minimales par la condition de non fragilité.

* Condition de non fragilité :

$$A_{\text{min}} = 0,69 b h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 10^2 \cdot 13 \cdot \frac{5,8}{4120} = 1,26 \text{ cm}^2$$

On choisira alors 5 TG / ml = 1,41 cm² / ml espacés de 20 cm

* Condition de non fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{A}{2b \cdot d} = \frac{1,41}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,0035$$

$$\sigma_1 = \frac{k \tau}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} = \frac{1,5 \cdot 10^6}{6} \cdot \frac{0,0035}{1 + 0,035} = 1352 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,8}{6}} = 3660 \text{ Kg/cm}^2$$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_2 > \bar{\sigma}_a$ donc il n'y a pas de fissuration

* Vérification au cisaillement :

$$A \bar{\sigma}_a \stackrel{?}{\geq} T - M/Z$$

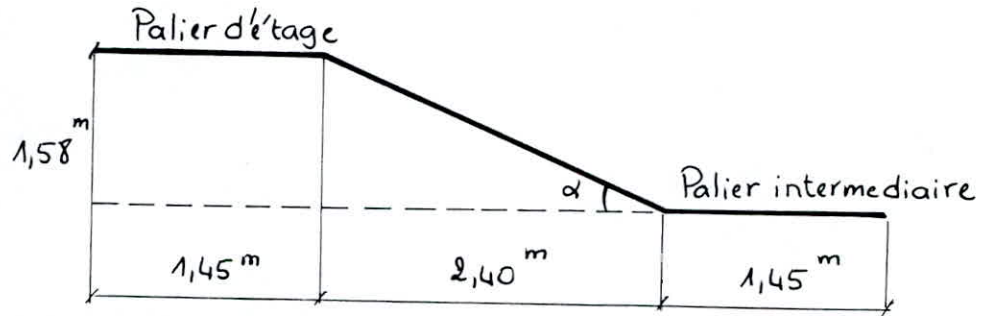
$$A \bar{\sigma}_a = 1,41 \cdot 2800 = 3948 \text{ Kg}$$

$$T - M/Z = 120 - \frac{103,2 \cdot 10^2}{0,86 \cdot 13} = -803,1 < 0$$

donc $A \bar{\sigma}_a > T - M/Z$

Calcul des Escaliers

A / Escalier type 1 :



1 - Caractéristiques des escaliers :

a) hauteur de la marche h : $h = 158/g = 17,5 \text{ cm}$

b) largeur " " " g : $g = 240/8 = 30 \text{ cm}$

Vérification de la relation de BLONDELL :

$$0,59 \leq g + 2h \leq 0,66$$

Soit $0,59 \leq 0,65 \leq 0,66$

donc

$$h = 17,5 \text{ cm}$$

$$g = 30,0 \text{ cm}$$

c) épaisseur de la paillasse e :

$$l/30 \leq e \leq \frac{l}{20} \quad \text{avec} \quad l = \frac{240}{\cos \alpha} = \frac{240}{0,835} = 2,87 \text{ m}$$

d'où $9,5 \leq e \leq 14,36 \Rightarrow e = 14 \text{ cm}$

2 - Charges et Surcharges :

a) Voléé :

* Charge permanente et Surcharges pondérées :

$$q = 1,22 \text{ t/m}^2 \times 1 \text{ m} = 1,22 \text{ t/ml}$$

b) palier :

$$q = G + 1,25 \quad : \quad q = 1,064 \text{ t/ml}$$

3 - Calcul de la paillasse :

Aux extrémités, nous avons des semi-encastres et à 1,45 m de l'extrémité droite, on a un appui simple engendré par la poutre palier.

* Reactions d'appuis :

$$R_A + R_B = 1,064 \times 1,45 + 1,22 \times 2,40$$

$$= 4,47 \text{ t}$$

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow R_C = 2,31 \text{ t}$$

$$\sum M/C = 0 \Rightarrow R_A = 2,16 \text{ t}$$

$$M_0 = 2,18 \text{ tm}$$

$$T_{\max} = 2,16 \text{ t}$$

* Moments hyperstatiques :

- en Appuis : $M_a = 0,3M_0 = 0,654 \text{ tm}$

- " travée : $M_t = 0,85M_0 = 1,853 \text{ tm}$

* Armatures longitudinales :

- En Appuis :

$$M_{rb} = k b h^2$$

$$b = 1 \text{ m}$$

$$h = 12 \text{ cm (avec } d = 2 \text{ cm)}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} \alpha = 0,423 \\ \gamma = 0,859 \\ k = 24,9 \end{cases}$$

$$M_{rb} = 24,9 \cdot 100 \cdot 12^2 = 3,58 \text{ tm} > M_a = 0,654 \text{ tm} \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_a}{\gamma \bar{\sigma}_a} = \frac{M_a}{\gamma h \bar{\sigma}_a} = 2,27 \text{ cm}^2$$

On prendra 3T10 /ml Soit $2,35 \text{ cm}^2$ avec un espacement $t = 33 \text{ cm}$.

Armatures de répartition :

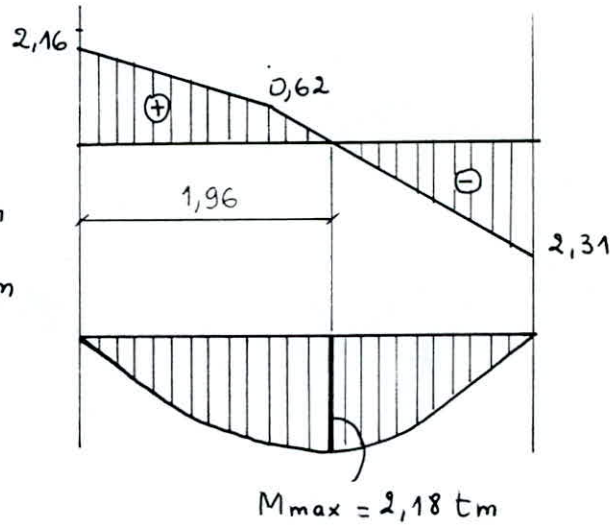
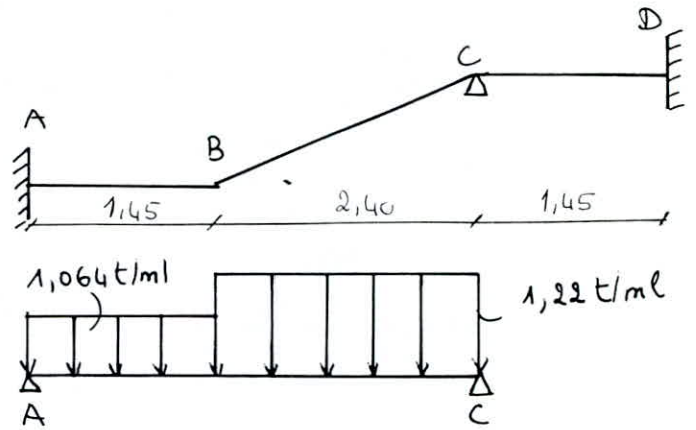
$$A_r \geq A/4 = 0,587 \text{ cm}^2 \text{ Soit } 3T6 \text{ /ml} = 0,84 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

- En travée : $M_t = 1,853 \text{ tm}$.

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,069 \Rightarrow \begin{cases} k = 32 \\ \varepsilon = 0,8936 \end{cases}$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 87,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 6,17 \text{ cm}^2$$



On adoptera 6T12/ml soit $6,78 \text{ cm}^2/\text{ml}$ avec $t = 16 \text{ cm}$

- Armatures de répartition :

$$A_r \geq A/4 = 1,7 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 4T8/\text{ml} = 2,01 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ avec } t = 25 \text{ cm}$$

Vérifications :

1- Contraintes :

$$\text{- En appuis : } \bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,1958 \Rightarrow \begin{cases} k = 55 \\ \varepsilon = 0,9286 \end{cases}$$

$$\sigma_a^* = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2497,46 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{k} < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{- En travée : } \bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,5650 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8881 \\ k = 29,7 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2564 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{k} < \bar{\sigma}_b'$$

2- Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,69 bh \frac{\sigma_b'}{\sigma_{\text{en}}} = 0,6 \cdot 100 \cdot 12 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,16 \text{ cm}^2 < \min(A_a, A_t)$$

3- Vérification à la fissuration :

$$\text{- En travée : } \bar{\omega}_f = A/B_f = \frac{6,78}{2 \cdot 2 \cdot 100} = 0,017$$

$$\sigma_1 = \frac{k n}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} = 2906 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

- En appuis :

$$\sigma_1 = 3487,18 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \quad \text{c'est donc vérifié.}$$

4- Condition aux appuis : On doit vérifier que $A_a \bar{\sigma}_a \geq T + M/z$

$$T = 2,16 \text{ t}$$

$$M_a = -0,654 \text{ tm}$$

$$z = \frac{7}{8} h = 10,5 \text{ cm}$$

} $\Rightarrow T + M/z < 0 \Rightarrow$ les armatures inférieures au niveau des appuis ne sont soumises à aucun effort de traction.

5 - Armatures transversales :

Contrainte de cisaillement : $\bar{\tau}_b = T_{max} / b \cdot z$

$$\bar{\tau}_b = \frac{2,16 \cdot 10^3}{100 \cdot 10,5} = 2,06 \text{ kg/cm}^2$$

On a $\sigma_b' = 94,27 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$ (Voir Vérification Contraintes)

On compare donc $\bar{\tau}_b$ à $3,5 \bar{\sigma}_b$

$$\bar{\tau}_b = 2,06 \text{ kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

les armatures transversales ne sont donc pas nécessaires.

6 - Vérification de la flèche :

$$A \leq bh \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}}$$

$$bh \cdot \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}} = 100 \cdot 12 \cdot \frac{43}{4200} = 12,28$$

$$A = 6,17 < 12,28 \quad \text{c'est donc vérifié.}$$

Calcul du palier d'étage :

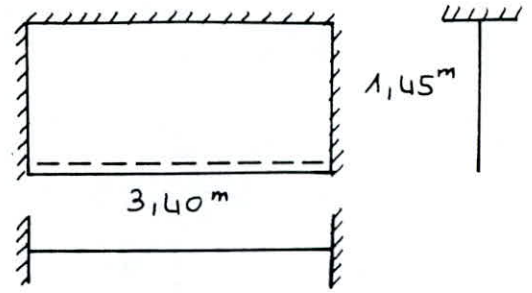
Il sera calculé comme un panneau de dalle de 20 cm d'épaisseur. On utilise pour cela les tables de BARES.

$$\gamma = \frac{a}{b} = \frac{1,45}{3,40} = 0,43$$

$$qa^2 = 2,24 \text{ tm}$$

$$qb^2 = 12,3 \text{ tm}$$

$$\frac{qa^2}{Eh^3} = 2,13 \text{ cm}$$



	w_s	w_{bs}	M_{xs}	M_{xrs}	M_{ys}	M_{yas}	M_{yrs}	M_{yra}
F. m	0,2565	0,5909	-0,0025	-0,2783	0,0058	0,0173	0,0242	0,0545
	2,13	2,13	2,24	2,24	12,3	12,3	12,3	12,3
Moments	0,55	1,26	-0,01	-0,62	0,071	0,230	0,297	0,670

$$M^{\pm} \text{ Max en Appui} \quad M_a = M_{yra} = 0,67 \text{ tm}$$

$$M^{\pm} \text{ Max en travée} \quad M_t = M_{ys} = 0,071 \text{ tm}$$

* Calcul d'armatures :

a- travée : $M_t^{\text{max}} = 0,071 \text{ tm}$; $h_t = 20 \text{ cm} \Rightarrow h = 18 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0012 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} K = 295 \\ \varepsilon = 0,9839 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 9,41 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \quad \Rightarrow \quad A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 0,143 \text{ cm}^2$$

On prend donc $A_{\text{min}} = 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{en}}} \cdot \frac{2-\beta}{2} = 1,39 \text{ cm}^2$

On adoptera 4T10/ml espacés de 25 cm soit alors $3,14 \text{ cm}^2$

$$A_r \geq \frac{A_{\text{ad}}}{4} = 0,715 \text{ cm}^2 \quad \Rightarrow \quad A_r = 3T6 = 1,69 \text{ cm}^2/\text{ml} \text{ avec } t = 33 \text{ cm}$$

b- En Appuis : $M_a = 0,67 \text{ tm}$

$$\mu = \frac{15 M_a}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,011 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} K = 91,5 \\ \varepsilon = 0,9531 \end{cases}$$

Vérifications diverses :

1- Contraintes :

$$* \text{ travée : } \bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,174 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9320 \\ K = 58,5 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 135 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

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

$$* \text{ Appuis : } \bar{\omega} = 0,174 \rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9320 \\ K = 58,5 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = 1272 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 21,74 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

2- flèche : $\bar{f} = l/500 = 0,0068 \text{ m} = 0,68 \text{ cm}$

$$f = 0,55 \text{ cm donné par les tables de BARES} < \bar{f}$$

3- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 0,69 bh \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot 1,6 = 1,39 \text{ cm}^2 \leq A_{ad}$$

4- Vérification à la fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{3,14}{2bd} = 0,0078 \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 1737 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2856 \text{ " } \end{cases}$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 2856 \text{ kg/cm}^2 > \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

5- Vérification au Cisaillement :

$$T = q \frac{l}{2} = 1,044 \cdot \frac{3,40}{2} = 1,78 \text{ t}$$

$$\bar{\tau}_b = \frac{T_{max}}{b z} = 1,13 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

les armatures transversales sont inutiles.

6- Vérification aux appuis : $A_a \bar{\sigma}_a \geq T + M/z$

$$T + M/z = 1,78 - \frac{0,67 \times 8}{7 \times 18} = 1730 \text{ kg} < A_a \bar{\sigma}_a = 3,14 \cdot 2800 = 8792 \text{ kg}$$

donc les armatures inférieures au niveau des appuis, ne sont soumises à aucun effort de traction.

B/ Escalier type 2 :

Caractéristiques :

$$n = 5 \text{ marches}$$

$$g = \frac{120}{5} = 24 \text{ cm}$$

$$h = \frac{92}{6} = 16,5 \text{ cm}$$

- épaisseur de la paillasse et du palier :

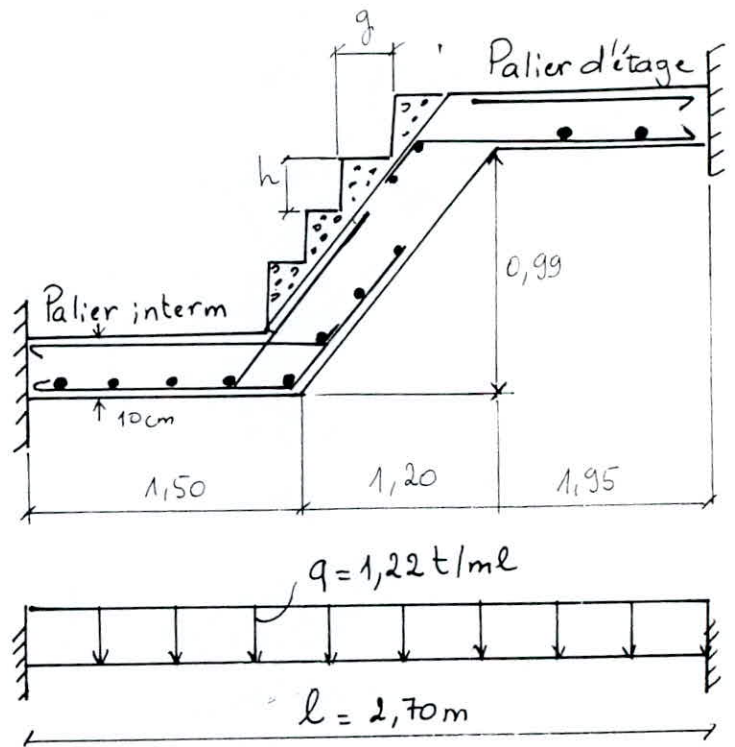
$$\frac{1}{30} \leq e \leq \frac{l}{20} \text{ avec } l = \frac{1,20}{\cos \alpha} = 1,55 \text{ m}$$

$$5 \leq e \leq 7,75 \text{ cm}$$

On prendra $e = 10 \text{ cm}$

- Relation de BLONDELL :

$$0,59 \leq \underset{\substack{\parallel \\ 0,57}}{g + 2h} \leq 0,66$$



On assimilera notre escalier avec le palier intermédiaire à une poutre encastree dans la poutre palière, en le calculant avec la charge la plus defavorable entre celle du palier et la volée.

* Moment en travée : $M_t = 0,85 M_0 = 0,85 q l^2 / 8 = 0,95 \text{ tm}$

$$h_t = 10 \text{ cm} ; d = 2 \text{ cm} \Rightarrow h = 8 \text{ cm}$$

le calcul est fait pour une bande de 1ml.

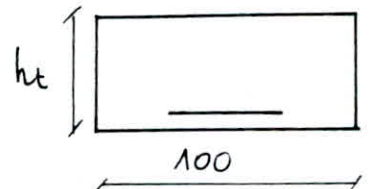
$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,08 \Rightarrow \begin{cases} K = 28,5 \\ \varepsilon = 0,885 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 98,2 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = 4,82 \text{ cm}^2$$

On choisira FT10 = 5,49 cm²/ml espacés de 14 cm

$A_r \geq \frac{A}{4} = 1,37 \text{ cm}^2$ Soit 3T8 = 1,50 cm²/ml espacés de t = 33 cm



* Moment en Appuis : $M_a = 0,5 M_0 = 0,43 \text{ tm}$

$$\mu = 0,04 \Rightarrow \begin{cases} K = 43,8 \\ \varepsilon = 0,9150 \end{cases}$$

$$\sigma_b' = 63,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 2,09 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{avec } t = 33 \text{ cm}$$

$$A_r \geq A/4 = 0,58 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 2T8 = 1 \text{ cm}^2/\text{ml} \quad \text{avec } t = 50 \text{ cm}$$

Vérifications :

1. Contraintes :

* En travée : $\tilde{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,68 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,879 \\ K = 26,4 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2460 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' = \sigma_a / K = 93,18 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ "}$$

* En Appuis : $\tilde{\omega} = 0,29 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9147 \\ K = 43,6 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2500 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

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

2. Condition de non fragilité :

$$A = 2,35 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,69 bh \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{en}}} = 0,12 \text{ cm}^2$$

3. Condition de non fissuration :

$$\sigma_s = 2,4 \sqrt{\frac{K \mu \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 3192 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

4. flèche : $f = \frac{q l^4}{384 E I}$ avec $E = 7000 \sqrt{\sigma_s} = 1,26 \cdot 10^9 \text{ kg/m}^2$

$$I = bh^3/12 = 4,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$f = \frac{1,22 \cdot 10^3 \cdot 2,7^4}{384 \cdot 1,26 \cdot 10^9 \cdot 4,26 \cdot 10^{-5}} = 0,003 < \bar{f} = \frac{l}{500} = 0,54 \text{ cm}$$

5. Vérification au cisaillement : $T_{\max} = q l / 2 = 1,65 \text{ t}$

$$\tau_b = T_{\max} / b z = 2,36 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\tau}_b$$

les armatures transversales sont inutiles.

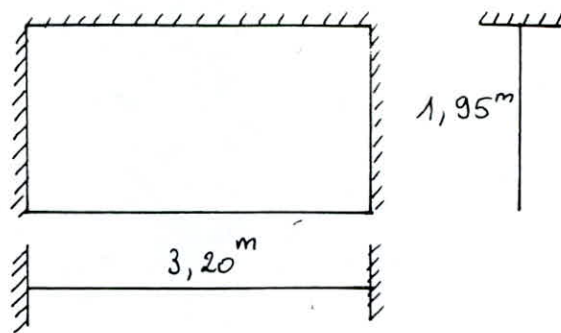
Calcul du palier d'étage :

$$\left. \begin{array}{l} a = 1,95 \text{ m} \\ b = 3,20 \text{ m} \end{array} \right\} \beta = a/b = 0,6$$

$$qa^2 = 4,64$$

$$qb^2 = 12,49$$

$$\frac{qa^4}{Eh^3} = 2,7 \cdot 10^{-2}$$



	w_s	w_{bs}	M_{xs}	$M_{x'os}$	M_{ys}	M_{yos}	M_{yrs}	M_{yva}
	0,103	0,198	0,019	-0,147	0,017	0,033	-0,041	-0,079
F.m	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	$\frac{qa^4}{Eh^3}$	qa^2	qa^2	qb^2	qb^2	qb^2	qb^2
Moments	$2,78 \cdot 10^{-3}$	$5,34 \cdot 10^{-3}$	0,088	-0,682	0,212	0,412	-0,512	-0,98

* Moment max en travée : $M_{ys} = 0,21 \text{ tm}$

pour une bande de 1m

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,017 \Rightarrow \begin{cases} K = 70,5 \\ \varepsilon = 0,9415 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 39,71 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 0,99 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2/\text{ml avec } t = 33 \text{ cm}$$

* Moment max en Appuis : $M_{x'o} = -0,98 \text{ tm}$

$$\mu = 0,082 \Rightarrow \begin{cases} K = 28,1 \\ \varepsilon = 0,884 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / K = 99,64 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 4,95 \text{ cm}^2 \text{ soit } 7T10 = 5,49 \text{ cm}^2/\text{ml avec } t = 15 \text{ cm}$$

Vérifications :

1. Contraintes :

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,56 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,888 \\ K = 29,8 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2512 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_b' = \bar{\sigma}_a / k = 84,32 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

2 - flèche : $\bar{f} = l/500 = 0,54 \text{ cm}$

$$f = 0,53 \text{ cm (donnée par les tables de BARES)} < \bar{f}$$

3 - Condition de non fragilité :

$$A \geq A_{\min} = 0,69 bh \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot \frac{2-9}{2} = 1,81 \text{ cm}^2 < A$$

4 - Condition de non fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = 0,014 \Rightarrow \sigma_1 = \frac{k_n}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1+10\bar{\omega}_f} = 2456 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k_n \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2860 \text{ "}$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 2860 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

5 - Vérification au cisaillement :

$$T = ql/2 = 1,22 \cdot 2,70/2 = 1,65 \text{ t}$$

$$\tau_b = T_{\max}/b_z = 2,36 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

les armatures transversales ne sont donc pas nécessaires.

6 - Vérification aux appuis :

$$T + M/z < A \bar{\sigma}_a$$

$$T + M/z = 1,65 \cdot 10^3 - \frac{0,98 \cdot 10^5 \cdot 8}{7 \cdot 8} < 0$$

donc les armatures inférieures au niveau des appuis ne sont soumises à aucun effort de traction.

Calcul de la poutre palière :

Détermination de la hauteur utile h_t :

$$\frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10}$$

$$\frac{340}{15} \leq h_t \leq \frac{340}{10} \quad \Rightarrow \quad 22,60 \leq h_t \leq 34$$

$$0,3 h_t \leq b \leq 0,7 h_t \quad \text{et si } h_t = 30 \text{ cm} \Rightarrow h = 27 \text{ cm} \quad \text{et } b = 20 \text{ cm}$$

la poutre palière est une poutre servant d'appui au palier, et encadrant les efforts tranchants dus à la volée.

$$\text{les dimensions sont : } b \times h_t = (20 \times 30) \text{ cm}^2$$

- Charges et Surcharges :

$$* \text{ poids propre} = 2,5 \times 0,20 \times 0,30 = 0,15 \text{ t/ml}$$

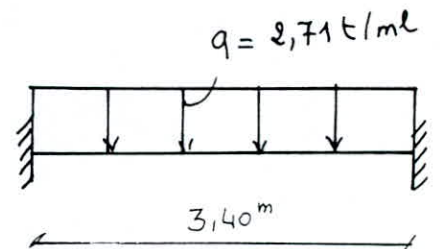
$$* \text{ réaction du palier} = 2,31 \text{ ''}$$

$$* \text{ charges et surcharges du palier} = 1,25 \times 0,2 = 0,25 \text{ t/ml}$$

$$\Rightarrow \boxed{q = 2,71 \text{ t/ml}}$$

Schema Statique :

$$\text{Moment isostatique } M_0 = q \frac{l^2}{8} = 3,91 \text{ tm}$$



- Moments en travée et en appuis :

en tenant compte du semi encastrement aux

$$\text{extrémités, on a : } M_t = 0,85 M_0 = 3,23 \text{ tm}$$

$$M_a = 0,3 M_0 = 1,20 \text{ tm}$$

- Calcul des armatures longitudinales :

* En travée :

$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,1187 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} k = 22,1 \\ \varepsilon = 0,8652 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{22,1} = 126,7 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \quad \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 4,94 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 2T12 + 2T14 = 5,51 \text{ cm}^2$$

$$* \text{ En appuis : } \mu = \frac{15 Ma}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0441 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9111 \\ K = 41,2 \end{cases}$$

$$\sigma_b' = \bar{\sigma}_a / K = 67,96 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{Ma}{\varepsilon \bar{\sigma}_a h} = 1,75 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit donc } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2$$

Vérifications :

1 - Contraintes :

$$a - \text{travée : } \bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = \frac{551}{20 \cdot 27} = 1,02 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8596 \\ K = 20,6 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M\varepsilon}{A\varepsilon h} = 2526 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2526}{20,6} < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

$$b - \text{Appuis : } \bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = 0,4352 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8994 \\ K = 34,7 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{Ma}{A\varepsilon h} = 2102,7 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_b' = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2102,7}{34,7} < \bar{\sigma}_b'$$

2 - Condition de non fragilité :

$$A_{\min} = 0,69 bh \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 20 \cdot 27 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,53 \text{ cm}^2$$

$$* \text{ En appuis : } A = 2,35 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,53 \text{ cm}^2$$

$$* \text{ " travée : } A = 5,51 \text{ cm}^2 > A_{\min} = 0,53 \text{ cm}^2$$

3 - Vérification de la flèche :

$$\frac{A}{bh} = \frac{5,51}{20 \cdot 27} = 0,0102 \leq \frac{43}{4200} \Rightarrow \text{il est donc inutile de vérifier la flèche.}$$

4 - Vérification à la fissuration :

$$* \text{ En travée : } \bar{\omega}_f = \frac{5,51}{6 \cdot 20} = 0,0459$$

$$\sigma_1 = 5393 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

* En appuis : $\bar{w}_f = \frac{2,35}{6 \cdot 20} = 0,0196$

$$\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{10} \cdot \frac{0,0196}{1 + 0,196} = 3934 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

Armatures transversales :

$$T_{\max} = q \ell / 2 = 4,61 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T_{\max}}{b z} = \frac{4,61 \cdot 10^3}{20 \cdot 7/8 \cdot 27} = 9,75 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b$$

On pourra avoir une bonne tenue des aciers, on utilisera un cadre de diamètre 6 mm $\Rightarrow A = 0,28 \text{ cm}^2$

Espacement admissible $\bar{t} = \max \begin{cases} 0,2 h = 15,25 \text{ cm} \\ h \left(1 - \frac{0,3 \bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b} \right) = 13,6 \text{ cm} \end{cases}$

$$\text{Espacement } t = \frac{A_t z \bar{\sigma}_a t}{T} = \frac{0,28 \cdot 23,6 \cdot 2800}{4,61 \cdot 10^3} = 5 \text{ cm}$$

On choisira donc un espacement de 10 cm.

Calcul des planchers

Tous les planchers sont à corps creux, sauf le plancher à usage commercial qui est en dalle pleine, reposant sur les poutres.

Le calcul des planchers se fera sous les sollicitations du 1^{er} genre (G+1,2P).

A/ Plancher dalle :

1. Panneau ① :

On s'intéressera à un seul panneau de dalle, rectangulaire dont les dimensions sont plus grandes ; on ferraillera ensuite les autres panneaux identiquement.

On suppose que les dalles sont simplement appuyées sur leurs côtés ; la liaison poutres-plancher est en fait un encastrement partiel.

Dans les calculs, on réduira les moments en travées et sur appuis conformément aux règles CCBA 68 (art 57.2).

les dimensions du panneau étant :

$$l_x = 5,30 \text{ m}$$

$$l_y = 5,30 \text{ m}$$

$$\beta = \frac{l_x}{l_y} = 1$$

On est donc en présence d'un panneau appuyé

sur 4 côtés.

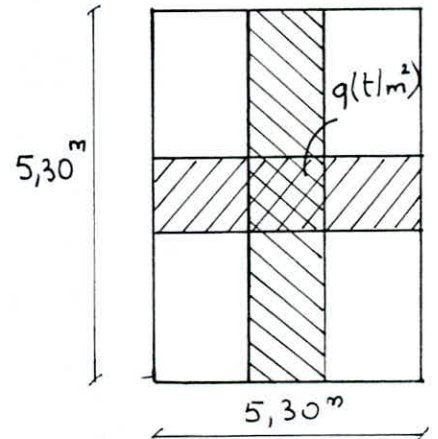
$$M_{0x} = \mu_x q l_x^2$$

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

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

les valeurs de μ_x et μ_y sont données dans le CCBA 68 ; ils sont fonction de $\beta = l_x/l_y$.

$$\beta = 1 \quad \Rightarrow \quad \mu_x = 0,0423 \quad \text{et} \quad \mu_y = 1$$



* Evaluation des charges :

$$\left. \begin{array}{l} G = 0,721 \text{ t/m}^2 \\ S = 0,400 \text{ " } \end{array} \right\} q = G + 1,2S = 1,201 \text{ t/m}^2$$

$$M_{ox} = 0,0423 \cdot 1,201 \cdot (5,30)^2 = 1,427 \text{ tm}$$

$$M_{oy} = \mu_y \cdot M_{ox} = 1 \cdot M_{ox} = 1,427 \text{ tm}$$

$$T_x = q \frac{l_x l_y}{2l_y + l_x} = 2,122 \text{ t}$$

$$T_y = q \frac{l_x}{3} = 2,122 \text{ t}$$

* Répartition des moments hyperstatiques :

- Entrée : $M_{xt} = M_{yt} = 0,85 M_{xo} = 1,213 \text{ tm}$

- Aux appuis : $M_{xa} = M_{ya} = 0,50 M_{xo} = 0,714 \text{ tm}$

* Détermination des Armatures :

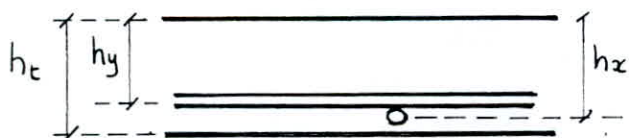
le calcul est fait par la méthode de "Pierre CHARON".

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

le diamètre des armatures doit vérifier : $\phi \leq \frac{h_t}{10} = \frac{20}{10} = 20 \text{ mm}$

On ferraillera avec des T8.

* Hauteurs utiles :



On prendra une bande de 1m, dont la Section à calculer sera :

$$(b \times h_t) = 100 \times 20$$

On prendra aussi un enrobage de 2cm.

$$h_x = h_t - \frac{\phi}{2} - 2 = 20 - \frac{0,8}{2} - 2 = 17,6 \text{ cm}$$

$$h_y = h_x - \phi = 16,8 \text{ cm}$$

* Calcul des armatures :

- Suivant l_x - En travée :

$$M_{xt} = 1,213 \text{ tm}$$

$$h_x = 17,6 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M_{xt}}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = \frac{15 \cdot 1,213 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot (17,6)^2} = 0,021 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 63,5 \\ \varepsilon = 0,9363 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{63,5} = 44 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$$

donc les aciers comprimés ne sont pas nécessaires

$$A = \frac{M_{xt}}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h_x} = \frac{1,213 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9363 \cdot 17,6} = 2,63 \text{ cm}^2$$

On prendra 6T8 = 3,01 cm²/ml espacés de 17 cm

- Sur appuis : $M_{xa} = 0,714 \text{ tm}$

$$h_x = 17,6 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M_{xa}}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = 0,012 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 87 \\ \varepsilon = 0,9510 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{87} = 32,18 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \quad \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{xa}}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h_x} = 1,52 \text{ cm}^2$$

Soit donc 4T8 = 2,01 cm²/ml espacés de 25 cm

- Suivant l_y : - En travée :

$$M_{yt} = 1,213 \text{ tm}$$

$$h_y = 16,8 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M_{yt}}{\bar{\sigma}_a b h_y^2} = 0,023 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 60,5 \\ \varepsilon = 0,9338 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{60,5} = 46,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \quad \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_{yt}}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h_y} = \frac{1,213 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9338 \cdot 16,8} = 2,76 \text{ cm}^2$$

On prendra GT8 = 3,01 cm²/ml espacés de 17cm

- Aux Appuis :

$$\left. \begin{array}{l} M_{ay} = 0,714 \text{ tm} \\ h_y = 16,8 \text{ cm} \end{array} \right\} \Rightarrow \mu = 0,014 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 80 \\ \varepsilon = 0,9474 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{80} = 25 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

A = 1,602 cm² et on prendra A = 4T8 = 2,01 cm²/ml
espacés de 25 cm.

* Vérifications :

1. Condition de non fragilité :

- Suivant l_x :

$$A_x \geq 0,69 b h_x \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} (2-\beta)/2$$

$$A_x \geq 0,69 \cdot 100 \cdot 17,6 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \frac{2-1}{2} = 0,853 \text{ cm}^2 \quad \text{c'est donc vérifié}$$

- Suivant l_y :

$$A_y \geq 0,69 b h_y \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot \frac{1+\beta}{4} = 0,69 \cdot 100 \cdot 16,8 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \frac{1+1}{4} = 0,814 \text{ cm}^2$$

C'est donc vérifié.

2. Condition de non fissuration :

$$\sigma_1 = \frac{K n}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1+10\bar{\omega}_f} ; \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K n \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

$$\phi = 8 \text{ mm}$$

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

$$n = 1,6 \text{ (HA)}$$

$$A = 3,01 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{3,01}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,0075$$

$$\sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{8} \cdot \frac{0,0075}{1 + 0,0075} = 2093,0 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{8} \cdot 5,9} = 3193 \text{ kg/cm}^2$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = \sigma_2 = 3193 \text{ kg/cm}^2 > \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

la condition est donc vérifiée.

3. Effort tranchant :

$$T_x = 2,122 \text{ t}$$

$$T_y = 2,122 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b_z} = \frac{2,12 \cdot 10^3}{100 \cdot 7/8 \cdot 16,8} = 1,44 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

la condition est donc vérifiée.

4. Vérification des contraintes :

$$\bar{\omega} = \frac{100 A}{bh} = \frac{100 \cdot 3,01}{100 \cdot 16,8} = 0,179 \Rightarrow \begin{cases} K = 57,5 \\ \varepsilon = 0,9340 \end{cases}$$

$$\text{Acier : } \sigma_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = \frac{1,213 \cdot 10^5}{3,01 \cdot 0,9340 \cdot 16,8} = 2577 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800$$

$$\text{béton : } \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2577}{57,5} = 44,82 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2.$$

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

On peut admettre qu'il n'est pas utile de donner une justification des flèches si les 2 conditions suivantes sont réalisées :

$$a) \frac{h_t}{l_x} \geq \frac{1}{20} \frac{M_t}{M_x}$$

$$b) \frac{A}{bh} < \frac{20}{\bar{\sigma}_{en}}$$

$$a) \frac{20}{530} = 0,04$$

$$\frac{1}{20} \cdot \frac{M_t}{M_{ox}} = \frac{1}{20} \cdot \frac{1,213}{1,417} = 0,04$$

$$\Rightarrow \frac{h_t}{l_x} = \frac{1}{20} \cdot \frac{M_t}{M_{ox}}$$

$$b) \frac{3,01}{100 \cdot 17,6} = 0,002 < 0,007$$

la flèche est donc vérifiée.

2) Panneau ②

$$q = 1,201 \text{ t/m}^2$$

$$q = l_x / l_y = 0,60$$

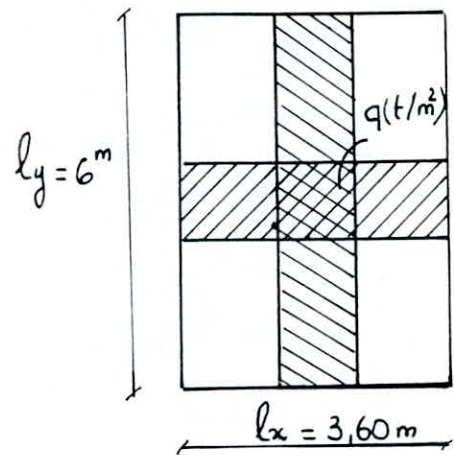
Calculé comme une dalle appuyée sur 4 côtés.

$$\mu_x = 0,0849$$

$$\mu_y = 0,435$$

$$M_{ox} = \mu_x q l_x^2 = 1,321 \text{ tm}$$

$$M_{oy} = \mu_y M_{ox} = 0,575 \text{ tm}$$



1. Calcul du ferrailage :

* En travées :

$$\text{- Sens } l_x : M_{xt} = 0,85 M_{ox} = 1,123 \text{ tm}$$

$$\mu = \frac{15 M_{xt}}{\bar{\sigma}_a b h_x^2} = 0,019 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} K = 67,5 \\ \varepsilon = 0,9394 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 41,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \quad \Rightarrow \quad A' = 0$$

$$A_{xt} = \frac{M_{xt}}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h_x} = 2,43 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

On prendra donc $A = 5T8 = 2,51 \text{ cm}^2 / \text{ml}$ espacés de 20 cm.

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

l'espacement choisi est donc vérifié.

- Sens ly : $M_{yt} = 0,85 M_{oy} = 0,489 \text{ tm}$

$$\mu = \frac{15 M_{yt}}{\bar{\sigma}_a b h y^2} = 0,009 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 280 \\ \varepsilon = 0,9831 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 10 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \quad \Rightarrow A' = 0$$

$A_{yt} = 1,057 \text{ cm}^2$ Soit alors 4T8 = $2,01 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacés de 25cm
avec $t \leq \min \{ 4h_t, 45\text{cm} \} = 45\text{cm}$

* Sur appuis :

- Sens lx : $M_{xa} = 0,5 M_{ox} = 0,66 \text{ tm}$

$$\mu = 0,011 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 250 \\ \varepsilon = 0,9811 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 11,2 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \quad \Rightarrow A' = 0$$

$$A_{xa} = \frac{M_{xa}}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h x} = 1,365 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Soit alors 4T8 = $2,01 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacés de $t = 25\text{cm}$

- Sens ly : $M_{ya} = 0,5 M_{oy} = 0,288 \text{ tm}$

$$\mu = 0,005 \quad \Rightarrow \begin{cases} K = 380 \\ \varepsilon = 0,9873 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 7,35 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$A_{ya} = 0,620 \text{ cm}^2/\text{ml}$ Soit donc 3T8 = $1,50 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacés de $t = 33\text{cm}$

2 - Vérifications diverses :

a - Contraintes :

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \cdot 2,51}{100 \cdot 16,8} = 0,143 \quad \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9375 \\ K = 65 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{h \varepsilon A} = \frac{1,123 \cdot 10^5}{17,8 \cdot 0,9375 \cdot 2,51} = 2677,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 4,2 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2$$

b. Condition de non fragilité :

- Sens l_x :

$$A_x \geq 0,69 b h_x \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{en}}} \cdot \frac{2-\beta}{2} = 1,79 \text{ cm}^2 \quad \text{c'est donc vérifié.}$$

- Sens l_y :

$$A_y \geq 0,69 b h_y \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{en}}} \cdot \frac{1+\beta}{4} = 0,98 \text{ cm}^2 \quad \text{c'est donc vérifié}$$

c. fissuration :

$$\sigma_1 = \frac{K n}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1+10\bar{\omega}_f} \quad \text{et} \quad \bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{2,01}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,005$$

$$\Rightarrow \sigma_1 = 1429 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K n}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b} = 3193 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Max}(\sigma_1, \sigma_2) = 3193 \text{ kg/cm}^2 > \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{\text{en}} = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad : \text{c'est donc vérifié}$$

d. Effort tranchant :

$$T_x = q \cdot \frac{l_x l_y}{2l_y + l_x} = 1,66 \text{ t}$$

$$T_y = q \cdot \frac{l_x}{3} = 1,44 \text{ t}$$

$$\bar{\tau}_{b_x} = \frac{T_x}{b_3} = \frac{1,66 \cdot 10^3}{100 \cdot 7/8 \cdot 17,6} = 1,08 \text{ kg/cm}^2/\text{ml} < \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_{b_y} = \frac{T_y}{b_3} = \frac{1,44 \cdot 10^3}{100 \cdot 7/8 \cdot 16,8} = 0,98 \text{ kg/cm}^2/\text{ml} < \bar{\tau}_b = 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

e. Vérification de la flèche :

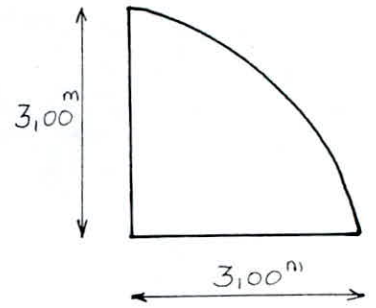
$$1) \frac{h_t}{l_x} \geq \frac{1}{20} \cdot \frac{M_t}{M_{0x}} \Rightarrow \frac{20}{360} = 0,055 > \frac{1}{20} \cdot \frac{1,123}{1,321} = 0,042$$

$$2) \frac{A}{b h_x} < \frac{20}{\bar{\sigma}_{\text{en}}} \Rightarrow \frac{2,51}{100 \cdot 17,6} = 0,001 < 0,007 \quad : \text{la flèche}$$

est donc vérifiée.

3. Panneau ③ :

Ce panneau a la forme d'un quart de cercle indiqué sur le schéma ci-contre.



Il est assimilable à une plaque triangulaire

S'appuyant sur les 2 poteaux de chaque côté, et uniformément chargée de $p = G + 1,2 P = 1,201 \text{ t/m}^2$

Cette plaque sera calculée par la méthode des lignes de rupture; d'où le moment de rupture $m = P/6$ (Aide Mémoire de RDM, page 247), qu'on multiplie par un coefficient de majoration $\gamma = 1,7$.

Cependant, on admet un encastrement partiel au niveau des appuis.

$$\begin{aligned} * M_{ap_x} = M_{ap_y} &= 0,5 M = 0,58 \text{ m} \\ &= 0,5 \cdot 1,7 \cdot \frac{1,201}{6} \end{aligned}$$

$$M_{ap_x} = M_{ap_y} = 0,17 \text{ tm/ml}$$

* En travée :

$$M_{tx} = M_{ty} = 0,85 M = 0,85 \cdot 1,7 \cdot \frac{1,201}{6} = 0,289 \text{ tm/ml}$$

Ferraillage :

$$* \text{ En travée : } \quad h_t = 20 \text{ cm} \Rightarrow h = 20 - 2 = 18 \text{ cm}$$

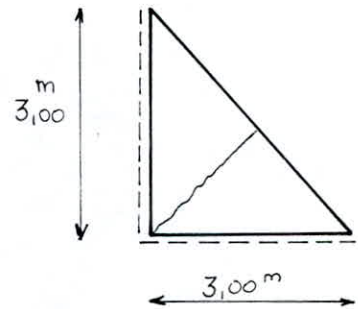
$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,00477 \Rightarrow \begin{cases} K = 144 \\ \varepsilon = 0,9686 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{144} = 19,4 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = 0,59 \text{ cm}^2$$

$$\text{On prendra } A_{\min} = 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot \frac{1}{2} = 0,87 \text{ cm}^2$$

On choisira alors 3T8 = 1,50 cm² espacés de 33 cm.



* Aux Appuis : $M_a = 0,17 \text{ tm}$

$$\mu = 0,0028 \Rightarrow \begin{cases} K = 190 \\ \varepsilon = 0,9756 \end{cases}$$

$$\sigma_b' < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

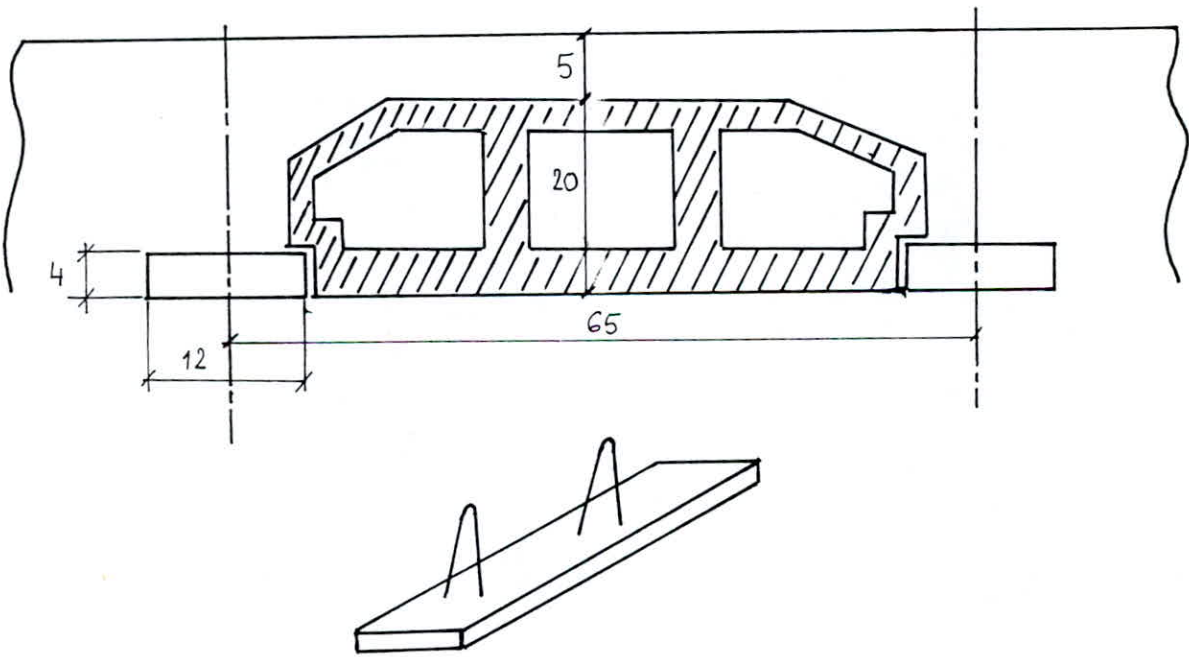
$A = 0,34 \text{ cm}^2/\text{ml}$ et On choisira 3T8 = $1,50 \text{ cm}^2/\text{ml}$ espacés de $e = 33 \text{ cm}$

N.B : toutes les conditions de vérification sont vérifiées.

B / Planchers à corps creux :

les planchers des étages courants ainsi que le plancher à usage de bureaux sont à corps creux de type (20+5).

les poutrelles préfabriquées possèdent des armatures en attente permettant une bonne liaison avec le béton de la table de compression. Elles seront calculées sous la sollicitation du 1^{er} genre (G+1,2P) et disposées suivant le sens longitudinal du bâtiment.



le calcul se fait en 2 étapes :

* 1^{ère} étape : Avant le coulage du béton, la poutrelle est considérée comme simplement appuyée. Elle supporte son poids propre, celui de l'hourdis et la surcharge de l'ouvrier.

1- Charges et Surcharges :

- poids propre ----- $0,04 \times 0,12 \times 2,5 = 0,012 \text{ t/ml}$

- corps creux ----- $0,65 \times 0,11 = 0,071 \text{ ''}$

- Surcharge pondérée ----- $1,2 \times 0,65 \times 0,1 = 0,078 \text{ ''}$

Charge totale appliquée $q = 0,161 \text{ t/ml}$

$q = 0,161 \text{ t/ml}$

2- Schéma Statique :

* Moment en travée $M_0 = q \frac{l^2}{8} = \frac{0,161 \cdot 36}{8} = 0,725 \text{ tm}$

* Effort tranchant en appui $T = q \frac{l}{2} = 0,161 \cdot \frac{6}{2} = 0,483 \text{ t}$

$M_0 = 0,725 \text{ tm}$

$T = 0,483 \text{ t}$

3- Armatures longitudinales :

$M_{rb} = \text{Moment résistant du béton} = kbh^2 = 24,9 \cdot 0,12 \cdot (0,02)^2$

$M_{rb} = 1,19 \cdot 10^{-3} \text{ tm}$

$M_0 = 0,725 \text{ tm}$

On remarque que M_0 est très Supérieur à M_{rb} , cela équivaut à dire que le béton ne suffit pas pour la résistance à la Compression de la poutrelle ; les armatures de compression sont donc nécessaires, ce qui va alors Surcharger la Section de la poutrelle qui est relativement très réduite.

Pour lever cette ambiguïté, on prévoit des échaffaudages pour aider les poutrelles à Supporter les Sollicitations avant le coulage du béton.

2^e étape :

Après le coulage de la table de compression, la poutrelle est considéré comme une poutre continue Sur plusieurs appuis et Semi-encastée aux extrémités.

1- Charges et Surcharges :

- charges permanentes ----- 658 kg/m^2

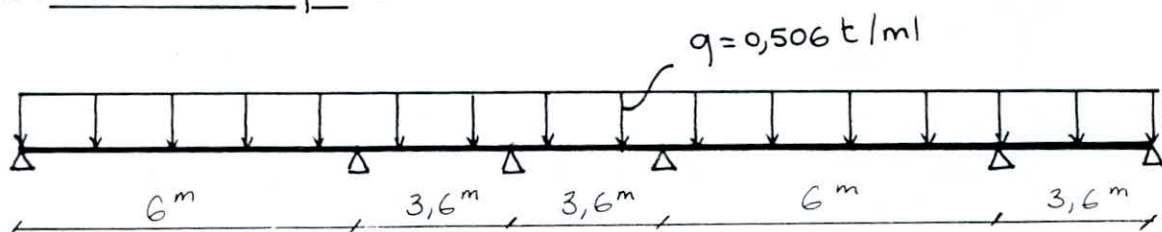
- Surcharge pondérée ----- $1,2 \times 100 = 120 \text{ kg/m}^2$
 $q = 0,778 \text{ t/m}^2$

en tonnes / ml : $q = 0,778 \times 0,65 = 0,506$

$q = 0,506 \text{ t/ml}$

Toutes les poutres des planchers à corps creux sont calculées sous la sollicitation de cette charge.

2. Schéma Statique :

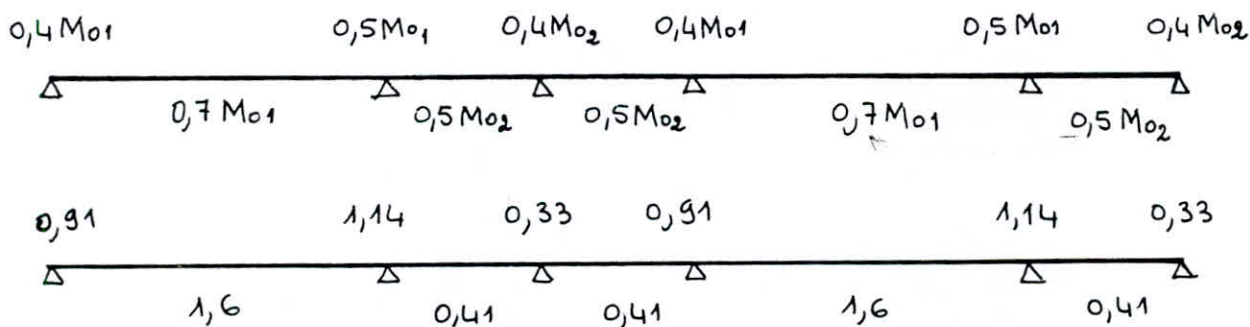


3. Evaluation des éléments de réduction M et T :

notre plancher est à surcharge modérée, donc on applique la méthode forfaitaire.

$M_0(6) = 2,28 \text{ tm} = M_{01}$

$M_0(3,6) = 0,82 \text{ tm} = M_{02}$



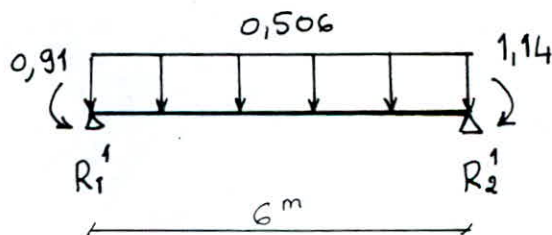
- Calcul des Réactions d'appuis :

* Travée 1 :

$R_1^1 + R_2^1 = 3,036 \text{ t}$

$\Sigma M/1 = 0 \Rightarrow R_2^1 = 1,556 \text{ t}$

$\Sigma M/2 = 0 \Rightarrow R_1^1 = 1,480 \text{ t}$

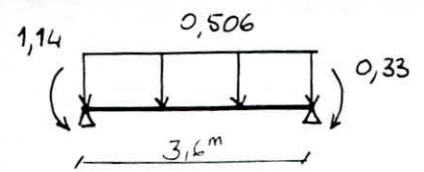


* Travée 2 :

$$R_1^2 + R_2^2 = 1,822$$

$$\Sigma M/1 = 0 \Rightarrow R_2^2 = 0,686 \text{ t}$$

$$\Sigma M/2 = 0 \Rightarrow R_1^2 = 1,136 \text{ t}$$

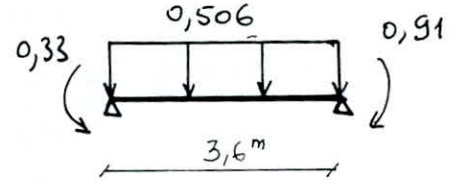


* Travée 3 :

$$R_1^3 + R_2^3 = 1,822 \text{ t}$$

$$\Sigma M/1 = 0 \Rightarrow R_2^3 = 1,072 \text{ t}$$

$$\Sigma M/2 = 0 \Rightarrow R_1^3 = 0,75 \text{ t}$$

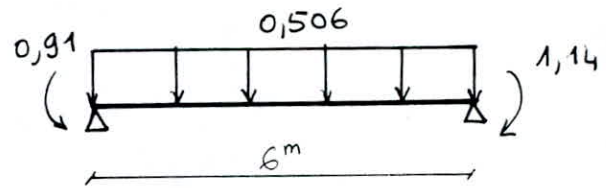


* Travée 4 :

$$R_1^4 + R_2^4 = 3,036 \text{ t}$$

$$\Sigma M/1 = 0 \Rightarrow R_2^4 = 1,556 \text{ t}$$

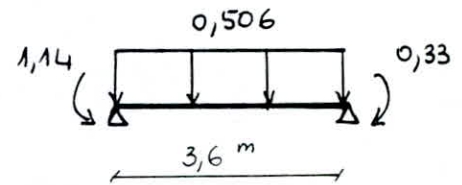
$$\Sigma M/2 = 0 \Rightarrow R_1^4 = 1,480 \text{ t}$$



* Travée 5 :

Voir travée 2 : $R_1^5 = 1,136 \text{ t}$

$$R_2^5 = 0,686 \text{ t}$$



$$R_1 = R_1^1 + R_2^0 = 1,48 \text{ t}$$

$$R_2 = R_1^2 + R_2^1 = 2,69 \text{ t}$$

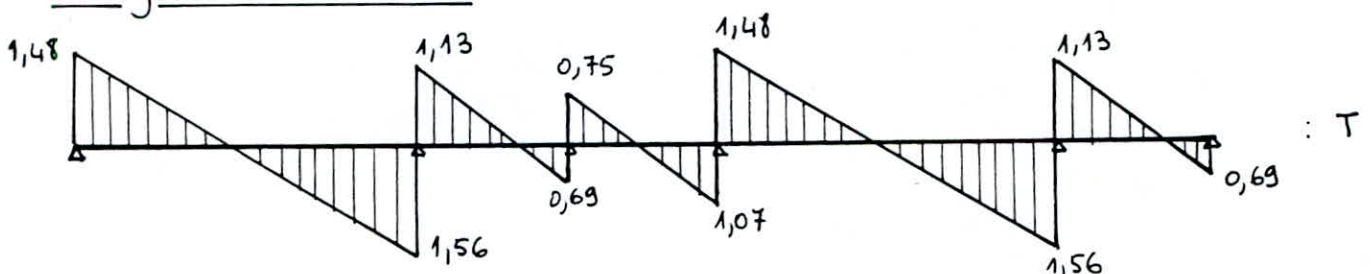
$$R_3 = R_1^3 + R_2^2 = 1,44 \text{ t}$$

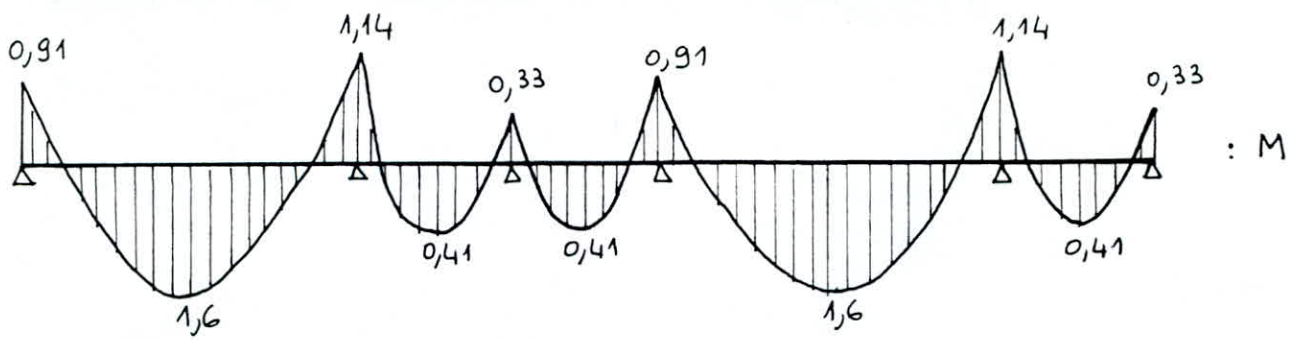
$$R_4 = R_1^4 + R_2^3 = 2,55 \text{ t}$$

$$R_5 = R_1^5 + R_2^4 = 2,69 \text{ t}$$

$$R_6 = R_1^6 + R_2^5 = 0,69 \text{ t}$$

Diagrammes M et T :





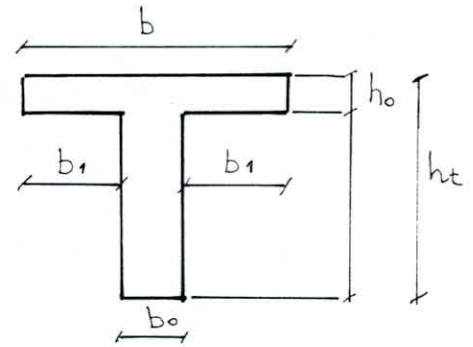
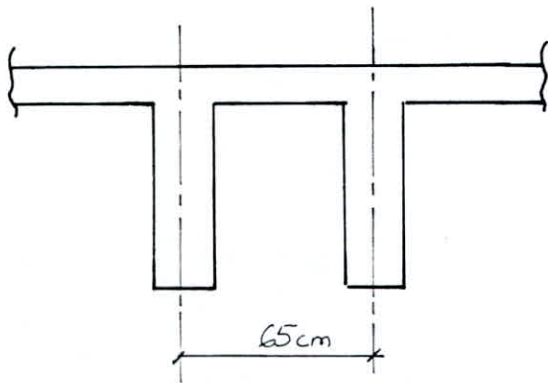
Efforts de calcul :

$M_a = 1,14 \text{ tm}$ $M_t = 1,60 \text{ tm}$ $T = 1,56 \text{ t}$
--

* Calcul des armatures longitudinales :

- En travée :

. Calcul de la table de compression (CCBA 68, Art 55)



b_1 doit vérifier les conditions ci-dessus :

- 1- $b_1 \leq \frac{l_0}{2} = 26,5 \text{ cm}$ avec l_0 : distance entre 2 nervures consécutives
- 2- $b_1 \leq \frac{L}{10} = 60 \text{ cm}$ " L : portée libre de la poutre entre nus d'appuis
- 3- $6h_0 \leq b_1 \leq 8h_0$ " h_0 : hauteur de la table de compression

On prendra finalement $b_1 = 26 \text{ cm}$ et donc $b = 64 \text{ cm}$

$$M^t = 1,60 \text{ tm}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 1,6 \cdot 10^5}{2800 \cdot 64 \cdot 22^2} = 0,0277 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} \varepsilon = 0,9281 \\ k = 54,5 \\ \alpha = 0,2158 \end{cases}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon \cdot h} = 2,80 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit} \quad 2T12 + 1T10 = 3,63 \text{ cm}^2$$

- Aux Appuis :

C'est une section rectangulaire dont les dimensions sont $b \times h = (12 \times 22) \text{ cm}^2$

$$M_a = 1,14 \text{ tm}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 1,14 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 22^2} = 0,1052 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,8715 \\ k = 23,9 \end{cases}$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 117,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = \frac{1,14 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8715 \cdot 22} = 2,12 \text{ cm}^2$$

$$\text{On prend } 2T12 = 2,26 \text{ cm}^2$$

Vérfications :

1- Contraintes :

$$a- \text{En travée} : w = \frac{100A}{bh} = 0,22 \Rightarrow \begin{cases} \varepsilon = 0,9248 \\ k = 51,5 \end{cases}$$

$$\sigma_a^x = \frac{M}{A \varepsilon h} = \frac{1,6 \cdot 10^5}{3,63 \cdot 0,9248 \cdot 22} = 2166 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2166}{51,5} = 42 < \bar{\sigma}_b'$$

2- Condition de non fragilité :

$$a- \text{En travée} : A_{\min} = 0,69 bh \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,36 \text{ cm}^2 < A_e = 3,08 \text{ cm}^2$$

$$b- \text{Aux appuis} : A_{\min} = 0,69 bh \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,26 \text{ cm}^2 < A_a = 2,26 \text{ cm}^2$$

3- Conditions aux appuis :

les armatures en appuis doivent résister à un effort $T + M/3$

$$T + M/3 = 1,56 \cdot 10^3 - \frac{1,14 \cdot 10^5}{7/8 \cdot 22} < 0 \text{ donc } A_a \bar{\sigma}_a > T + M/3$$

4- Vérfications à la fissuration :

$$a- \text{en travée} : \bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{3,08}{2 \cdot 64 \cdot 3} = 8,02 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{14} \cdot \frac{8,02 \cdot 10^{-3}}{1 + 8,02 \cdot 10^{-2}} = 1273 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\min \left\{ \begin{array}{l} \bar{\sigma}_a \\ \max \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 \\ \sigma_2 \end{array} \right. \end{array} \right. = \sigma_2 = 2414 \text{ kg/cm}^2$$

On a reforcé les poutrelles en travée avec cette contrainte, et on a trouvé une section d'armature peu différente de celle trouvée avec $\bar{\sigma}_a$

$$A_t(\bar{\sigma}_a) = 2,80 \text{ cm}^2$$

$$A_t(\sigma_2) = 2,65 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_t = 3,08 \text{ cm}^2 \quad (2T14)$$

5. Vérification de l'adhérence :

On doit avoir $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$

$$\tau_d = \frac{T^{\max}}{n P_3} = \frac{1,56 \cdot 10^3}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{7}{8} \cdot 22} = 12,90 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\Rightarrow \tau_d < \bar{\tau}_d$$

6. Vérification de la flèche : (Art 5.8.4 CCBA 68)

$$* \quad h_t/l \geq 1/22,5$$

$$* \quad h_t/l \geq \frac{1}{15} \cdot M_t/M_0$$

$$* \quad A \leq 36 \cdot bh/\sigma_{en}$$

$$* \quad h_t/l = 25/600 = 0,04 = 1/22,5 = 0,04 \quad \text{c'est vérifié}$$

$$* \quad h_t/l = 0,04$$

$$\frac{1}{15} \cdot M_t/M_0 \quad \text{avec} \quad M_t = 1,16 \text{ tm}$$

$$M_0 = q l^2/8 = 0,506 \cdot 36/8 = 2,30 \text{ tm}$$

$$\frac{1}{15} \cdot M_t/M_0 = \frac{1,16}{15 \cdot 2,30} = 0,0409 < 0,0416 \quad \text{c'est vérifié}$$

$$* \quad A = 3,08 \text{ cm}^2 < \frac{36bh}{\sigma_{en}} = \frac{36 \cdot 64 \cdot 20}{4200} = 10,971 \text{ cm}^2 \quad \text{c'est vérifié}$$

donc la flèche est admissible.

Calcul des armatures transversales :

* Contrainte de cisaillement :

$$\sigma_b = \frac{T}{b_0 z} = \frac{1,56 \cdot 10^3}{12,7/8 \cdot 22} = 6,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = 6,75 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \sigma_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

On suppose qu'il y a discontinuité de bétonnage.

Les armatures transversales droites sont suffisantes pour reprendre l'effort tranchant.

On prévoit des cadres $\phi 8$ ($A_t = 0,10 \text{ cm}^2$) acier doux

Ecartement :
$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T}$$

A_t = Section des armatures transversales dans une section droite = $0,10 \text{ cm}^2$

$\bar{\sigma}_{at}$ = Contrainte admissible des armatures transversales

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} (AD) = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = \frac{0,10 \cdot 7 \cdot 22 \cdot 1600}{1,56 \cdot 10^3 \cdot 8}$$

- espacement admissible :

$$\bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} h \left(1 - \frac{0,3 \sigma_b}{\bar{\sigma}_b} \right) \\ 0,2h \end{array} \right. \leq h \quad \Rightarrow \quad \bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} 14,5 \text{ cm} \\ 4,4 \text{ cm} \end{array} \right. \leq 22 \text{ cm}$$

On prend donc un espacement $t = 15 \text{ cm}$

le 1^{er} cadre se situant à $t/2 = 7,5 \text{ cm}$ du nez d'appui.

- Table de compression :

d'épaisseur de la table de compression étant faible (5cm) ; on utilise donc du treillis soudé ($\bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2$). Les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser: 20 cm (5 p.m) pour les armatures \perp aux nervures

33 cm (3 p.m) " " " " " "

d'écartement entre axes des nervures étant égal à $65 \text{ cm} = l_n$

$$50 < l_n < 80 \text{ cm}$$

$$\text{donc } A_{\perp n} \geq \frac{43 l_n}{0,5 l_n} = \frac{43 \cdot 65}{3533} = 0,79 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 \text{ TG p.m}$$

$$A_{//n} \geq \frac{A_{\perp n}}{2} = \frac{0,79}{2} = 0,395 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3 \text{ TG p.m}$$

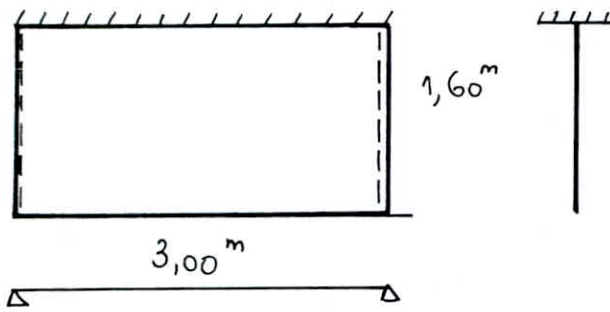
$$\text{par conséquent : } A_{\perp n} = 1,41 \text{ cm}^2 \quad : \quad 5 \text{ TG}$$

$$A_{//n} = 0,74 \text{ cm}^2 \quad : \quad 3 \text{ TG}$$

La table de compression sera armée d'un quadrillage de barres dont les dimensions en mailles sont 20 cm pour les armatures \perp nervures et 33 cm pour les armatures $//$ nervures.

Calcul des balcons :

les balcons sont des dalles pleines de 20 cm ; $h_t = 20$ cm



$$\left. \begin{array}{l} a = 1,60 \text{ m} \\ b = 3,00 \text{ m} \end{array} \right\} \rightarrow \rho = \frac{a}{b} = 0,53$$

$$q a^2 = 1,22 \cdot 1,60^2 = 3,12$$

$$q b^2 = 10,98$$

$$\frac{q a^4}{E h^3} = 15 \cdot 10^{-4}$$

	w_s	w_{bs}	M_{xs}	M_{xrs}	M_{ys}	M_{yas}
	0,190	0,429	0,010	-0,251	0,018	0,043
F.m	$\frac{q a^4}{E h^3}$	$\frac{q a^4}{E h^3}$	$q a^2$	$q a^2$	$q b^2$	$q b^2$
Moment	$2,8 \cdot 10^{-4}$	$6,4 \cdot 10^{-4}$	0,031	-0,78	0,197	0,472

* Moment en travée : $M_{\max} = 0,197$ tm

$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 0,197 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 16^2} = 0,04 \quad \Rightarrow \quad \left\{ \begin{array}{l} K = 156 \\ \varepsilon = 0,9710 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 17,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = 0,45 \text{ cm}^2$$

On adoptera 3T8 = 1,50 cm²/ml avec $t = 33$ cm

* Moment en Appuis : $M_{\max} = -0,78$ tm

$$\mu = 0,016 \quad \Rightarrow \quad K = 73,5 \text{ et } \varepsilon = 0,9430$$

$$\bar{\sigma}_b' < \bar{\sigma}_b' \quad \Rightarrow \quad A' = 0$$

$$A_a = \frac{M_a}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h} = 1,84 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2/\text{ml avec } t = 33 \text{ cm}$$

Vérifications :

1 - Contraintes :

$$\bar{\omega} = \frac{100 A}{h} = 0,15 \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} K = 63,5 \\ \varepsilon = 0,936 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \varepsilon h} = 2206 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 34,75 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

2 - flèche : $\bar{f} = l/500 = 300/500 = 0,6 \text{ cm}$
 $f = 0,064 \text{ cm} < \bar{f}$

3 - Condition de non fragilité : $A > A_{\min} = 0,69 bh \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{\text{ten}}} \cdot \frac{2-f}{f} = 4,30$
 On adoptera donc $6T10 = 4,71 \text{ cm}^2 / \text{ml}$

aussi bien en travée qu'en appui espacés de 18 cm

Ar $\Rightarrow \frac{A}{4} = 1,17 \text{ cm}^2$ Soit $3T8 = 1,80 \text{ cm}^2$ avec $t = 33 \text{ cm}$

4 - Condition de non fissuration :

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \frac{K \eta \bar{\sigma}_b}{\phi} = 2856 \text{ kg/cm}^2 > 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{c'est donc vérifié}$$

5 - Condition de cisaillement :

$$T^{\max} = q l = 1,22 \cdot 3 = 3,66 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T^{\max}}{b z} = 2,61 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

On n'a donc pas besoin d'armatures transversales.

6 - Conditions aux appuis :

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

or $T + \frac{M}{z}$ est $< 0 \Rightarrow$ la condition est donc vérifiée.

CHAPITRE 3

CALCUL

DES

RIGIDITES

Calcul des rigidités

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

Cette méthode proposée dans la réglementation parasismique japonaise se prête bien pour le type de contreventement portiques ; elle est basée sur la rigidité relative de niveaux d'un portique dont "Muto" suggère comme valeur de la rigidité avec poteaux parfaitement encastres, multipliée par un coefficient "a" correcteur, tenant compte de la flexibilité des poutres arrivant aux nœuds

R^∞ : Rigidité relative de niveaux d'un portique avec poteaux parfaitement encastres.

$R = a \cdot R^\infty$: Rigidité relative de niveaux d'un portique corrigée au sens de "MUTO"

1. Exposé de la méthode :

C'est une méthode approchée nous permettant d'analyser une structure constituée de portiques sollicités par des efforts horizontaux (Seisme, Vent), basée sur les rigidités de niveaux, des étages dont "MUTO" propose des formules approchées.

2. Conditions d'application :

- la méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leurs plans, ayant une ossature composée de portiques reprenant la totalité des charges verticales et horizontales.
- les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers.
- le diagramme de répartition des charges en élévation doit être rectangulaire (cas de vent) ou triangulaire (Seisme).

- pour obtenir une précision convenable, il faut que la raideur (I/l) des poutres ne soit pas très faible devant celle des poteaux (I/h_e).

on doit avoir $\bar{K} \geq 0,2$ pour tous les nœuds de l'ossature.

- Si $\bar{K} < 0,2$, les poteaux doivent être considérés comme ne faisant pas parti de la structure résistante aux charges horizontales.

- les raideurs (I/l) des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop différentes (le rapport doit être compris entre 0,5 et 2)

- la raideur (I/h_e) d'un poteau ne doit pas trop varier entre deux étages adjacents (rapport compris entre 0,5 et 2).

- On ne doit pas avoir une variation brusque de rigidité entre deux niveaux successifs.

3- Etapas de calcul :

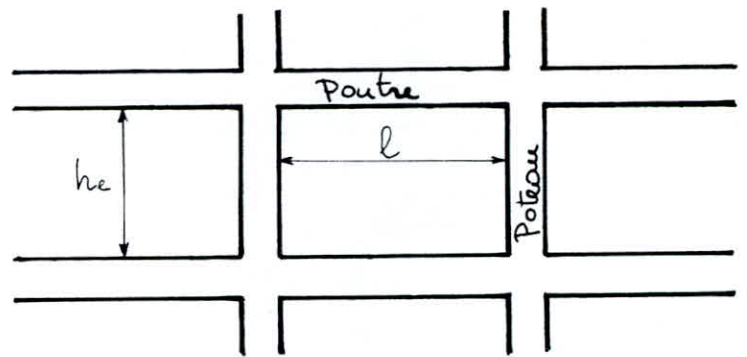
a- Calcul des raideurs des poteaux et des poutres :

$$K_{\text{poteau}} = I/h_e$$

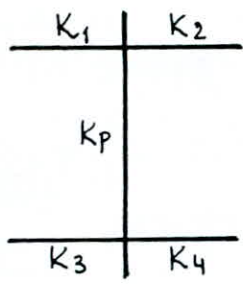
$$K_{\text{poutre}} = I/l$$

I : inertie du poteau

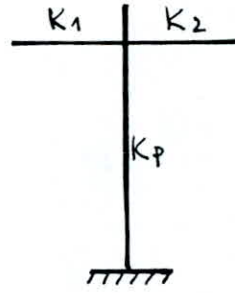
ou de la poutre considérée.



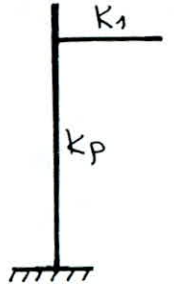
b. Calcul des coefficients \bar{K} et coefficients correcteurs a :



Etage courant



Premier niveau



\bar{K}	$\frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{2K_p}$	$\frac{K_1 + K_2}{2K_p}$	$\frac{K_1 + K_2}{K_p}$	$\frac{K_1}{K_p}$
a	$\frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$\frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

c. Calcul des rigidités corrigées d'un poteau (i) du niveau (j) :

$$r_j^{(i)} = \frac{12E}{h_j^2} \cdot a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)}$$

d. Rigidités relative de niveau corrigées d'un portique :

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

pour le même étage ($h_j = c \cdot l_e$)

\Rightarrow

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

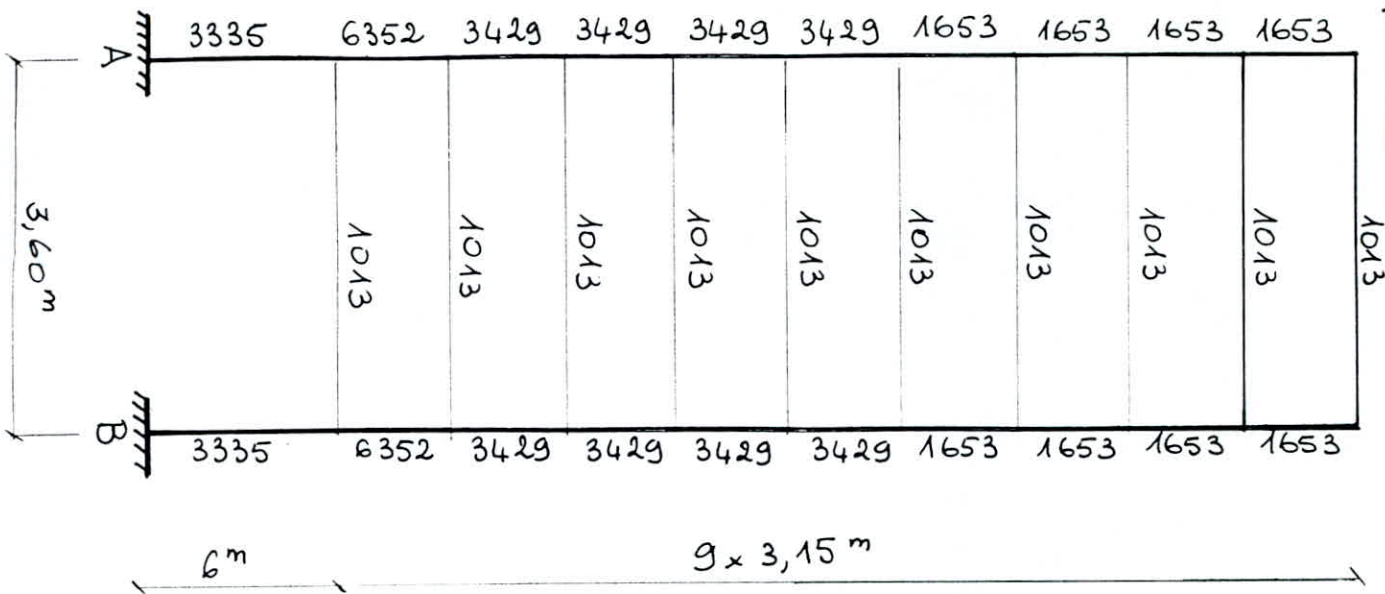
avec

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

Z	Poteau	\bar{K}	Q_j	K_p (cm^3)	$Q_j K_p$ (cm^3)	D_j (cm^3)	R_j (kg/cm)
7° - 8° - 9° - 10°	A	0,37	0,16	1653	264,48	2909,28	1,33 · 10 ⁵
	B	0,98	0,33	"	545,49		
	C	1,23	0,38	"	628,14		
	D	0,98	0,33	"	545,49		
	E	0,98	0,33	"	545,49		
	F	0,61	0,23	"	380,19		
3° - 4° - 5° - 6°	A	0,20	0,09	3429	308,61	3497,58	1,60 · 10 ⁵
	B	0,47	0,19	"	651,51		
	C	0,59	0,23	"	788,67		
	D	0,47	0,19	"	651,51		
	E	0,47	0,19	"	651,51		
	F	0,30	0,13	"	445,77		
2°	A	0,10	0,05	6352	317,60	4065,28	1,86 · 10 ⁵
	B	0,26	0,12	"	762,24		
	C	0,32	0,14	"	889,28		
	D	0,26	0,12	"	762,24		
	E	0,26	0,12	"	762,24		
	F	0,20	0,09	"	571,68		
1 ^{er}	A	0,20	0,32	3335	1067,20	7670,50	0,966 · 10 ⁵
	B	0,49		"	1334,00		
	C	0,61		"	1434,05		
	D	0,49		"	1334,00		
	E	0,49		"	1334,00		
	F	0,30		"	1167,25		

N	Poteau	\bar{K}	a_j	K_p (cm^3)	$a_j K_p$ (cm^3)	D_j (cm^3)	R_j (kg/cm)
7 ^c - 8 ^c - 9 ^c - 10 ^c	A	0,37	0,16	1653	264,48	2248,08	$10,30 \cdot 10^4$
	B	0,98	0,33	"	545,49		
	C	1,23	0,38	"	628,14		
	D	0,98	0,33	"	545,49		
	E	0,23	0,16	"	264,48		
3 ^c - 4 ^c - 5 ^c - 6 ^c	A	0,20	0,09	3429	308,61	2708,91	$12,40 \cdot 10^4$
	B	0,47	0,19	"	651,51		
	C	0,59	0,23	"	788,61		
	D	0,47	0,19	"	651,51		
	E	0,20	0,09	"	308,61		
2 ^c	A	0,10	0,05	6352	317,60	3048,96	$14,00 \cdot 10^4$
	B	0,26	0,12	"	762,24		
	C	0,32	0,14	"	889,28		
	D	0,26	0,12	"	762,24		
	E	0,10	0,05	"	317,60		
1 ^c	A	0,20	0,32	3335	1067,20	6236,45	$7,86 \cdot 10^4$
	B	0,49	0,40	"	1334,00		
	C	0,61	0,43	"	1434,05		
	D	0,49	0,40	"	1334,00		
	E	0,20	0,32	"	1067,20		

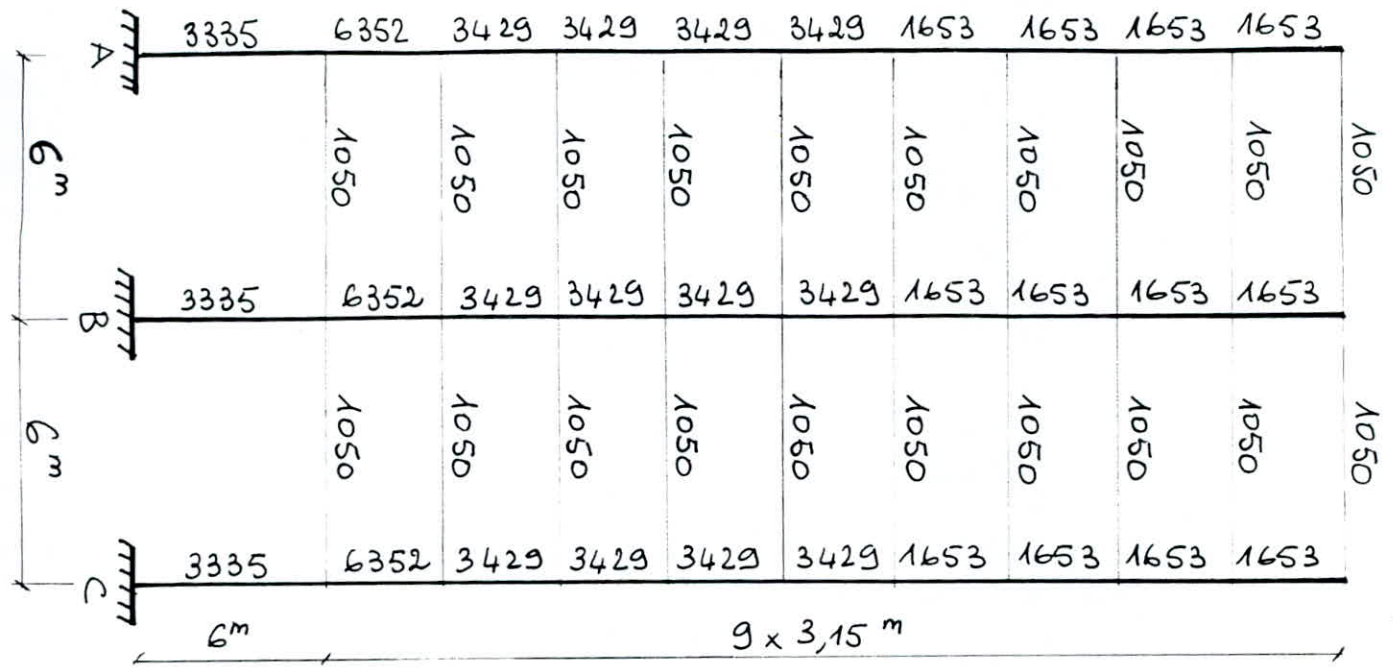
* Portique H-H :



Z	Pot	K	Q _f	K _P (cm ³)	Q _f K _P (cm ³)	D _f (cm ³)	R _d (kg/cm)
1 ^e	A	0,30	0,35	3335	1167,25	2334,50	2,90 · 10 ⁴
	B	0,30	0,35	3335	1167,25		
2 ^e	A	0,20	0,09	6352	571,68	1143,36	5,23 · 10 ⁴
	B	0,20	0,09	6352	571,68		
3 ^e -4 ^e -5 ^e -6 ^e	A	0,30	0,13	3429	445,77	891,54	4,07 · 10 ⁴
	B	0,30	0,13	3429	445,77		
7 ^e -8 ^e -9 ^e -10 ^e	A	0,61	0,23	1653	380,19	760,38	3,5 · 10 ⁴
	B	0,61	0,23	1653	380,19		

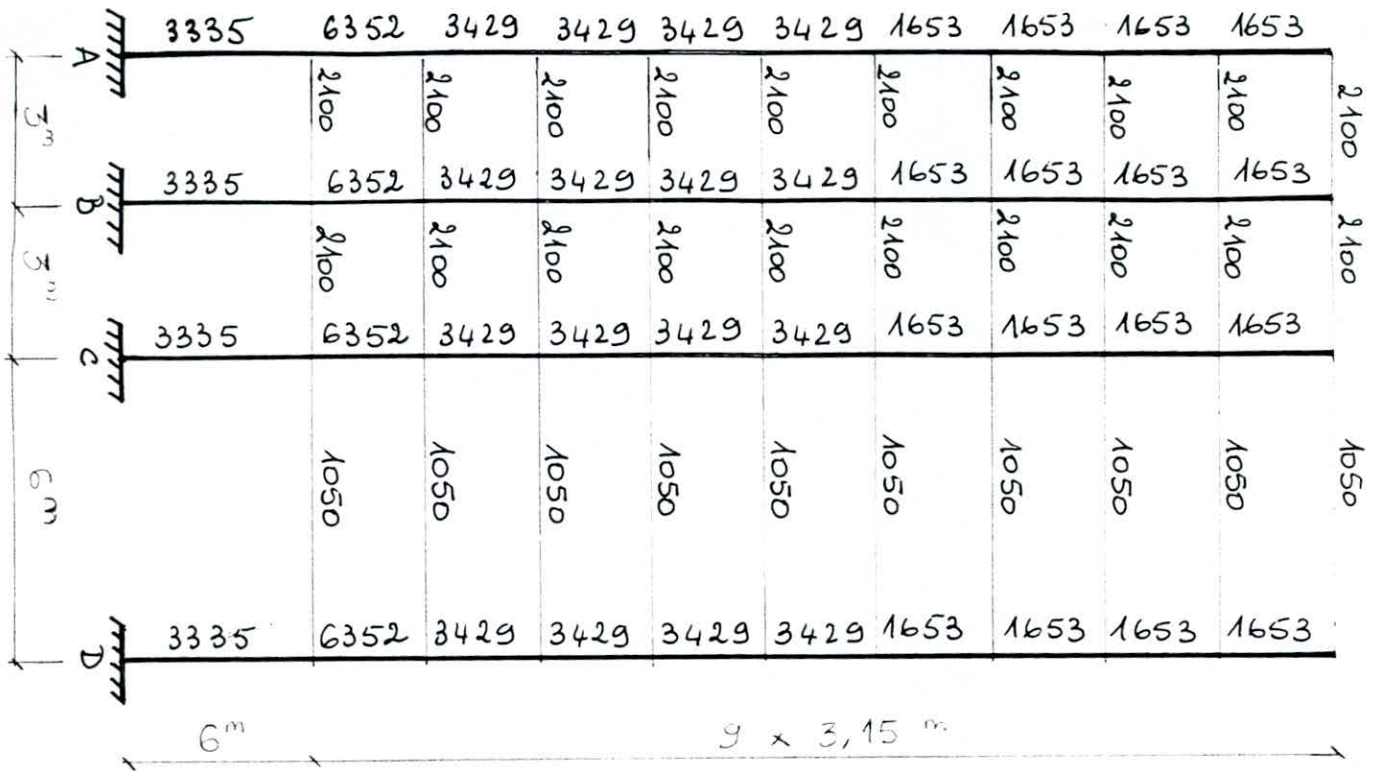
B/ Portiques transversaux

* Portiques "1-1"; "2-2"; "3-3"; "4-4"



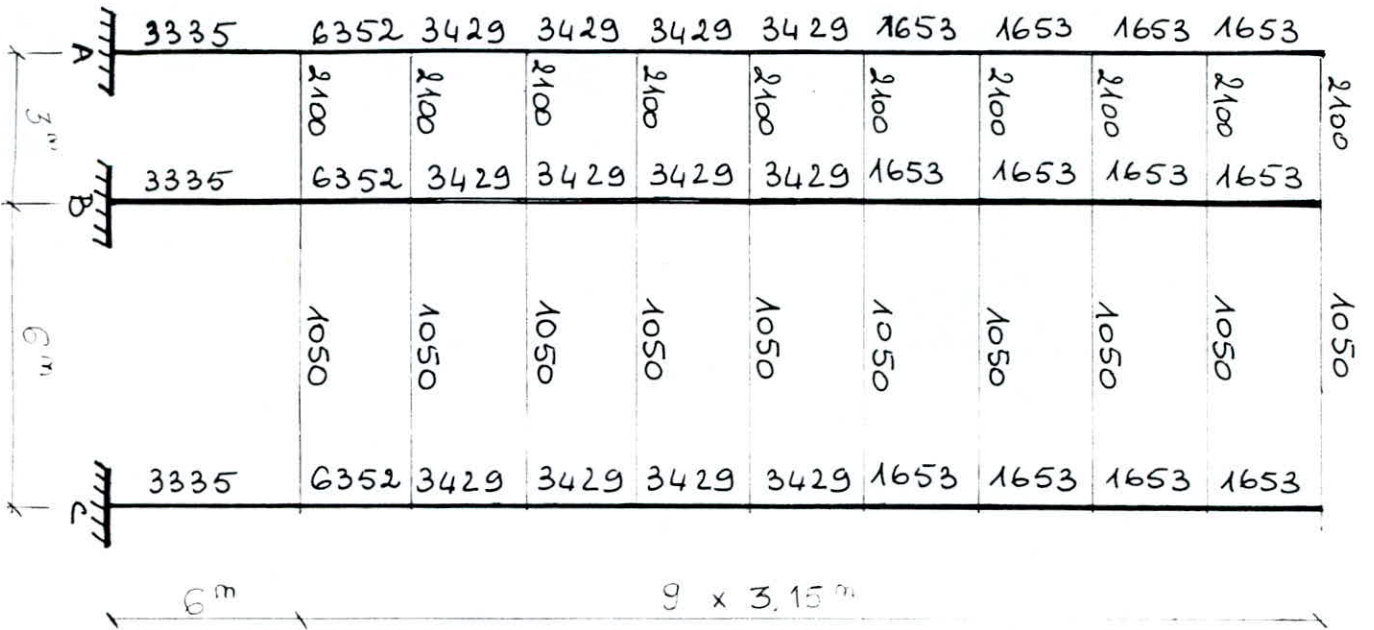
N	Plteau	K	Q _f	K _P (cm ³)	Q _f K _P (cm ³)	D _f (cm ³)	R _f (kg/cm)
1 ^e	A	0,31	0,35	3335	1167,25	3768,55	4,75 · 10 ⁴
	B	0,63	0,43	3335	1434,05		
	C	0,31	0,35	3335	1167,25		
2 ^e	A	0,20	0,09	6352	571,68	2032,64	9,29 · 10 ⁴
	B	0,33	0,14	6352	889,28		
	C	0,20	0,09	6352	571,68		
3 ^e - 4 ^e - 5 ^e - 6 ^e	A	0,31	0,13	3429	445,77	1680,21	7,68 · 10 ⁴
	B	0,61	0,23	3429	788,67		
	C	0,31	0,13	3429	445,77		
7 ^e - 8 ^e - 9 ^e - 10 ^e	A	0,64	0,24	1653	400,73	1443,44	6,60 · 10 ⁴
	B	1,27	0,39	1653	641,99		
	C	0,64	0,24	1653	400,73		

* Portique "5-5" :



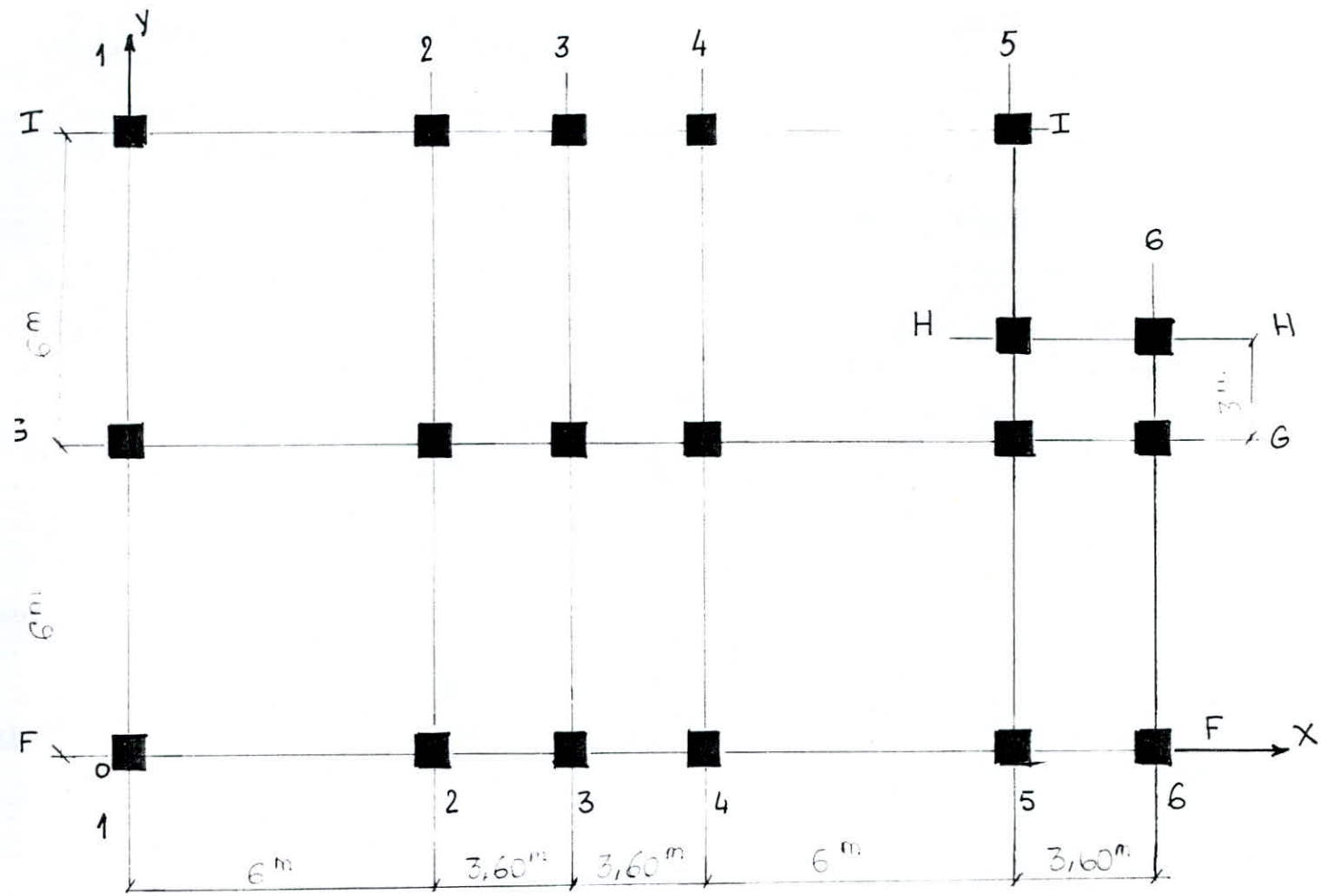
N	Porteau	K	Q _j	K _P (cm ³)	Q _j K _P (cm ³)	D _j (cm ³)	R _j (kg/cm)
1 ^e	A B C D	0,63 1,26 0,94 0,31	0,43 0,54 0,49 0,35	3335 " " " "	1434,05 1800,90 1634,15 1167,25	6036,35	0,761 · 10 ⁵
2 ^e	D C B A	0,20 0,50 0,66 0,33	0,09 0,20 0,25 0,14	" " " " 6352	571,68 1270,40 1588,90 889,27	4319,36	1,97 · 10 ⁵
3 ^e - 4 ^e - 5 ^e - 6 ^e	D C B A	0,31 0,92 1,22 0,61	0,13 0,32 0,38 0,23	" " " " 3429	445,77 1097,28 1303,02 788,67	3634,74	1,66 · 10 ⁵
7 ^e - 8 ^e - 9 ^e - 10 ^e	D C B A	0,64 1,91 2,54 1,27	0,24 0,49 0,56 0,40	" " " " 1653	396,72 809,97 925,68 661,20	2793,57	1,28 · 10 ⁵

* Portique "6-6" :



N	Poutre	K	Q _f	K _p (cm ³)	Q _f K _p (cm ³)	D _f (cm ³)	R _d (kg/cm)
1 ^e	A	0,63	0,43	3335	1434,05	4235,45	0,534 · 10 ⁵
	B	0,94	0,49	3335	1634,15		
	C	0,31	0,35	3335	1167,25		
2 ^e	A	0,33	0,14	6352	889,28	2731,36	1,25 · 10 ⁵
	B	0,52	0,20	6352	1270,40		
	C	0,20	0,09	6352	571,68		
3 ^e - 4 ^e - 5 ^e - 6 ^e	A	0,61	0,23	3429	788,67	2331,72	1,07 · 10 ⁵
	B	0,92	0,32	3429	1097,28		
	C	0,31	0,13	3429	445,77		
7 ^e - 8 ^e - 9 ^e - 10 ^e	A	1,27	0,39	1653	644,67	1851,36	8,46 · 10 ⁵
	B	1,91	0,49	1653	809,97		
	C	0,64	0,24	1653	396,72		

Détermination du centre masse et centre de torsion :



a. Calcul du centre de masse :

Le centre de gravité est repéré dans un système d'axes orthonormé convenablement choisi.

- On détermine tout d'abord le poids propre de chaque élément constituant le bâtiment.
- On détermine le centre de masse de tous les éléments (planchers, façades, poutres, poteaux, escaliers) par la formule :

$$X_G = \frac{\sum_{i=1}^{10} W_i X_i}{\sum_{i=1}^{10} W_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum_{i=1}^{10} W_i Y_i}{\sum_{i=1}^{10} W_i}$$

- On détermine enfin le centre de masse de chaque niveau ; les résultats seront regroupés dans le tableau suivant :

Niveau	1 ^e	2 ^e	3 ^e - 6 ^e	7 ^e - 10 ^e	11 ^e
X _G (m)	11,40	11,96	11,63	11,60	11,39
Y _G (m)	5,97	6,64	5,91	5,91	6,16

b - Calcul du Centre de torsion :

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

$$X_{c_j} = \frac{\sum_{t=1}^k R_{jy}^{(t)} X_j^{(t)}}{R_{jy}^{(t)}} \quad \text{avec } t = \text{Sens transversal}$$

$$Y_{c_j} = \frac{\sum_{l=1}^m R_{jx}^{(l)} Y_j^{(l)}}{R_{jx}^{(l)}} \quad \text{" } l = \text{Sens longitudinal}$$

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

$Y_j^{(l)}$: " " " longitudinal " " " ox

$$R_{jy}^{(t)}(y) = \sum_{t=1}^k R_{jy}^{(t)}$$

et

$$R_{jx}^{(l)}(x) = \sum_{l=1}^m R_{jx}^{(l)}$$

Sont les rigidités relatives de l'étage (j) respectivement dans les 2 Sens.

* Sens Longitudinal :

Niveau	Portique	Y_L (m)	$R_j^{(L)}$ (kg/cm)	$\sum R_j^{(L)} y$ (kg/cm)	$\sum R_j^{(L)} x y$ (kg)	Y_c (m)
$7^e - 8^e - 9^e - 10^e$	F-F	0	$1,33 \cdot 10^5$	$4,04 \cdot 10^5$	$23,40 \cdot 10^7$	5,79
	G-G	6	$1,33 \cdot 10^5$			
	H-H	9	$0,35 \cdot 10^5$			
	I-I	12	$1,03 \cdot 10^5$			
$3^e - 4^e - 5^e - 6^e$	F-F	0	$1,60 \cdot 10^5$	$4,85 \cdot 10^5$	$28,14 \cdot 10^7$	5,80
	G-G	6	$1,60 \cdot 10^5$			
	H-H	9	$0,41 \cdot 10^5$			
	I-I	12	$1,24 \cdot 10^5$			
2^e	F-F	0	$1,86 \cdot 10^5$	$5,65 \cdot 10^5$	$32,67 \cdot 10^7$	5,79
	G-G	6	$1,86 \cdot 10^5$			
	H-H	9	$0,52 \cdot 10^5$			
	I-I	12	$1,40 \cdot 10^5$			
1^e	F-F	0	$0,97 \cdot 10^5$	$3,01 \cdot 10^5$	$17,84 \cdot 10^7$	5,93
	G-G	6	$0,97 \cdot 10^5$			
	H-H	9	$0,29 \cdot 10^5$			
	I-I	12	$0,79 \cdot 10^5$			

* Sens transversal :

Niveau	Portique	X_t (m)	$R_{jx}^{(t)}$ [kg/cm]	$X_t R_{jx}^{(t)}$ [kg]	$\sum R_{jx}^{(t)}$ [kg/cm]	$\sum R_{jx}^{(t)} X_t$ [kg]	X_c (m)
$7^c - 8^c - 9^c - 10^c$	1-1	0	$6,60 \cdot 10^4$	0	$4,77 \cdot 10^5$	$6,28 \cdot 10^8$	13,18
	2-2	6	$6,60 \cdot 10^4$	$3,96 \cdot 10^7$			
	3-3	9,60	$6,60 \cdot 10^4$	$6,34 \cdot 10^7$			
	4-4	13,20	$6,60 \cdot 10^4$	$8,71 \cdot 10^7$			
	5-5	19,20	$12,80 \cdot 10^4$	$34,90 \cdot 10^7$			
	6-6	22,80	$8,46 \cdot 10^4$	$1,96 \cdot 10^7$			
$3^c - 4^c - 5^c - 6^c$	1-1	0	$7,68 \cdot 10^4$	0	$5,88 \cdot 10^5$	$7,84 \cdot 10^8$	13,33
	2-2	6	$7,68 \cdot 10^4$	$4,61 \cdot 10^7$			
	3-3	9,60	$7,68 \cdot 10^4$	$7,37 \cdot 10^7$			
	4-4	13,20	$7,68 \cdot 10^4$	$10,10 \cdot 10^7$			
	5-5	19,20	$16,60 \cdot 10^4$	$31,90 \cdot 10^7$			
	6-6	22,80	$10,70 \cdot 10^4$	$24,40 \cdot 10^7$			
2^c	1-1	0	$9,29 \cdot 10^4$	0	$6,94 \cdot 10^5$	$9,31 \cdot 10^8$	13,41
	2-2	6	$9,29 \cdot 10^4$	$5,57 \cdot 10^7$			
	3-3	9,60	$9,29 \cdot 10^4$	$8,92 \cdot 10^7$			
	4-4	13,20	$9,29 \cdot 10^4$	$12,30 \cdot 10^7$			
	5-5	19,20	$19,70 \cdot 10^4$	$37,80 \cdot 10^7$			
	6-6	22,80	$12,50 \cdot 10^4$	$28,50 \cdot 10^7$			
1^c	1-1	0	$4,75 \cdot 10^4$	0	$3,20 \cdot 10^5$	$4,05 \cdot 10^8$	12,65
	2-2	6	$4,75 \cdot 10^4$	$2,85 \cdot 10^7$			
	3-3	9,60	$4,75 \cdot 10^4$	$4,56 \cdot 10^7$			
	4-4	13,20	$4,75 \cdot 10^4$	$6,27 \cdot 10^7$			
	5-5	19,20	$7,61 \cdot 10^4$	$14,60 \cdot 10^7$			
	6-6	22,80	$5,34 \cdot 10^4$	$12,20 \cdot 10^7$			

d'où les coordonnées du centre de torsion à chaque niveau, qui seront résumés dans le tableau suivant :

Niveau	1 ^{er}	2 ^e	3 ^e - 6 ^e	7 ^e - 10 ^e	Terrasse
X_c (m)	12,65	13,41	13,33	13,18	13,18
y_c (m)	5,93	5,79	5,80	5,79	5,79

C. Calcul des Excentricités entre c et G :

Niveau	X_G (m)	X_c (m)	$e = X_G - X_c $ (m)	y_G (m)	y_c (m)	$e_y = y_G - y_c $ (m)
Terrasse	11,39	13,18	1,79	6,16	5,79	0,37
7 ^e - 10 ^e	11,60	13,18	1,58	5,91	5,79	0,12
3 ^e - 6 ^e	11,63	13,33	1,70	5,91	5,80	0,11
2 ^e	11,96	13,41	1,45	6,64	5,79	0,85
1 ^{er}	11,40	12,65	1,25	5,97	5,93	0,04

D'après le RPA, on a chaque niveau et dans chaque direction la résultante des forces horizontales avec une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des 2 valeurs suivantes :

- 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau (excentricité accidentelle)

- excentricité théorique résultant du calcul

$$\ast \max [5\% l_x, 5\% l_y] = 5\% l_x = 5\% \cdot 23,20 = 1,16 \text{ m}$$

* $l_{théor} = 1,79 \text{ m}$

On prendra donc, pour tous les niveaux les excentricités :

$$l_x = l_y = 1,79 \text{ m}$$

d - Calcul des coordonnées des portiques par rapport au centre de torsion et de la Rigidité à la Torsion (R_j^l)

* Portique longitudinal :

Niveau	Portique	$y_c^l \text{ (m)}$	$R_j^l \text{ (kg/cm)}$	$R_j^l y_c^2 \text{ (kg.cm)}$	$\Sigma R_j^l y_c^2 \text{ (kg.cm)}$
$7^e - 8^e - 9^e - 10^e$	F-F	-5,79	$1,33 \cdot 10^5$	$4,46 \cdot 10^{10}$	$8,79 \cdot 10^{10}$
	G-G	0,21	$1,33 \cdot 10^5$	$5,86 \cdot 10^7$	
	H-H	3,21	$0,35 \cdot 10^5$	$0,36 \cdot 10^{10}$	
	I-I	6,21	$1,03 \cdot 10^5$	$3,97 \cdot 10^{10}$	
$3^e - 4^e - 5^e - 6^e$	F-F	-5,80	$1,60 \cdot 10^5$	$5,40 \cdot 10^{10}$	$10,58 \cdot 10^{10}$
	G-G	0,20	$1,60 \cdot 10^5$	$6,40 \cdot 10^7$	
	H-H	3,20	$0,41 \cdot 10^5$	$4,17 \cdot 10^9$	
	I-I	6,20	$1,24 \cdot 10^5$	$4,76 \cdot 10^{10}$	
2^e	F-F	-5,79	$1,86 \cdot 10^5$	$6,23 \cdot 10^{10}$	$12,18 \cdot 10^{10}$
	G-G	0,21	$1,86 \cdot 10^5$	$8,20 \cdot 10^7$	
	H-H	3,21	$0,52 \cdot 10^5$	$0,54 \cdot 10^{10}$	
	I-I	6,21	$1,40 \cdot 10^5$	$5,40 \cdot 10^{10}$	
1^e	F-F	-5,93	$0,97 \cdot 10^5$	$3,39 \cdot 10^{10}$	$6,52 \cdot 10^{10}$
	G-G	0,07	$0,97 \cdot 10^5$	$4,73 \cdot 10^2$	
	H-H	3,07	$0,29 \cdot 10^5$	$2,73 \cdot 10^9$	
	I-I	6,07	$0,79 \cdot 10^5$	$2,89 \cdot 10^{10}$	

* Portique transversal :

Niveau	Portique	X_c (m)	$R_j \cdot 10^{-4}$ (kg/cm)	$R_j \cdot X_c^2$ (kg.cm)	$\Sigma R_j \cdot X_c^2$
$7^c - 8^c - 9^c - 10^c$	1-1	-13,18	6,60	$11,46 \cdot 10^{10}$	$28,18 \cdot 10^{10}$
	2-2	-7,18	6,60	$3,40 \cdot 10^{10}$	
	3-3	-3,58	6,60	$8,46 \cdot 10^9$	
	4-4	0,02	6,60	$26,40 \cdot 10^4$	
	5-5	6,02	12,80	$4,64 \cdot 10^{10}$	
	6-6	9,62	8,46	$7,83 \cdot 10^{10}$	
$3^c - 4^c - 5^c - 6^c$	1-1	-13,33	7,68	$13,65 \cdot 10^{10}$	$34,15 \cdot 10^{10}$
	2-2	-7,33	7,68	$41,26 \cdot 10^9$	
	3-3	-3,73	7,68	$10,68 \cdot 10^9$	
	4-4	-0,13	7,68	$12,97 \cdot 10^6$	
	5-5	5,87	16,60	$5,72 \cdot 10^{10}$	
	6-6	9,47	10,70	$9,59 \cdot 10^{10}$	
2^c	1-1	-13,41	9,29	$16,71 \cdot 10^{10}$	$40,78 \cdot 10^{10}$
	2-2	-7,41	9,29	$5,10 \cdot 10^{10}$	
	3-3	-3,81	9,29	$13,48 \cdot 10^9$	
	4-4	-0,21	9,29	$4,09 \cdot 10^7$	
	5-5	5,79	19,70	$6,60 \cdot 10^{10}$	
	6-6	9,39	12,50	$11,02 \cdot 10^{10}$	
1^c	1-1	-12,95	4,75	$7,96 \cdot 10^{10}$	$18,94 \cdot 10^{10}$
	2-2	-6,95	4,75	$2,29 \cdot 10^{10}$	
	3-3	-3,35	4,75	$5,33 \cdot 10^9$	
	4-4	0,25	4,75	$2,96 \cdot 10^7$	
	5-5	6,25	7,61	$2,97 \cdot 10^{10}$	
	6-6	9,85	5,35	$5,18 \cdot 10^{10}$	

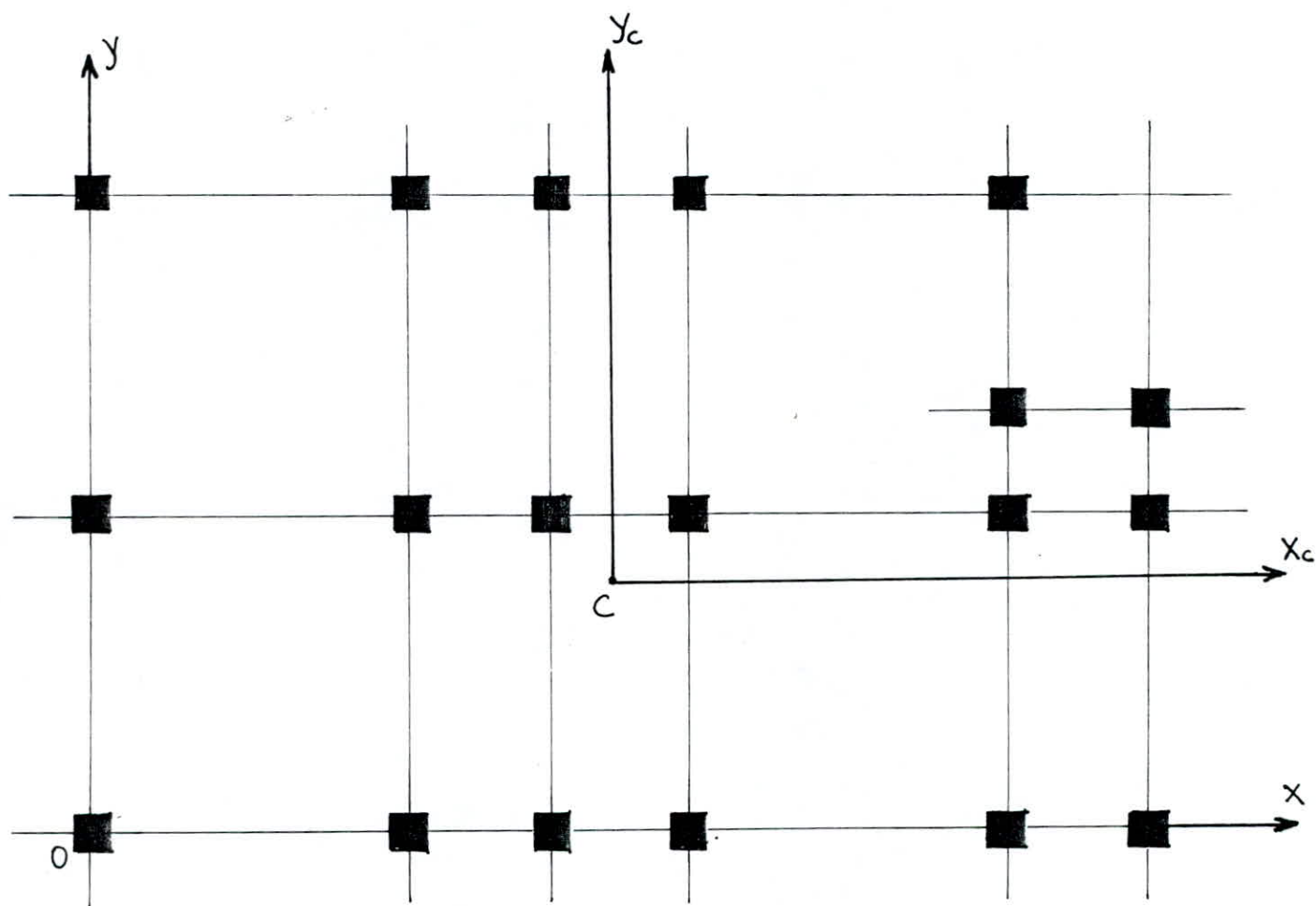
la Rigidité à la Torsion de l'étage (j) est donnée par la formule

Suivante :

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

où x_t et y_l sont les coordonnées des portiques par rapport au repère (C, x, y)

Niveau / Rigidité	7 ^e - 10 ^e	6 ^e - 3 ^e	2 ^e	1 ^{er}
$R_{j\theta}$ (Kg.cm)	$36,97 \cdot 10^{10}$	$44,73 \cdot 10^{10}$	$52,96 \cdot 10^{10}$	$25,46 \cdot 10^{10}$



Position du centre de torsion du 1^{er} niveau

CHAPITRE 5

ETUDE

AU

S'EIS'ME

Etude au seisme

I Généralités :

Une grande partie de l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses sismiques ; l'intensité de ces secousses est suffisante pour produire d'importantes dégâts aux constructions, à moins que celles-ci soient construites de manière adéquate pour résister à ces efforts.

II Règlement Suivi :

Depuis le séisme qui a ravagé la ville d'EL ASNAM, le 10 Octobre 1980, l'Algérie et principalement le CTC a élaboré un règlement parasismique algérien rendu en vigueur en 81 (RPA 81), rendant les conditions plus strictes ; c'est donc le règlement qu'on a dû suivre dans notre étude.

III Principes de calcul :

On ne peut utiliser la méthode statique pour faire un calcul simplifié en substituant aux effets dynamiques réels, des sollicitations basées sur les coefficients (A, B, D, Q) car parmi les sept (7) conditions énoncées par le RPA, pour l'application de la méthode, il y a celles qui ne sont pas vérifiées.

à titre d'exemple on peut citer, la variation de rigidité entre les niveaux 1 et 2 dépasse 25% ; ce qui est contraire au RPA, ce qui nous amènera donc à utiliser la méthode pseudo-dynamique pour le calcul des périodes.

IV Détermination des charges sismiques :

Les charges sismiques sont supposées concentrées au niveau des planchers. D'après le RPA (Art 3.3.15 page 40) pour les bâtiments à usage d'habitation, il n'en est pas lieu de tenir compte d'un pourcentage des surcharges d'exploitation, sauf pour l'étage à usage commercial, on prend 50% de la surcharge.

1 - Niveau 10 - niveau Terrasse :

- Acrotère	17,65 t
- Planchers	182,54 t
- Poutres transversales	40,68 t
- Poutres longitudinales	34,60 t
- 1/2 Poteaux	18,70 t
- 1/2 Murs extérieurs	27,99 t

$$W_{10} = 322,16 \text{ t}$$

2 - Niveaux 9^e - 8^e - 7^e :

- Planchers	155,16 t
- Poutres transversales	40,68 t
- Poutres longitudinales	34,60 t
- Poteaux	37,40 t
- Murs extérieurs	55,98 t
- Escaliers	22,86 t

$$W = 346,16 \text{ t}$$

3 - Niveaux 6^e - 5^e - 4^e - 3^e - 2^e :

- planchers	155,16 t
- poutres transversales	40,68 t
- poutres longitudinales	34,60 t
- poteaux	53,87 t
- Murs extérieurs	55,98 t
- Escaliers	22,86 t

$$W = 363,15 \text{ t}$$

4. Niveau 1 :

- Planchers	140,63 t
- Poutres transversales	40,68 t
- Poutres longitudinales	34,60 t
- Poteaux	73,32 t
- Murs extérieurs	81,39 t
- Escaliers	40,41 t

$$W = 382,95 \text{ t}$$

* Tableau récapitulatif :

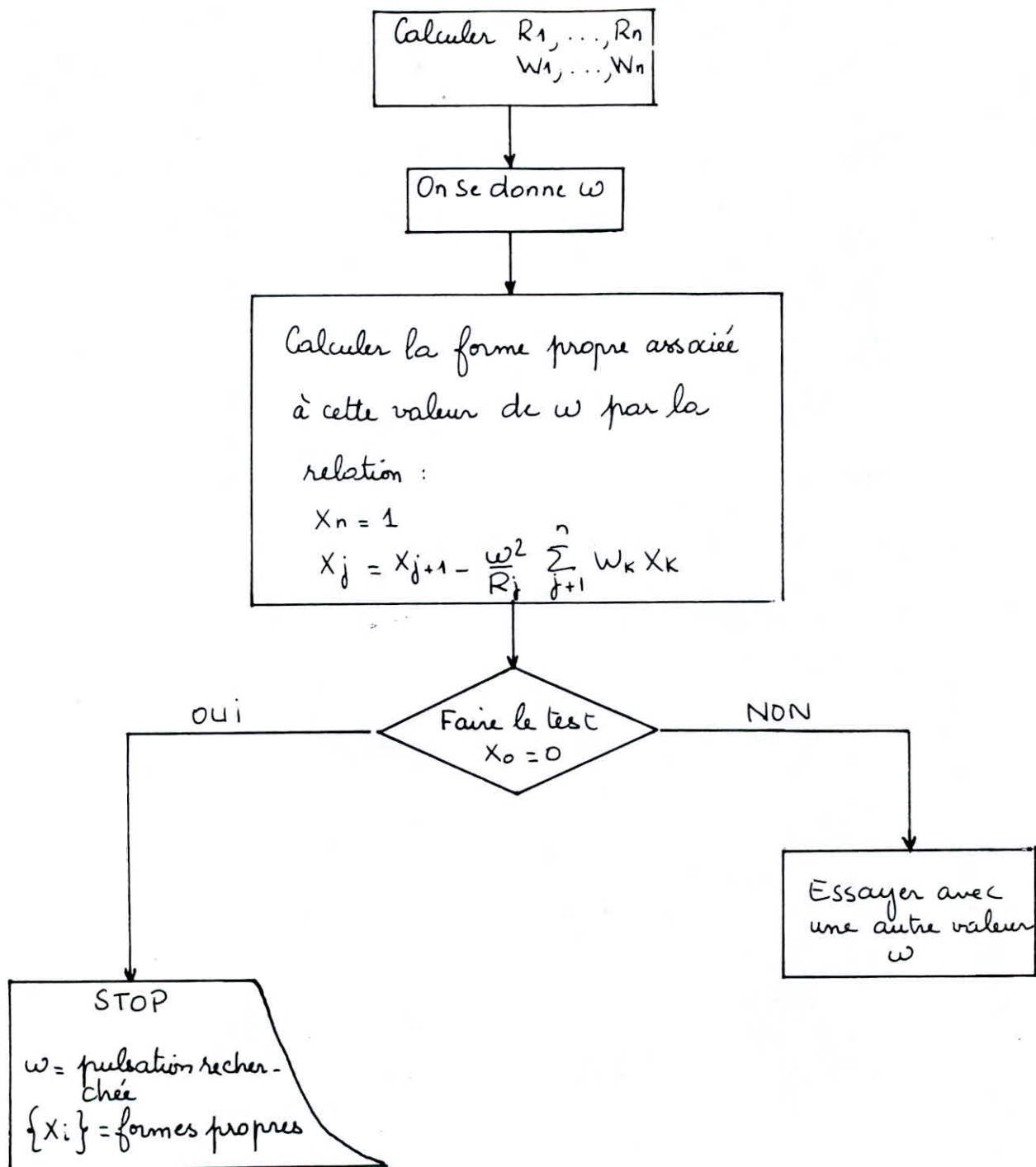
Niveau / Poids	10 ^e	9 ^e → 7 ^e	6 ^e → 2 ^e	1 ^{er}
$W_i \text{ (t)}$	322,16	346,16	363,15	382,95

VI Evaluation des pulsations et des périodes T_i :

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

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

(Voir page suivante)



2. Calcul de la période :

a. Sens longitudinal :

* Mode fondamental . $\omega_1 \rightarrow T_1$

on prend $\omega_1^2 = 27,90 \text{ (rd/s)}^2$ (K = indice de niveau)

k	W_k (kg)	$W_k \cdot \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k X_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	$\sum W_k X_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	$\frac{\sum W_k X_k \omega^2}{R_k}$
10 ^e	322.160	898,826	1	898,826	898,826	40,4	0,022
9 ^e	346.680	967,237	0,977	944,990	1843,820	40,4	0,045
8 ^e	346.680	967,237	0,932	901,465	2745,285	40,4	0,067
7 ^e	346.680	967,237	0,865	836,660	3581,945	40,4	0,088
6 ^e	363.150	1013,188	0,777	787,247	4369,192	48,5	0,090
5 ^e	363.150	1013,188	0,685	696,060	5065,252	48,5	0,104
4 ^e	363.150	1013,188	0,581	588,218	5653,470	48,5	0,116
3 ^e	363.150	1013,188	0,464	470,558	6124,028	48,5	0,126
2 ^e	363.150	1013,188	0,338	342,185	6466,213	56,4	0,114
1 ^{er}	382.950	1068,430	0,223	238,635	6704,847	30,1	0,222

Test : $X_1 = 0,223$ et $\frac{1}{R_x} \sum W_k X_k \omega^2 = 0,222$

$\Rightarrow X_0 = X_1 - \frac{1}{R_x} \sum W_k \omega^2 X_k = 0,001 \Rightarrow$ ce qui nous donne donc

$\omega_1^2 = 27,9 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow \boxed{\omega_1 = 5,28 \text{ rd/s}}$

d'où $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \Rightarrow \boxed{T_1 = 1,19 \text{ s}}$

$$X_{10} = 1$$

$$X_6 = 0,777$$

$$X_3 = 0,464$$

$$X_9 = 0,977$$

$$X_5 = 0,685$$

$$X_2 = 0,338$$

$$X_8 = 0,932$$

$$X_4 = 0,581$$

$$X_1 = 0,223$$

$$X_7 = 0,865$$

* 2^e mode : On se donne $\omega_2^2 = 226,10 \text{ (rd/s)}^2$

K	W_k (Kg)	$W_k \cdot \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$\Sigma W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	Σ / R_k
10 ^e	322.160	7284,038	1	7284,038	7284,038	40,4	0,180
9	346.680	7838,435	0,819	6425,181	13709,220	40,4	0,339
8	346.680	7838,435	0,480	3762,448	17471,668	40,4	0,432
7	346.680	7838,435	0,047	368,406	17840,071	40,4	0,441
6	363.150	8210,821	-0,394	-3239,875	14600,198	48,5	0,301
5	363.150	8210,821	-0,695	-5706,808	8893,389	48,5	0,183
4	363.150	8210,821	-0,878	-7212,129	1681,259	48,5	0,034
3	363.150	8210,821	-0,913	-7493,730	-5812,472	48,5	-0,119
2	363.150	8210,821	-0,793	-6512,455	-12324,926	56,4	-2,18
1	382.950	8658,499	-0,575	-4974,073	-17298,999	30,1	-0,574

Test : $X_1 = -0,574$ et $\frac{1}{R_k} \Sigma W_k \omega^2 X_k = -0,574 \Rightarrow X_0 = 0$

la pulsation est de $\omega_2^2 = 226,10 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow \omega_2 = 15,04 \text{ rd/s}$
 $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2} \Rightarrow T_2 = 0,42 \text{ s}$

les formes propres sont :

$$X_{10} = 1$$

$$X_6 = -0,394$$

$$X_3 = -0,913$$

$$X_9 = 0,819$$

$$X_5 = -0,695$$

$$X_2 = -0,793$$

$$X_8 = 0,980$$

$$X_4 = -0,878$$

$$X_1 = -0,574$$

$$X_7 = 0,047$$

* 3^e mode de pulsation : On se donne $\omega_3^2 = 622,8 \text{ (rd/s)}^2$

X_k	W_k (kg)	$W_k \cdot \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$\sum W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	Σ / R_k
10 ^c	322.160	20064,125	1	20064,125	20064,125	40,4	0,496
9	346.680	21591,230	+0,504	10881,979	30946,105	40,4	0,765
8	346.680	21591,230	-0,262	-5656,902	25289,203	40,4	0,626
7	346.680	21591,230	-0,887	-19172,372	6116,831	40,4	0,151
6	363.150	22616,982	-1,038	-23485,625	-17368,795	48,5	-0,358
5	363.150	22616,982	-0,680	-15376,845	-32745,640	48,5	-0,675
4	363.150	22616,982	-0,0048	-109,288	-32854,928	48,5	-0,677
3	363.150	22616,982	+0,673	15221,228	-17633,706	48,5	-0,364
2	363.150	22616,982	+1,037	23444,344	5810,644	56,4	0,103
1	382.950	23850,126	+0,9339	22275,407	28086,051	30,1	0,9330

Test : $X_1 = 0,9339$ et $\frac{1}{R_k} \sum W_k \cdot \omega^2 \cdot X_k = 0,9339$

$X_0 = 0,001$

la pulsation est donc de : $\omega_3^2 = 622,80 \text{ (rd/s)}^2$

$\Rightarrow \omega_3 = 24,95 \text{ rd/s}$

$T_3 = \frac{2\pi}{\omega_3} \Rightarrow T_3 = 0,25 \text{ s}$

les formes propres étant donc :

$X_{10} = 1$

$X_6 = -1,038$

$X_3 = 0,673$

$X_9 = 0,504$

$X_5 = -0,680$

$X_2 = 1,037$

$X_8 = -0,262$

$X_4 = -0,0048$

$X_1 = 0,934$

$X_7 = -0,887$

b. Sens transversal :

* Mode fondamental : On se donne $\omega_1^2 = 31,57 \text{ (rd/s)}^2$

K	$W_k \text{ (kg)}$	$W_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$\sum W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	Σ / R_k
10 ^c	322.160	1017,059	1	1017,059	1017,059	47,6	0,0214
9	346.680	1094,468	0,979	1071,484	2088,543	47,6	0,044
8	346.680	1094,468	0,935	1023,462	3112,005	47,6	0,065
7	346.680	1094,468	0,870	952,187	4064,192	47,6	0,085
6	363.150	1146,465	0,784	898,447	5007,877	58,02	0,086
5	363.150	1146,465	0,698	800,233	5808,110	58,02	0,099
4	363.150	1146,465	0,599	685,465	6493,575	58,02	0,111
3	363.150	1146,465	0,488	557,274	7050,849	58,02	0,120
2	363.150	1146,465	0,367	417,858	7468,707	59,36	0,126
1	382.950	1208,973	0,242	292,571	7756,659	31,95	0,241

Test : $X_1 = 0,242$ et $\frac{1}{R_k} \sum W_k \omega^2 X_k = 0,241$

$$X_0 = X_1 = - \frac{1}{R_k} \sum W_k \omega^2 X_k = 0,001 = 10^{-3}$$

donc $\omega_1^2 = 31,57 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow \omega_1 = 5,62 \text{ rd/s}$

$T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1} \Rightarrow T_1 = 1,12 \text{ s}$

les formes propres :

$X_{10} = 1$

$X_6 = 0,784$

$X_3 = 0,488$

$X_9 = 0,979$

$X_5 = 0,698$

$X_2 = 0,367$

$X_8 = 0,935$

$X_4 = 0,599$

$X_1 = 0,242$

$X_7 = 0,870$

* 2^e mode : On se donne $\omega_2^2 = 258,4 \text{ (rd/s)}^2$

K	$W_k \text{ (Kg)}$	$W_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k X_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	$\sum W_k X_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	$\frac{\sum W_k X_k \omega^2}{R_k}$
10 ^e	322.160	8324,64	1	8324,614	8324,614	47,6	0,175
9	346.680	8958,211	0,825	7391,538	15716,152	47,6	0,330
8	346.680	8958,211	0,495	4434,314	20150,466	47,6	0,423
7	346.680	8958,211	0,072	642,043	20792,505	47,6	0,437
6	363.150	9383,796	-0,365	-3423,372	17369,137	58,02	0,299
5	363.150	9383,796	-0,664	-6230,841	11138,296	58,02	0,192
4	363.150	9383,796	-0,856	-8032,280	3106,016	58,02	0,053
3	363.150	9383,796	-0,909	-8529,871	-5423,855	58,02	-0,093
2	363.150	9383,796	-0,816	-7652,650	-13076,505	59,36	-0,220
1	382.950	9895,428	-0,595	-5897,675	-18974,180	31,95	-0,594

Test : $x_1 = -0,595$ et $\frac{1}{R_k} \sum W_k \cdot \omega^2 \cdot X_k = -0,594 \Rightarrow X_0 = 0,001$

$\omega_2^2 = 258,4 \text{ (rd/s)}^2$

\Rightarrow

$\omega_2 = 16,07 \text{ rd/s}$

$T_2 = 2\pi / \omega_2$

\Rightarrow

$T_2 = 0,39 \text{ s}$

les formes propres :

$X_{10} = 1$

$X_6 = -0,365$

$X_3 = -0,909$

$X_9 = 0,825$

$X_5 = -0,664$

$X_2 = -0,816$

$X_8 = 0,495$

$X_4 = -0,856$

$X_1 = -0,595$

$X_7 = 0,072$

* 3^e mode :

On se donne $\omega_3^2 = 723,74 \text{ (rd/s)}^2$

K	W_k (Kg)	$W_k \omega^2 \cdot 10^{-4}$	X_k	$W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$\sum W_k \omega^2 X_k \cdot 10^{-4}$	$R_k \cdot 10^{-7}$	Σ / R_k
10 ^c	322.160	23316,01	1	23316,010	23316,010	47,6	0,490
9	346.680	25090,62	0,510	12800,428	36116,438	47,6	0,759
8	346.680	25090,62	-0,249	-6241,259	29875,179	47,6	0,628
7	346.680	25090,62	-0,877	-21995,185	7879,994	47,6	0,166
6	363.150	26282,62	-1,043	-27400,843	-19520,849	58,02	-0,336
5	363.150	26282,62	-0,707	-18569,976	-38090,830	58,02	-0,656
4	363.150	26282,62	-0,051	-314,414	-39431,244	58,02	-0,678
3	363.150	26282,62	0,628	16479,203	-22952,041	58,02	-0,394
2	363.150	26282,62	1,022	26860,838	3908,797	59,36	0,066
1	382.950	27715,62	0,954	25500,318	30409,115	31,95	0,953

Test : $X_1 = 0,954 \Rightarrow X_0 = 0,954 - 0,953 = 0,001$

$$\omega_3^2 = 723,74 \text{ (rd/s)}^2$$

$$T_3 = 2\pi/\omega_3$$

\Rightarrow

$$\omega_3 = 26,9 \text{ rd/s}$$

\Rightarrow

$$T_3 = 0,23 \text{ s}$$

Les formes propres :

$$X_{10} = 1$$

$$X_9 = 0,510$$

$$X_8 = -0,249$$

$$X_7 = -0,877$$

$$X_6 = -1,043$$

$$X_5 = -0,707$$

$$X_4 = -0,051$$

$$X_3 = 0,628$$

$$X_2 = 1,022$$

$$X_1 = 0,954$$

VI Evaluation des forces sismiques :

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

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

Donc la force sismique sera donnée par :

$$F = \sqrt{\sum F_{ki}^2}$$

K : représente l'indice de niveau
 i : mode de vibration, $i = \{1, 2, 3\}$
 F_{ki} : force sismique de calcul du mode i .

Dans les 2 sens, on aura pour chaque période une force F_{ki}

$$\left. \begin{array}{l} T_1 \rightarrow F_{k1} \\ T_2 \rightarrow F_{k2} \\ T_3 \rightarrow F_{k3} \end{array} \right\} \Rightarrow F_k = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + F_{k3}^2}$$

a - Sens longitudinal :

1) Force sismique de calcul : elle est donnée par la relation

$$F_{ki} = \Gamma_i W_k (A B D_i Q) X_{ki}$$

W_k : poids revenant au plancher k

X_{ki} : vecteur propre du mode i

Γ_i : facteur de contribution du mode i

A : coefficient d'accélération des zones

B : facteur de comportement de la structure

Q : facteur de qualité

D_i : facteur d'amplification dynamique du mode i

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

* $A = 0,15$ (Groupe d'usage 2 - Zone 2)

* $B = 1/4 = 0,25$ (Structure en portiques autostables)

* $Q = 1,4$ avec $Q = 1 + \sum P_q$ ($P_q =$ pénalités)

3) Calcul du coefficient D_i (Facteur d'amplification dynamique) :

Sol meuble $\Rightarrow D = 2 \sqrt{\frac{0,5}{T}}$

$T_1 = 1,19 \text{ s} \Rightarrow D_1 = 1,296$ (1^{er} mode)

$T_2 = 0,42 \text{ s} \Rightarrow D_2 = 2,182$ (2^e ")

$T_3 = 0,25 \text{ s} \Rightarrow D_3 = 2,828$ (3^e ")

4) Calcul du facteur de contribution Γ_i :

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n W_k X_{k,i}}{\sum_{k=1}^n W_k X_{k,i}^2} \quad n = 10$$

Voir page Suivante .

On tire pour les 3 modes :

* 1^{er} mode $\Rightarrow \Gamma_1 = 1,289$

* 2^e mode $\Rightarrow \Gamma_2 = -0,424$

* 3^e mode $\Rightarrow \Gamma_3 = 0,2095$

1 ^a MODE				
$W_k(t)$	X_{K1}	X_{K1}^2	$W_k X_{K1}$	$W_k X_{K1}^2$
322,16	1,000	1,000	322,16	322,16
346,68	0,977	0,955	338,706	330,916
346,68	0,932	0,869	323,106	301,135
346,68	0,865	0,748	299,878	259,359
363,15	0,777	0,604	282,168	219,244
363,15	0,685	0,469	248,758	170,399
363,15	0,581	0,338	210,990	122,585
363,15	0,464	0,215	168,502	78,077
363,15	0,338	0,114	122,745	41,486
382,95	0,223	0,050	85,398	19,044
	$\Sigma =$		2402,411	1864,441

2 ^e MODE			
X_{K2}	X_{K2}^2	$W_k X_{K2}$	$W_k X_{K2}^2$
1,000	1,000	322,16	322,16
0,819	0,670	283,930	232,539
0,480	0,230	166,406	79,875
0,047	0,0022	16,294	0,765
-0,394	0,155	-143,081	56,373
-0,695	0,483	-252,389	175,410
-0,878	0,770	-318,845	279,944
-0,913	0,833	-331,555	302,710
-0,793	0,628	-287,977	228,366
-0,574	0,329	-219,813	126,273
	$\Sigma =$	-764,87	1804,318

3 ^e MODE			
X_{K3}	X_{K3}^2	$W_k X_{K3}$	$W_k X_{K3}^2$
1,000	1,000	322,16	322,16
0,504	0,254	174,726	88,062
-0,262	0,068	-90,830	23,797
-0,887	0,786	-307,505	272,757
-1,038	1,077	-376,949	391,273
-0,680	0,462	-246,942	167,920
-0,0048	0,00002	-1,743	0,0083
0,673	0,453	244,399	164,481
1,037	1,075	376,586	390,520
0,934	0,872	357,675	334,062
		451,577	2155,047

5) Calcul des forces F_{K1} , F_{K2} , F_{K3} et F_K :

K	$\Gamma_1 ABD_1 QW_k$	X_{K1}	$F_{K1} (t)$
10 ^e	28,254	1	28,254
9	30,405	0,977	29,705
8	30,405	0,932	28,337
7	30,405	0,865	26,300
6	31,586	0,777	24,542
5	31,586	0,685	21,816
4	31,586	0,581	18,504
3	31,586	0,464	14,778
2	31,586	0,338	10,765
1	33,586	0,223	7,489

$\Gamma_2 ABQD_2 W_k$	X_{K2}	$F_{K2} (t)$
-15,647	1	-15,617
-16,838	0,819	-13,790
-16,838	0,480	-8,082
-16,838	0,047	-0,791
-17,638	-0,394	6,949
-17,638	-0,695	12,258
-17,638	-0,878	15,486
-17,638	-0,913	16,104
-17,638	-0,793	13,987
-18,600	-0,574	10,676

$\Gamma_3 ABD_3 QW_k$	X_{K3}	$F_{K3} (t)$
10,020	1	10,020
10,783	+0,504	5,434
10,783	-0,262	-2,825
10,783	-0,887	-9,564
11,295	-1,038	-11,724
11,295	-0,680	-7,680
11,295	-0,005	-0,054
11,295	0,673	7,601
11,295	1,037	11,713
11,911	0,934	11,125

Niveaux Forces	10 ^e	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F_{K1} (t)$	28,254	29,705	28,337	26,300	24,542	21,816	18,504	14,778	10,765	7,489
$F_{K2} (t)$	-15647	-13,790	-8,082	-0,791	6,949	12,258	15,486	16,104	13,987	10,676
$F_{K3} (t)$	10,020	5,434	-2,825	-9,564	-11,724	-7,680	-0,054	7,601	11,713	11,125
$F_K = \sqrt{\sum F_{K_i}^2} (t)$	33,816	33,198	29,602	27,936	28,072	26,176	24,129	23,141	21,183	17,141

b. Sens transversal :

1. Calcul des différents coefficients :

$$A = 0,15$$

$$B = 0,25$$

$$Q = 1,4$$

2. Calcul du coefficient D_i :

$$T_1^t = 1,12 \text{ s} \rightarrow D_1^t = 1,336 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode})$$

$$T_2^t = 0,39 \text{ s} \rightarrow D_2^t = 2,265 \quad (2^{\text{e}} \text{ mode})$$

$$T_3^t = 0,23 \text{ s} \rightarrow D_3^t = 2,949 \quad (3^{\text{e}} \text{ mode})$$

3. Calcul du facteur de contribution Γ_i :

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n W_k X_i}{\sum_{k=1}^n W_k X_i^2}$$

1 st Mode				
$W_k(t)$	X_{k1}	X_{k1}^2	$W_k X_{k1}$	$W_k X_{k1}^2$
322,16	1	1	322,16	322,16
346,68	0,979	0,958	339,400	332,272
346,68	0,935	0,874	324,146	303,076
346,68	0,870	0,757	301,616	262,402
363,15	0,784	0,615	284,709	223,212
363,15	0,698	0,487	253,479	176,928
363,15	0,599	0,359	217,527	130,299
363,15	0,488	0,238	177,217	86,482
363,15	0,367	0,135	133,276	48,912
382,95	0,242	0,059	92,674	22,427
	$\Sigma =$		2446,200	1908,170

2 nd Mode			
X_{k2}	X_{k2}^2	$W_k X_{k2}$	$W_k X_{k2}^2$
1	1	322,16	322,16
0,825	0,681	286,011	236,089
0,495	0,245	171,607	84,945
0,072	0,005	24,961	1,797
-0,365	0,133	-132,550	48,381
-0,664	0,441	-241,132	160,111
-0,856	0,733	-310,856	266,093
-0,909	0,826	-330,103	300,064
-0,816	0,666	-296,330	241,806
-0,595	0,354	-227,855	135,574
	$\Sigma =$	-734,084	1797,020

3 rd Mode			
X_{k3}	X_{k3}^2	$W_k X_{k3}$	$W_k X_{k3}^2$
1	1	322,16	322,16
0,510	0,260	176,807	90,171
-0,249	0,062	-86,323	21,495
-0,877	0,769	-304,039	266,642
-1,043	1,088	-378,765	395,052
-0,707	0,500	-256,747	181,520
-0,051	0,003	-18,158	0,945
0,628	0,394	228,058	143,221
1,022	1,044	371,139	379,304
0,954	0,910	365,334	348,529
	$\Sigma =$	419,467	2149,038

$$\underline{1^{\text{er}} \text{ Mode}} : \Gamma_1^t = 1,283$$

$$\underline{2^{\text{e}} \text{ Mode}} : \Gamma_2^t = -0,409$$

$$\underline{3^{\text{e}} \text{ Mode}} : \Gamma_3^t = 0,195$$

Evaluation des forces Sismiques dans le sens transversal :

$$F = \sqrt{\sum F_{ki}^2}$$

$$F_{ki} = \Gamma_i^t W_k (ABD_i Q) X_{ki}$$

* Calcul de F_{k1}, F_{k2}, F_{k3} : Voir page suivante

Calcul des forces F_{K1} , F_{K2} , F_{K3} et F_K :

K	$\Gamma_1 ABD_1 QWK$	X_{K1}	$F_{K1}(t)$
10	28,991	1	28,991
9	31,198	0,979	30,542
8	31,198	0,935	29,170
7	31,198	0,870	27,142
6	32,680	0,784	25,621
5	32,680	0,698	22,810
4	32,680	0,599	19,575
3	32,680	0,488	15,948
2	32,680	0,367	11,993
1	34,462	0,242	8,340

$\Gamma_2 ABD_2 QWK$	X_{K2}	$F_{K2}(t)$
-15,668	1	-15,668
-16,861	0,825	-13,910
-16,861	0,495	-8,346
-16,861	0,072	-1,214
-17,662	-0,365	6,447
-17,662	-0,664	11,728
-17,662	-0,856	15,119
-17,662	-0,909	16,055
-17,662	-0,816	14,412
-18,625	-0,595	11,082

$\Gamma_3 ABD_3 QWK$	X_{K3}	$F_{K3}(t)$
9,726	1	9,726
10,466	0,510	5,338
10,466	-0,249	-2,606
10,466	-0,877	-9,179
10,964	-1,043	-11,435
10,964	-0,707	-7,752
10,964	-0,051	-0,559
10,964	0,628	6,885
10,964	1,022	11,205
11,561	0,954	12,515

-78-

Niveau Force	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_{K1}	28,991	30,542	29,170	27,142	25,621	22,810	19,575	15,948	11,993	8,340
F_{K2}	-15,668	-13,910	-8,346	-1,214	6,447	11,728	15,119	16,055	14,412	11,082
F_{K3}	9,726	5,338	-2,606	-9,179	-11,435	-7,752	-0,559	6,885	11,205	12,515
$F_K(t)$	34,359	33,982	30,452	28,678	28,788	26,794	24,740	23,654	21,842	18,681

VIII Calcul des efforts tranchants de niveaux :

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

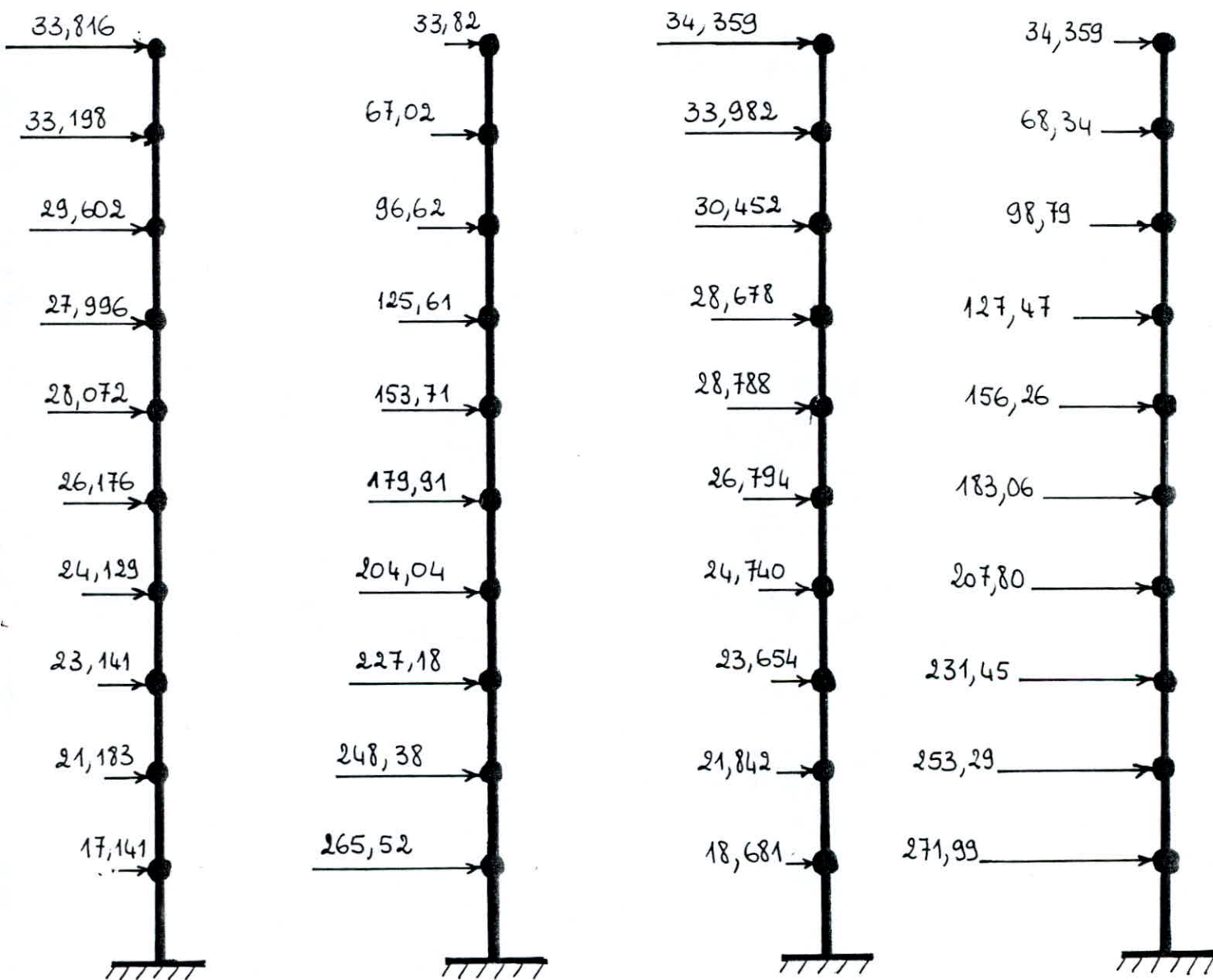
$$T_n = F_n$$

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

⋮

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

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



Sens Longitudinal

Sens Transversal

Deformations horizontales

Sous l'action des forces horizontales, notre Structure Subira des déformations (déplacements) horizontales. Pour éviter les différents désordres dans les éléments de remplissage, l'augmentation des contraintes dans le Système de contreventement, permettra ainsi un déplacement préjudiciable avec les constructions avoisinantes. Il est indéniable de limiter ces déplacements ainsi selon le RPA 81 (Art 3.7.7.1); les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 0,0075 de la hauteur d'étage.

Donc selon le (RPA 81), le déplacement latéral calculé à partir des forces latérales, doit être multiplié par $1/2B$ pour obtenir le déplacement relatif.

$$\delta_K = \frac{T_K}{R_K} \cdot \frac{1}{2B}$$

δ_K : déplacement du niveau K par rapport au niveau $K-1$

T_K : effort tranchant revenant au niveau K

R_K : Rigidité du niveau K

B : facteur de comportement de la structure ($B = 1/4$)

Pour les 2 sens du bâtiment, $\bar{\delta}_K$ est le même.

- pour $h = 3,15$ m $\bar{\delta}_K = 0,0075 \cdot 3,15 = 2,4$ cm

- pour $h = 6$ m $\bar{\delta}_K = 0,0075 \cdot 6 = 4,5$ cm

tous les résultats seront regroupés dans des tableaux.

Sens Longitudinal

K	T _k (t)	R _{jx} · 10 ⁻⁵ (kg/cm)	δ _j (cm)	$\bar{\delta}_j$ (cm)
10 ^e	33,82	4,04	0,17	2,4
9 ^e	67,02	4,04	0,33	2,4
8 ^e	96,62	4,04	0,48	2,4
7 ^e	125,61	4,04	0,62	2,4
6 ^e	153,71	4,85	0,63	2,4
5 ^e	179,91	4,85	0,74	2,4
4 ^e	204,04	4,85	0,84	2,4
3 ^e	227,18	4,85	0,94	2,4
2 ^e	248,38	5,64	0,88	2,4
1 ^e	265,52	3,01	1,76	4,5

Sens Transversal

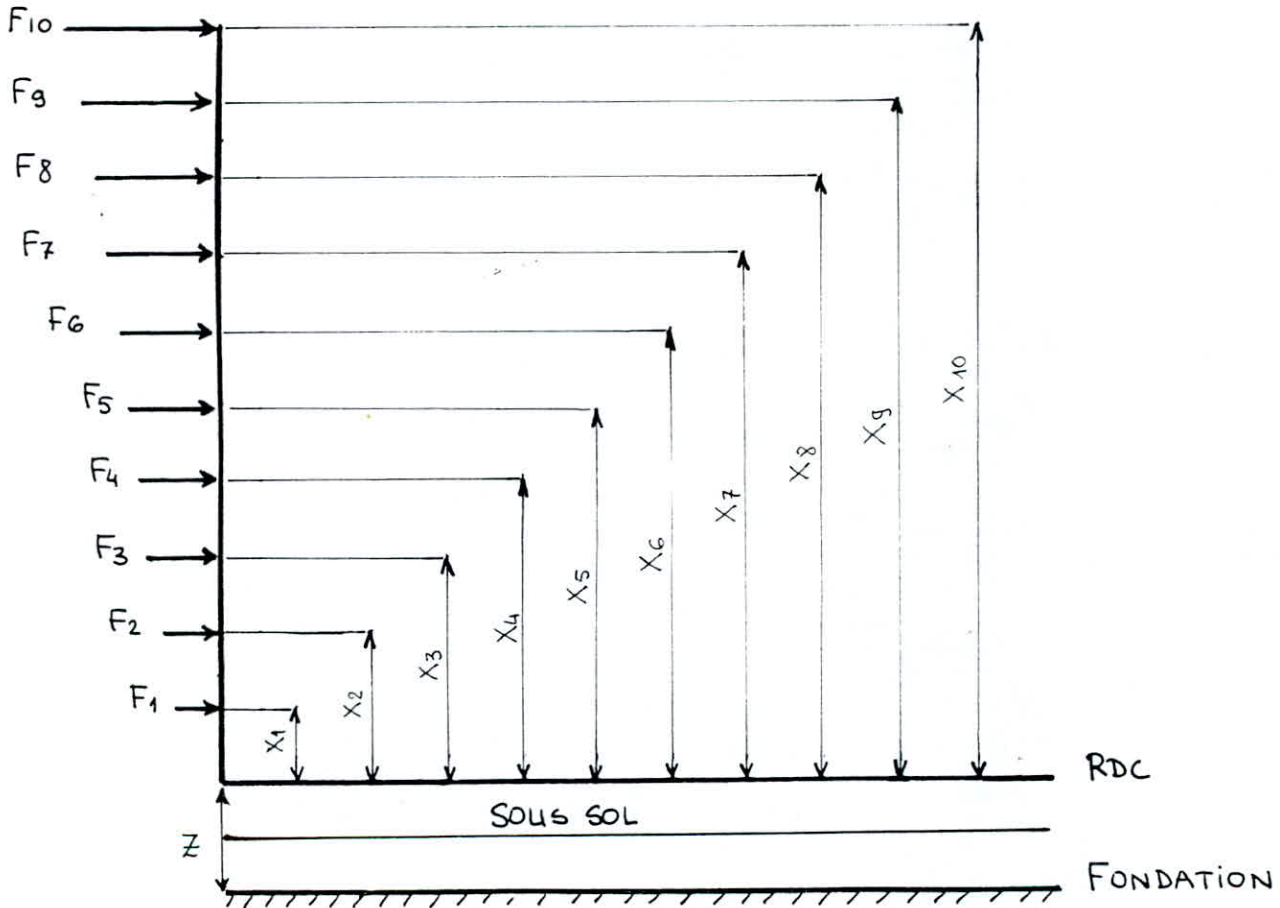
K	T _k (t)	R _{jy} · 10 ⁻⁵ (kg/cm)	δ _j (cm)	$\bar{\delta}_j$ (cm)
10 ^e	34,36	4,76	0,14	2,4
9 ^e	68,34	4,76	0,29	2,4
8 ^e	98,79	4,76	0,42	2,4
7 ^e	127,47	4,76	0,54	2,4
6 ^e	156,26	5,80	0,54	2,4
5 ^e	183,06	5,80	0,63	2,4
4 ^e	207,80	5,80	0,72	2,4
3 ^e	231,45	5,80	0,80	2,4
2 ^e	253,29	5,94	0,85	2,4
1 ^e	271,99	3,20	1,70	4,5

On remarque que $\delta_j < \bar{\delta}_j \Rightarrow$ vérifié

Vérification au renversement

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

$$\text{Moment de Renversment} = M^t \text{ extérieur en Console (RDC)} \\ + \text{effort tranchant (à la base)} \times Z$$



$$\text{- Moment en Console (RDC)} = \sum_{i=1}^{10} F_i X_i$$

$$\text{- Effort tranchant à la base} = \sum_{i=1}^{10} F_i = F_{10} + F_9 + \dots + F_1$$

$$\text{- Moment Résistant} = M_r = b \sum_{i=1}^{10} W_i \quad \text{avec } b = L/2$$

a - Sens Longitudinal :

$$L = 23,20 \text{ m} \Rightarrow b = 23,20/2 = 11,60 \text{ m}$$

$$Z = 2,02 \text{ m}$$

$$\text{Moment consol} = \sum F_i x_i = 5772,13 \text{ t m}$$

$$H \cdot Z = 265,52 \cdot 2,02 = 584,14 \text{ t m}$$

$$\text{Moment résistant} = b \sum_{L=1}^{10} W_i = 11,60 \cdot 4015,3 = 46577,48 \text{ t m}$$

pour que le bâtiment soit stable vis à vis du renversement, il faut que :

$\frac{\text{Moment Résistant}}{M^{\pm} \text{ de Renversement}} > 1,5$

$$\frac{46577,48}{5772,13 + 584,14} = 7,33 > 1,5 \quad \text{donc dans le sens longitudinal}$$

notre bâtiment est très stable vis à vis du Renversement

b - Sens Transversal :

$$L = 12,70 \Rightarrow b = 6,35 \text{ m}$$

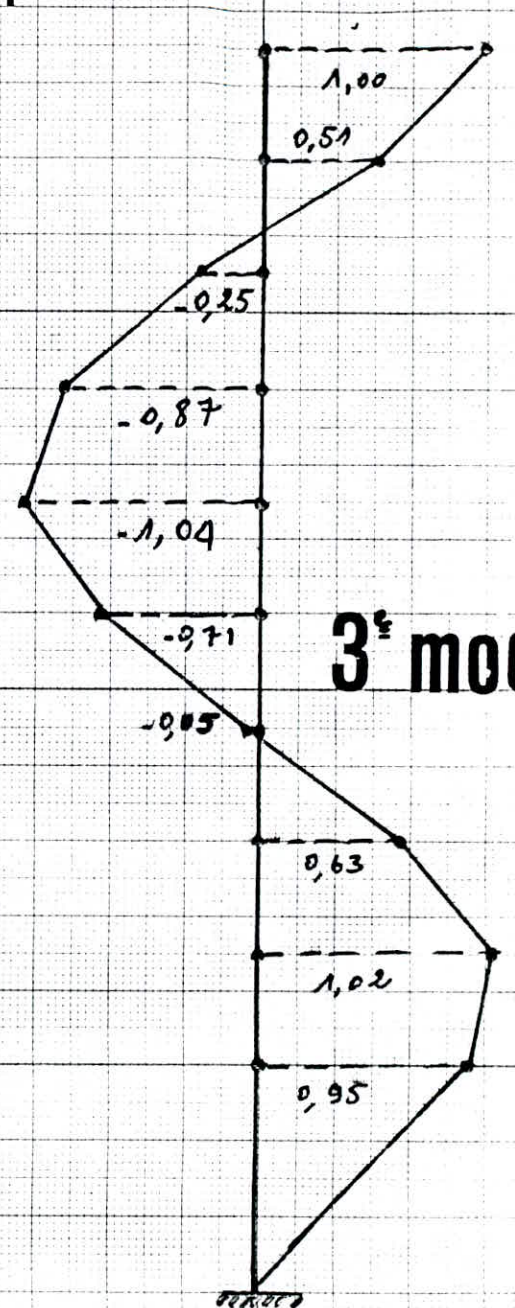
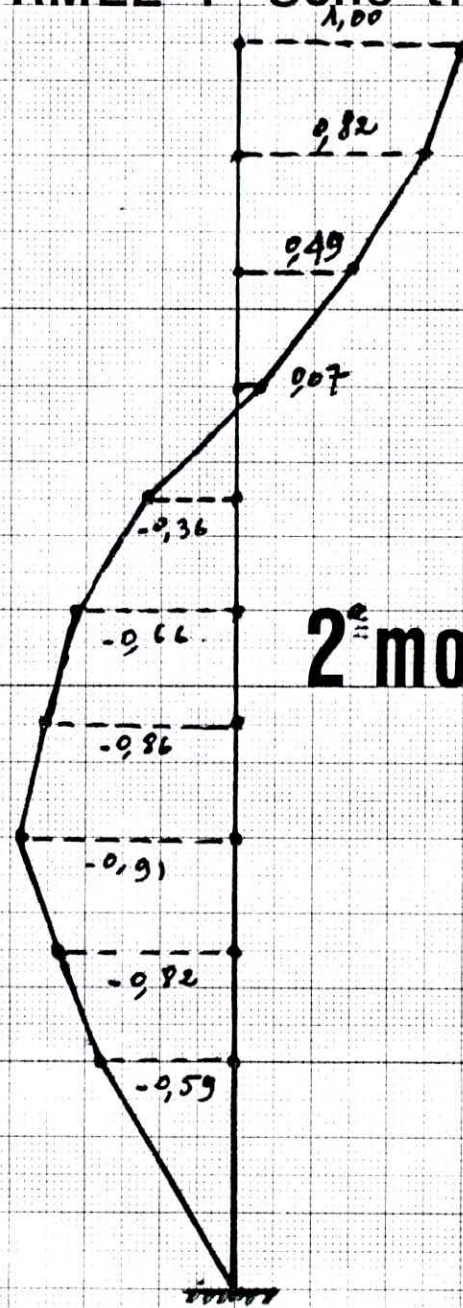
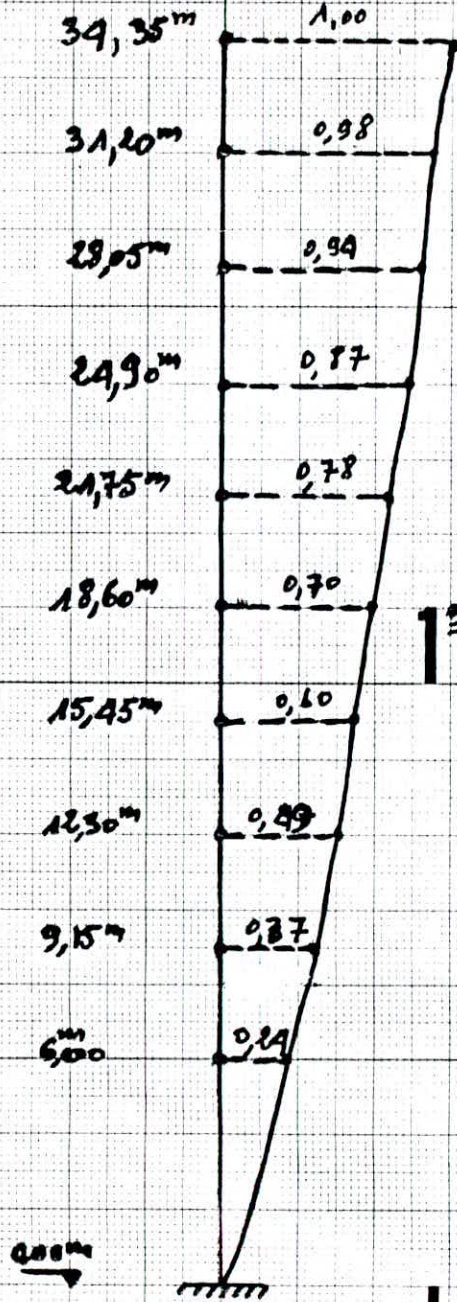
$$\text{Moment Résistant} = b \sum W_i = 6,35 \cdot 4015,30 = 25497,155 \text{ t m}$$

$$\begin{aligned} \text{Moment de Renversement} &= \sum F_i x_i + z \sum F_i \\ &= 5918,297 + 2,20 \cdot 271,99 = 6515,675 \text{ t m} \end{aligned}$$

$$\frac{\text{Moment résistant}}{M^{\pm} \text{ de Renversement}} = \frac{25497,155}{6515,675} = 3,91 > 1,5$$

le Renversement est donc vérifié au Sens transversal .

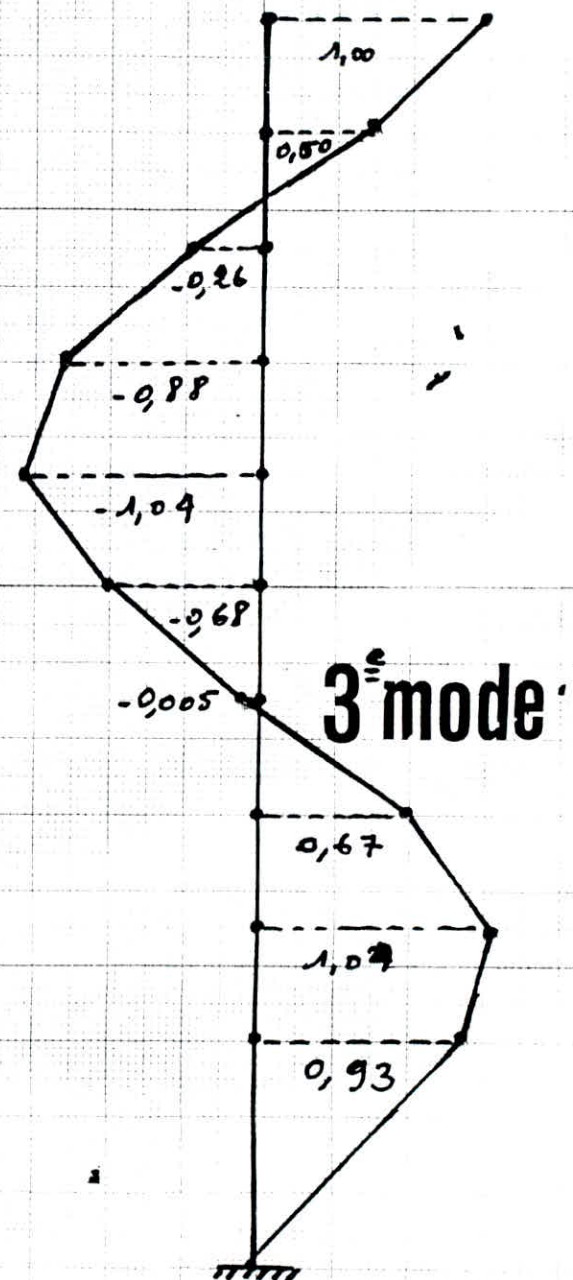
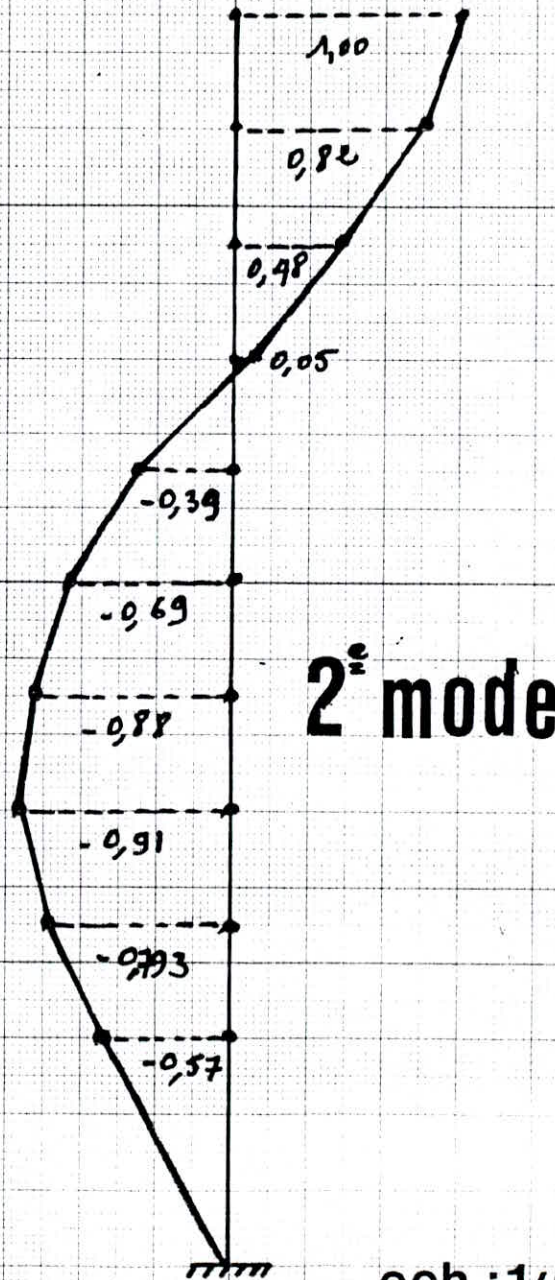
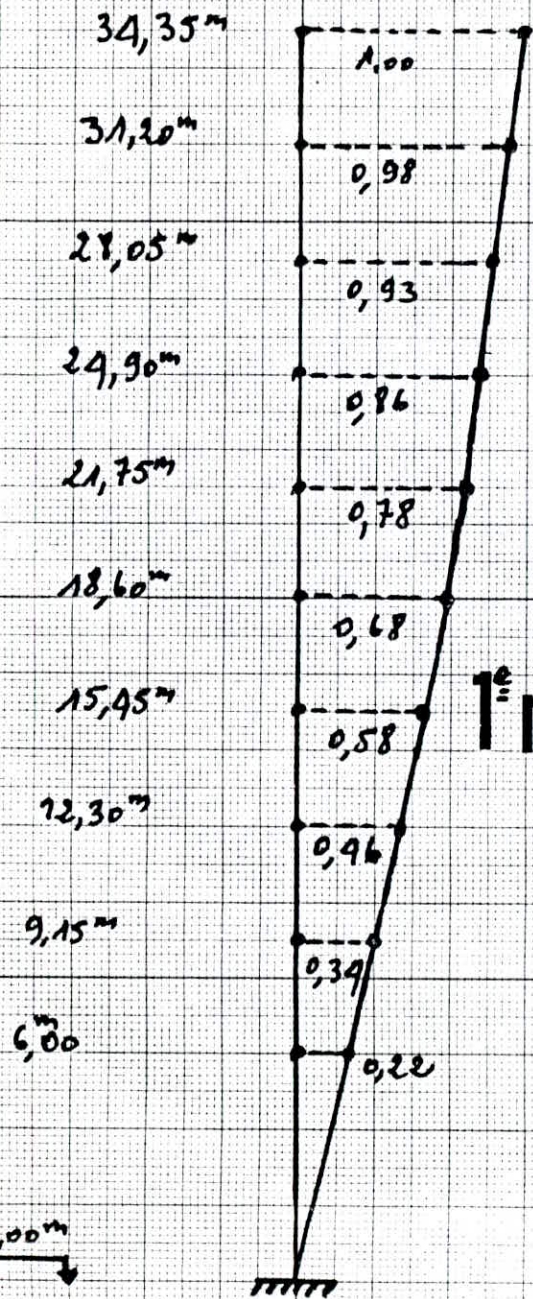
DEFORMEE : Sens transversal



ech: 1/200



DEFORMEE : Sens longitudinal



ech : 1/200

CHAPITRE 6

ETUDE

DES

PORTIQUES

Calcul des portiques sous les charges horizontales

la méthode utilisée est celle de MUTO. Elle est très pratique pour déterminer les efforts dans les portiques sous les sollicitations horizontales.

Etapas à suivre :

1. Répartition des efforts tranchants de niveaux pour les n portiques :

- Portiques Longitudinaux :

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

- Portiques Transversaux :

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

Sachant que :

R_j^l = Rigidité de niveau d'un portique longitudinal

R_j^t = " " " " " transversal

R_j^o = " " " à la torsion

e_{gx} = Distance du centre de masse au centre de torsion = e_{gy} (excentricité accidentelle).

x = Distance d'un portique transversal au centre de torsion

y = " " " longitudinal " " " "

T_{jx} = Effort tranchant de niveau dans le sens longitudinal

T_{jy} = " " " " " " " transversal

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

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

$$t_j^{(i)} = \frac{a_j^i k_j^i}{D_j} \bar{G}_j$$

où : a_j = Coefficient de correction donné selon "MUTO"

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

k_j^i = Raideur du poteau i au niveau j

\bar{G}_j = Effort tranchant revenant au portique considéré au niveau j .

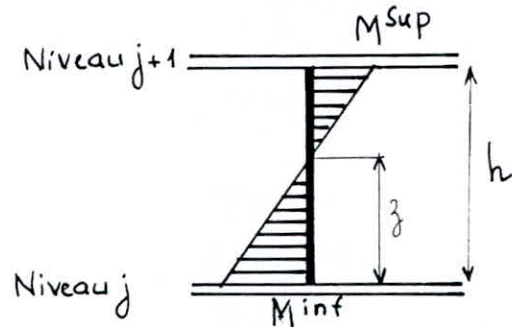
3. Calcul des Moments fléchissants dans les poteaux :

La position du point d'inflexion est calculée en fonction des caractéristiques du portique

$$M^{inf} = t_j^i z$$

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

La position du point de moment nul est donné par $z = y \cdot h$



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

y_0 = Coefficient donné en fonction de \bar{K} , du nombre total de niveaux du bâtiment et du numéro du niveau considéré.

y_1 = terme de correction, en fonction de α_1 et \bar{K} .

$$\alpha_1 = \frac{K_1 + K_2}{K_3 + K_4}$$

← Poutres Supérieures
← Poutres inférieures

y_2 = terme de correction ; dû à la variation de la hauteur d'étage en fonction de α_2 et \bar{K} . $\alpha_2 = \frac{h_s}{h}$

y_3 = en fonction de α_3 et \bar{K} , avec $\alpha_3 = \frac{h_i}{h}$

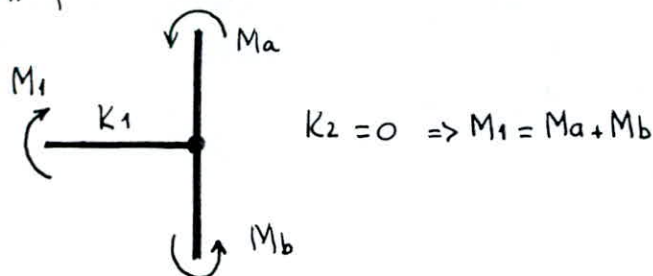
Les valeurs de tous ces coefficients sont données par les tableaux du bulletin CTC

N°6 (Année 80), ainsi que dans l'ouvrage de "conception et calcul des Structures Soumises au Séisme".

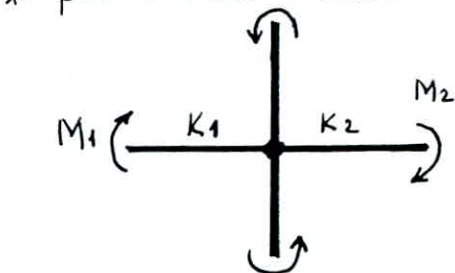
4 - Calcul des moments fléchissants dans les poutres :

Les moments résultants des poteaux aboutissant à des noeuds sont repartis entre les poutres proportionnellement à leur rigidité linéaire.

* poteau de Rive .



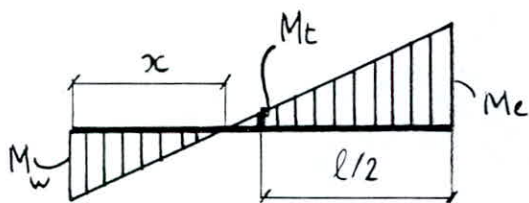
* poteau intermédiaire .



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

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

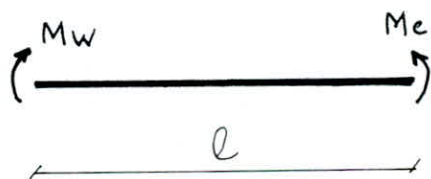
5 - Calcul des moments fléchissants en travée des poutres :



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

6 - Calcul des efforts tranchants dans les poutres :

à partir des moments dans les poutres ,
On peut calculer les efforts tranchants



$$T_l + M_w + M_e = 0$$

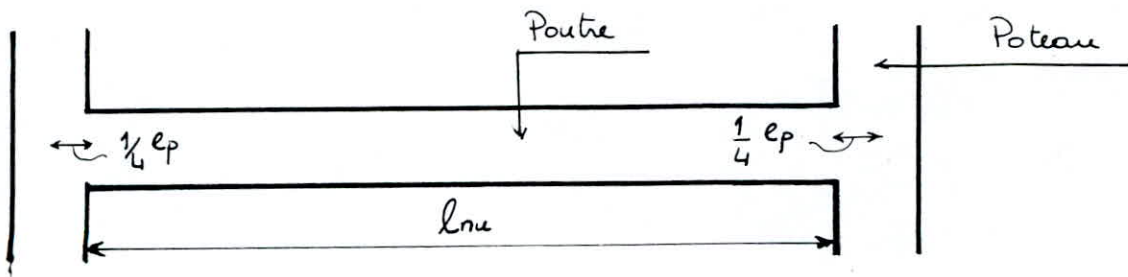
$$\Rightarrow T = - \frac{M_w + M_e}{l}$$

7 - Efforts normaux dans les poteaux :

les efforts tranchants s'exerçant sur les noeuds des poutres se transmettent comme efforts normaux dans les poteaux .

$$N = T_e - T_w$$

8 - Complément donné par "MUTO" :



* la longueur de la poutre prise en considération sera $l =$

$$l = l_{nu} + 2 \times \frac{1}{4} e_p = l_{nu} + \frac{1}{2} e_p$$

l_{nu} = longueur de la poutre entre nus des poteaux

e_p = épaisseur de la poutre

$l \leq$ longueur entre axes des poteaux .

* la hauteur du poteau utilisé dans les calculs est égale à la distance entre face supérieure de la poutre inférieure et la face inférieure de la poutre supérieure + $\frac{1}{2}$ de la dimension du poteau dans le plan .

tous les calculs seront résumés dans les tableaux ci-dessous .

I. Répartition des efforts branchants

A. Portiques longitudinales

Niveau	$T_{ix}(t)$	R_{ij}^e (kg/cm)	ΣR_{ij}^e (kg/cm)	Portiques	y (cm)	R_{ij}^e (kg/cm)	$T_{ix} \cdot R_{ij}^e / \Sigma R_{ij}^e$ (t)	$T_{ix} \cdot R_{ij}^e / \Sigma R_{ij}^e \cdot y$ (t)	$Z_{jx}(t)$
10 ^e	33,82	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^5$	F-F	-579	$1,33 \cdot 10^5$	11,134	-12,60	11,134
				G-G	+21	$1,33 \cdot 10^5$	11,134	0,046	11,180
				H-H	321	$3,5 \cdot 10^4$	2,930	0,184	3,114
				I-I	621	$1,03 \cdot 10^5$	8,622	1,047	9,669
9 ^e	67,02	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^5$	F-F	-579	$1,33 \cdot 10^5$	22,064	-2,499	22,064
				G-G	21	$1,33 \cdot 10^5$	22,064	0,091	22,155
				H-H	321	$3,5 \cdot 10^4$	5,806	0,365	6,171
				I-I	621	$1,03 \cdot 10^5$	17,087	2,076	19,163
8 ^e	96,62	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^5$	F-F	-579	$1,33 \cdot 10^5$	31,808	-3,602	31,808
				G-G	21	$1,33 \cdot 10^5$	31,808	0,131	31,939
				H-H	321	$3,5 \cdot 10^4$	8,371	0,526	8,897
				I-I	621	$1,03 \cdot 10^5$	24,633	2,992	27,625
7 ^e	125,61	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,04 \cdot 10^5$	F-F	-579	$1,33 \cdot 10^5$	41,352	-4,683	41,352
				G-G	21	$1,33 \cdot 10^5$	41,352	0,170	41,522
				H-H	321	$3,5 \cdot 10^4$	10,882	0,683	11,565
				I-I	621	$1,03 \cdot 10^5$	32,024	3,890	35,914
6 ^e	153,71	$44,73 \cdot 10^{10}$	$4,85 \cdot 10^5$	F-F	-580	$1,6 \cdot 10^5$	50,708	-5,708	50,708
				G-G	20	$1,6 \cdot 10^5$	50,708	0,197	50,905
				H-H	320	$4,07 \cdot 10^4$	12,899	0,801	13,700
				I-I	620	$1,24 \cdot 10^5$	39,299	4,729	44,028
5 ^e	179,91	$44,73 \cdot 10^{10}$	$4,85 \cdot 10^5$	F-F	-580	$1,60 \cdot 10^5$	59,352	-6,681	59,352
				G-G	20	$1,60 \cdot 10^5$	59,352	0,230	59,582
				H-H	320	$4,07 \cdot 10^4$	15,098	0,938	16,036
				I-I	620	$1,24 \cdot 10^5$	45,998	5,535	51,533
4 ^e	204,04	$44,73 \cdot 10^{10}$	$4,85 \cdot 10^5$	F-F	-580	$1,60 \cdot 10^5$	67,312	-7,577	67,312
				G-G	20	$1,60 \cdot 10^5$	67,312	0,261	67,573
				H-H	320	$4,07 \cdot 10^4$	17,122	1,063	18,185
				I-I	620	$1,24 \cdot 10^5$	52,166	6,277	58,444
3 ^e	227,18	$44,73 \cdot 10^{10}$	$4,85 \cdot 10^5$	F-F	-580	$1,60 \cdot 10^5$	74,945	-8,436	74,945
				G-G	20	$1,60 \cdot 10^5$	74,945	0,290	75,236
				H-H	320	$4,07 \cdot 10^4$	19,064	1,184	20,248
				I-I	620	$1,24 \cdot 10^5$	58,083	6,989	65,072
2 ^e	248,38	$52,96 \cdot 10^{10}$	$5,64 \cdot 10^5$	F-F	-579	$1,86 \cdot 10^5$	81,912	-9,04	81,912
				G-G	21	$1,86 \cdot 10^5$	81,912	0,327	82,240
				H-H	321	$5,23 \cdot 10^4$	23,032	1,404	24,437
				I-I	621	$1,40 \cdot 10^5$	61,654	7,286	68,941
1 ^{er}	265,52	$25,46 \cdot 10^{10}$	$3,01 \cdot 10^5$	F-F	-593	$9,66 \cdot 10^4$	85,213	-10,693	85,213
				G-G	7	$9,66 \cdot 10^4$	85,213	0,126	85,339
				H-H	307	$2,90 \cdot 10^4$	25,581	1,661	27,243
				I-I	607	$7,86 \cdot 10^4$	69,335	8,906	78,241

B. Portiques transversaux

Niveau	T_{dy}	R_{j0}	ΣR_{jt}^t	Portique	X (cm)	R_{jt}^t	$T_{dy} \frac{R_{jt}^t}{\Sigma R_{jt}^t}$	$T_{dy} \frac{R_{jt}^t \cdot X}{\Sigma R_{jt}^t}$ (t)	V_{dy} (t)
10 ^e	34,36	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,76 \cdot 10^5$	1-1	-1318	$6,60 \cdot 10^4$	4,764	-1,447	4,764
				2-2	-718	$6,60 \cdot 10^4$	"	-0,788	"
				3-3	-358	"	"	-0,393	"
				4-4	2	"	"	0,002	"
				5-5	602	$1,28 \cdot 10^5$	9,239	1,281	10,521
				6-6	962	$8,46 \cdot 10^4$	6,106	1,353	7,460
9 ^e	68,34	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,76 \cdot 10^5$	1-1	-1318	$6,60 \cdot 10^4$	9,475	-2,878	9,475
				2-2	-718	"	"	-1,568	"
				3-3	-358	"	"	-0,781	"
				4-4	23	"	"	0,004	9,480
				5-5	602	$1,28 \cdot 10^5$	18,377	2,549	20,926
				6-6	962	$8,46 \cdot 10^4$	12,146	2,892	14,839
8 ^e	98,79	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,76 \cdot 10^5$	1-1	-1318	$6,60 \cdot 10^4$	13,697	-4,160	13,697
				2-2	-718	"	"	-2,266	"
				3-3	-358	"	"	-1,130	"
				4-4	2	"	"	0,006	13,704
				5-5	602	$1,28 \cdot 10^5$	26,565	3,685	30,250
				6-6	962	$8,46 \cdot 10^4$	17,558	3,892	21,450
7 ^e	127,47	$36,97 \cdot 10^{10}$	$4,76 \cdot 10^5$	1-1	-1318	$6,60 \cdot 10^4$	17,674	-5,368	17,674
				2-2	-718	"	"	-2,924	"
				3-3	-358	"	"	-1,458	"
				4-4	2	"	"	0,008	17,682
				5-5	602	$1,28 \cdot 10^5$	34,277	4,755	39,033
				6-6	962	$8,46 \cdot 10^4$	22,655	5,022	27,678
6 ^e	156,26	$44,73 \cdot 10^{10}$	$5,802 \cdot 10^5$	1-1	-1333	$7,68 \cdot 10^4$	20,683	-6,401	20,683
				2-2	-733	$7,68 \cdot 10^4$	"	-3,520	"
				3-3	-373	"	"	-1,701	"
				4-4	-13	"	"	-0,062	"
				5-5	587	$1,66 \cdot 10^5$	44,707	6,093	50,800
				6-6	947	$1,07 \cdot 10^5$	28,817	6,336	35,153
5 ^e	183,06	$44,73 \cdot 10^{10}$	$5,802 \cdot 10^5$	1-1	-1333	$7,68 \cdot 10^4$	24,231	-7,499	24,231
				2-2	-733	$7,68 \cdot 10^4$	"	-4,123	"
				3-3	-373	"	"	-2,098	"
				4-4	-13	"	"	-0,073	"
				5-5	587	$1,66 \cdot 10^5$	52,374	7,138	59,513
				6-6	947	$1,07 \cdot 10^5$	33,759	7,423	41,182
4 ^e	207,80	$44,73 \cdot 10^{10}$	$5,802 \cdot 10^5$	1-1	-1333	$7,68 \cdot 10^4$	27,506	-8,513	27,506
				2-2	-733	"	"	-4,681	"
				3-3	-373	"	"	-2,382	"
				4-4	-13	"	"	-0,083	"
				5-5	587	$1,66 \cdot 10^5$	59,453	8,103	67,556
				6-6	947	$1,07 \cdot 10^5$	38,322	8,426	46,748
3 ^e	231,45	$44,73 \cdot 10^{10}$	$5,802 \cdot 10^5$	1-1	-1333	$7,68 \cdot 10^4$	30,636	-9,482	30,636
				2-2	-733	"	"	-5,214	"
				3-3	-373	"	"	-2,653	"
				4-4	-13	"	"	-0,092	"
				5-5	587	$1,66 \cdot 10^5$	66,219	9,025	75,244
				6-6	947	$1,07 \cdot 10^5$	42,683	9,385	52,069
2 ^e	253,29	$52,96 \cdot 10^{10}$	$5,936 \cdot 10^5$	1-1	-1341	$9,29 \cdot 10^4$	39,640	-10,665	39,640
				2-2	-741	"	"	-5,893	"
				3-3	-381	"	"	-3,03	"
				4-4	-21	"	"	-0,167	"
				5-5	579	$1,97 \cdot 10^5$	84,060	9,764	93,825
				6-6	939	$1,25 \cdot 10^5$	53,337	10,048	63,386
1 ^{er}	271,99	$25,46 \cdot 10^{10}$	$3,195 \cdot 10^5$	1-1	-1295	$4,75 \cdot 10^4$	40,436	-11,762	40,436
				2-2	-695	"	"	-6,312	"
				3-3	-335	"	"	-3,042	"
				4-4	25	"	"	0,227	40,663
				5-5	625	$7,61 \cdot 10^4$	64,983	9,095	73,879
				6-6	985	$5,34 \cdot 10^4$	45,459	10,058	55,517

II - Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau des différents niveaux.

A - Portique longitudinal :

Portique E-F

Niveau	E_j (t)	D_j (cm ²)	Poteau	A	B	C	D	E	F
			$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
10 ^e	11,134	2909,28	t_j (t)	1,012	2,088	2,404	2,088	2,088	1,455
9 ^e	22,064	2909,28	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	2,006	4,137	4,764	4,137	4,137	2,883
8 ^e	31,808	2909,28	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	2,892	5,964	6,868	5,964	5,964	4,156
7 ^e	41,352	2909,28	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	3,759	7,754	8,928	7,754	7,754	5,403
6 ^e	50,708	3497,58	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	4,474	9,446	11,434	9,446	9,446	6,463
5 ^e	59,352	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	5,237	11,056	13,383	11,056	11,056	7,564
4 ^e	67,312	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	5,939	12,539	15,178	12,539	12,539	8,579
3 ^e	74,945	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	6,613	13,960	16,899	13,960	13,960	9,552
2 ^e	81,912	4065,28	$Q_j K_j$ (cm ²)	327,60	762,24	884,28	762,24	762,24	572,68
			t_j (t)	6,399	15,359	17,918	15,359	15,359	11,519
1 ^e	85,213	7670,50	$Q_j K_j$ (cm ²)	1067,20	1334,00	1434,05	1334,00	1334,00	1167,25
			t_j (t)	11,856	14,820	15,931	14,820	14,820	12,967

Portique G-G

Niveau	E_j (t)	D_j (cm ²)	Poteau	A	B	C	D	E	F
			$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
10 ^e	11,180	2909,28	t_j (t)	1,016	2,096	2,414	2,096	2,096	1,461
9 ^e	22,155	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	2,014	4,154	4,783	4,154	4,154	2,895
8 ^e	31,939	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	2,904	5,989	6,896	5,989	5,989	4,174
7 ^e	41,522	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	264,48	545,49	628,14	545,49	545,49	380,19
			t_j (t)	3,775	7,785	8,965	7,785	7,785	5,426
6 ^e	50,905	3497,58	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	4,492	9,482	11,473	9,482	9,482	6,488
5 ^e	59,582	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	5,257	11,099	13,435	11,099	11,099	7,594
4 ^e	67,573	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	5,962	12,587	15,237	12,587	12,587	8,612
3 ^e	75,236	"	$Q_j K_j$ (cm ²)	308,61	651,51	788,67	651,51	651,51	445,77
			t_j (t)	6,636	14,015	16,965	14,015	14,015	9,589
2 ^e	82,240	4065,28	$Q_j K_j$ (cm ²)	327,60	762,24	889,28	762,24	762,24	572,68
			t_j (t)	6,425	15,420	17,990	15,420	15,420	11,565
1 ^e	85,339	7670,5	$Q_j K_j$ (cm ²)	1067,20	1334,00	1434,05	1334,00	1334,00	1167,25
			t_j (t)	11,873	14,842	15,842	14,842	14,842	12,9

B-Sens transversal:

Portique 1-1

			Poteaux	1	2	3
Niveau	E_j (t)	D_j (m ³)	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
10 ^e	9,764	1443,44	t_j (t)	1,323	2,119	1,323
9 ^e	9,475	1443,44	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	2,630	4,214	2,630
8 ^e	13,697	1443,44	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	3,803	6,092	3,803
7 ^e	17,674	"	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	4,907	7,861	4,907
6 ^e	20,683	1680,21	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	5,487	9,708	5,487
5 ^e	24,23	"	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	6,429	11,374	6,429
4 ^e	27,506	"	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	7,298	12,911	7,298
3 ^e	30,636	"	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	8,128	14,380	8,128
2 ^e	39,640	2032,64	$a_j K_j$ (m ³)	571,68	889,28	571,68
			t_j (t)	11,149	17,343	11,149
1 ^{er}	40,436	3768,55	$a_j K_j$ (m ³)	1167,25	1434,05	1167,25
			t_j (t)	12,524	15,387	12,524

Portique 4-4

			Poteaux	1	2	3
Niveau	E_j (t)	D_j (m ³)	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
10 ^e	4,766	1443,44	t_j (t)	1,323	2,120	1,323
9 ^e	9,480	1443,44	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	2,632	4,216	2,632
8 ^e	13,704	1443,44	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	3,805	6,095	3,805
7 ^e	17,682	1443,44	$a_j K_j$ (m ³)	400,73	641,99	400,73
			t_j (t)	4,909	7,864	4,909
6 ^e	20,683	1680,21	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	5,487	9,708	5,487
5 ^e	24,231	1680,21	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	6,429	11,374	6,429
4 ^e	27,506	"	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	7,298	12,911	7,298
3 ^e	30,636	"	$a_j K_j$ (m ³)	445,77	788,67	445,77
			t_j (t)	8,128	14,380	8,128
2 ^e	39,640	2032,64	$a_j K_j$ (m ³)	571,68	889,28	571,68
			t_j (t)	11,149	17,343	11,149
1 ^{er}	40,663	3768,55	$a_j K_j$ (m ³)	1167,25	1434,05	1167,25
			t_j (t)	12,595	15,474	12,595

III Moments et lechissements dans les poteaux

* Portique F-F.

Niveau	Poteaux	y	$z = y \cdot h$ (m)	t_j^i (t)	$h - z$ (m)	M_{inf} (t.m)	M_{sup} (t.m)
10 ^e	A	0,20	0,63	1,012	2,52	0,638	2,550
	B	0,40	1,26	2,088	1,89	2,631	3,946
	C	0,41	1,29	2,404	1,86	3,101	4,471
	D	0,40	1,28	2,088	1,89	2,631	3,946
	E	0,40	1,26	2,088	1,89	2,631	3,946
	F	0,30	0,95	1,455	2,20	1,382	3,201
9 ^e	A	0,35	1,10	2,006	2,05	2,207	4,112
	B	0,45	1,42	4,137	1,73	5,875	7,157
	C	0,45	1,42	4,764	1,73	6,765	8,242
	D	0,45	1,42	4,137	1,73	5,875	7,157
	E	0,45	1,42	4,137	1,73	5,875	7,157
	F	0,40	1,26	2,883	1,89	3,633	5,449
8 ^e	A	0,40	1,26	2,892	1,89	3,644	5,466
	B	0,45	1,42	5,964	1,73	8,469	10,318
	C	0,46	1,45	6,862	1,70	9,958	11,676
	D	0,45	1,42	5,964	1,73	8,469	10,318
	E	0,45	1,42	5,964	1,73	8,469	10,318
	F	0,40	1,26	4,156	1,89	5,237	7,855
7 ^e	A	0,40	1,26	3,759	1,89	4,736	7,105
	B	0,50	1,58	7,754	1,57	12,251	12,174
	C	0,50	1,58	8,928	1,57	14,104	14,017
	D	0,50	1,58	7,754	1,57	12,251	12,174
	E	0,50	1,58	7,754	1,57	12,251	12,174
	F	0,45	1,42	5,403	1,73	7,672	9,347
6 ^e	A	0,40	1,26	4,473	1,89	5,637	8,456
	B	0,45	1,42	9,446	1,73	13,413	16,342
	C	0,45	1,42	11,434	1,73	16,236	19,781
	D	0,45	1,42	9,446	1,73	13,413	16,342
	E	0,45	1,42	9,446	1,73	13,413	16,342
	F	0,40	1,26	6,463	1,89	8,143	12,215
5 ^e	A	0,45	1,42	5,237	1,37	-7,637	9,060
	B	0,45	1,42	11,056	1,37	-15,700	19,127
	C	0,45	1,42	13,383	1,37	-18,004	23,153
	D	0,45	1,42	11,056	1,37	-15,700	19,127
	E	0,45	1,42	11,056	1,37	-15,700	19,127
	F	0,45	1,42	7,564	1,37	-10,741	13,086
4 ^e	A	0,45	1,42	5,839	1,37	-8,433	10,274
	B	0,50	1,58	12,539	1,57	-19,812	19,686
	C	0,50	1,58	15,178	1,57	-23,981	23,829
	D	0,50	1,58	12,539	1,57	-19,812	19,686
	E	0,50	1,58	12,539	1,57	-19,812	19,686
	F	0,45	1,42	8,579	1,73	-12,182	14,842
3 ^e	A	0,55	1,73	6,613	1,42	-11,440	9,390
	B	0,50	1,58	13,960	1,57	-22,057	21,917
	C	0,50	1,58	16,899	1,57	-26,700	26,531
	D	0,50	1,58	13,960	1,57	-22,057	21,917
	E	0,50	1,58	13,960	1,57	-22,057	21,917
	F	0,50	1,58	9,552	1,57	-15,092	14,997
2 ^e	A	0,85	2,48	6,399	0,47	-17,149	3,008
	B	0,60	1,89	15,359	2,55	-29,029	39,165
	C	0,60	1,89	17,918	2,55	-33,865	49,691
	D	0,60	1,89	15,359	2,55	-29,029	39,165
	E	0,60	1,89	15,359	2,55	-29,029	39,165
	F	0,65	2,05	11,519	2,50	-23,614	28,798
1 ^{er}	A	1,00	3,00	11,856	0	-71,136	0
	B	0,75	4,50	14,820	1,50	-66,690	22,230
	C	0,75	4,50	16,931	1,50	-71,690	23,897
	D	0,75	4,50	14,820	1,50	-66,690	22,230
	E	0,75	4,50	14,820	1,50	-66,690	22,230
	F	0,90	5,40	12,967	0,60	-70,022	7,780

Portique transversal 1-1

Niveau	Poteau	$y=y_0$	$z=y \cdot h$ (m)	$h-z$ (m)	t_j (t)	M_{inf} (t.m)	M_{sup} (t.m)
10 ^e	1	0,30	0,945	2,205	1,250	1,250	2,917
	2	0,42	1,323	1,827	2,119	2,803	3,871
	3	0,30	0,945	2,205	1,323	1,250	2,917
9 ^e	1	0,40	1,260	1,890	2,630	3,314	4,971
	2	0,45	1,418	1,732	4,214	5,975	7,299
	3	0,40	1,260	1,890	2,630	3,314	4,971
8 ^e	1	0,41	1,292	1,858	3,803	4,913	7,066
	2	0,48	1,512	1,638	6,092	9,211	9,979
	3	0,41	1,292	1,858	3,803	4,913	7,066
7 ^e	1	0,45	1,418	1,732	4,907	6,958	8,499
	2	0,50	1,575	1,575	7,861	12,381	12,381
	3	0,45	1,418	1,732	4,907	6,958	8,499
6 ^e	1	0,40	1,260	1,890	5,487	6,914	10,370
	2	0,45	1,418	1,732	9,708	13,766	16,814
	3	0,40	1,260	1,890	5,487	6,914	10,370
5 ^e	1	0,45	1,418	1,732	6,429	9,116	11,135
	2	"	"	"	11,374	16,128	19,700
	3	"	"	"	6,429	9,116	11,135
4 ^e	1	"	"	"	7,298	10,349	12,640
	2	0,50	1,575	1,575	12,911	20,335	20,335
	3	0,45	1,418	1,732	7,298	10,349	12,640
3 ^e	1	0,50	1,575	1,575	8,128	12,802	12,802
	2	"	"	"	14,380	22,649	22,649
	3	"	"	"	8,128	12,802	12,802
2 ^e	1	0,65	2,048	1,102	11,149	22,833	12,286
	2	0,61	1,922	1,228	17,343	33,333	21,297
	3	0,65	2,048	1,102	11,149	22,833	12,286
1 ^{er}	1	0,90	5,400	0,600	12,524	67,630	7,514
	2	0,74	4,440	1,560	15,387	63,318	24,004
	3	0,90	5,400	0,600	12,524	67,630	7,5

IV. Moments fléchissants aux noeuds des poutres.

A / Portiques longitudinaux.

Portique "F-F".

Niv.	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M ₁ (t.m)	M ₂ (t.m)
10 ^e	A		2,550		2,550
	B		3,946	1,480	2,465
	C		4,471	2,235	2,235
	D		3,946	2,465	1,480
	E		3,946	1,480	2,465
	F		3,201	3,201	
9 ^e	A	0,638	4,112		4,750
	B	2,631	7,157	3,671	6,116
	C	3,101	8,242	5,671	5,671
	D	2,631	7,157	6,116	3,671
	E	2,631	7,157	3,671	6,116
	F	1,382	5,449	6,831	
8 ^e	A	2,207	5,466		7,673
	B	5,875	10,318	6,073	10,119
	C	6,765	11,676	9,220	9,220
	D	5,875	10,318	10,119	6,073
	E	5,875	10,318	6,073	10,119
	F	3,633	7,855	11,488	
7 ^e	A	3,644	7,105		10,749
	B	8,469	12,174	7,742	12,900
	C	9,958	14,017	11,987	11,987
	D	8,469	12,174	12,900	7,742
	E	8,469	12,174	7,742	12,900
	F	5,237	9,347	14,584	
6 ^e	A	4,736	8,456		13,182
	B	12,251	16,342	10,724	17,868
	C	14,051	19,781	16,943	16,943
	D	12,051	16,342	17,868	10,724
	E	12,251	16,342	10,724	17,868
	F	7,652	12,215	19,923	

Niv.	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M ₁ (t.m)	M ₂ (t.m)
5 ^e	A	5,637	9,060		14,697
	B	13,413	19,127	12,205	20,334
	C	16,236	23,153	19,694	19,694
	D	13,413	19,127	20,334	12,205
	E	13,413	19,127	12,205	20,334
	F	8,143	13,086	21,229	
4 ^e	A	7,437	10,274		17,711
	B	15,700	19,686	13,272	22,113
	C	19,004	23,829	21,416	21,416
	D	15,700	19,686	22,113	13,272
	E	15,700	19,686	13,272	22,113
	F	10,741	14,842	25,583	
3 ^e	A	8,433	9,390		17,230
	B	19,812	21,917	15,651	26,077
	C	23,981	26,531	25,256	25,256
	D	19,812	21,917	26,077	15,651
	E	19,812	21,917	15,651	26,077
	F	12,182	14,997	27,180	
2 ^e	A	11,440	3,008		14,448
	B	22,054	39,165	22,961	38,257
	C	26,700	45,165	36,195	36,195
	D	22,054	39,165	38,256	22,961
	E	22,054	39,165	22,961	38,256
	F	15,092	28,798	43,890	
1 ^e	A	17,149			17,149
	B	29,029	22,230	19,226	32,042
	C	33,865	23,897	28,841	28,841
	D	29,029	22,230	32,032	19,226
	E	29,029	22,230	19,226	32,041
	F	23,614	7,780	31,394	

B. Portiques transversaux.

Portique "1-1".

K	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M1 (t.m)	M2 (t.m)
5 ^e	1	6,914	11,135	0	18,049
	2	13,766	19,700	16,733	16,733
	3	6,914	11,135	18,049	0
4 ^e	1	9,116	12,640	0	21,756
	2	16,128	20,335	18,231	18,231
	3	9,116	12,640	21,756	0
3 ^e	1	10,349	12,802	0	23,151
	2	20,335	22,649	21,492	21,492
	3	10,349	12,802	23,151	0
2 ^e	1	12,802	12,286	0	25,088
	2	22,649	21,297	21,973	21,973
	3	12,802	12,286	25,088	0
1 ^{er}	1	22,833	7,514	0	30,347
	2	33,333	24,004	28,668	28,668
	3	22,833	7,514	30,347	0

K	Noeud	Ma (t.m)	Mb (t.m)	M1 (t.m)	M2 (t.m)
10 ^e	1	/	2,917	0	2,917
	2	/	3,871	1,935	1,935
	3	/	2,917	2,917	0
9 ^e	1	1,250	4,971	0	6,221
	2	2,803	7,299	5,051	5,051
	3	1,250	4,971	6,221	0
8 ^e	1	3,314	7,066	0	10,380
	2	5,975	9,979	7,977	7,977
	3	3,314	7,066	10,380	0
7 ^e	1	4,913	8,499	0	13,412
	2	9,211	12,381	10,796	10,796
	3	4,913	8,499	13,412	0
6 ^e	1	6,958	10,370	0	17,328
	2	12,351	16,814	14,597	14,597
	3	6,958	10,370	17,328	0

V. TABLEAUX RECAPITULATIF :

moments et efforts tranchants dans les poutres.

A. Portiques longitudinaux.

* Portique "F-F".

Niv.	Pout.	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	T (t)
10 ^e	AB	1,480	2,550	-5,535	-0,700
	BC	2,235	2,465	-0,115	-1,402
	CD	2,465	2,235	0,115	-1,402
	DE	1,480	1,480		-0,514
	EF	3,201	2,464	0,368	-1,691
9 ^e	AB	3,671	4,750	-0,539	-1,464
	BC	5,671	6,116	-0,222	-3,518
	CD	6,116	5,671	0,222	-3,518
	DE	3,671	3,671		-1,276
	EF	6,831	6,116	0,357	-3,864
8 ^e	AB	6,073	7,673	-0,800	-2,390
	BC	9,220	10,119	-0,449	-5,772
	CD	10,119	9,220	0,449	-5,772
	DE	6,073	6,073		-2,112
	EF	11,488	10,119	0,684	-6,449
7 ^e	AB	7,742	10,749	-1,503	-3,215
	BC	11,987	12,900	-0,456	-7,428
	CD	12,900	11,987	0,456	-7,428
	DE	7,742	7,742		-2,692
	EF	14,584	12,900	0,842	-8,204
6 ^e	AB	10,724	13,182	-1,229	-4,194
	BC	16,943	17,868	-0,462	-10,548
	CD	17,868	16,943	0,462	-10,548
	DE	10,724	10,724		-3,762
	EF	19,923	17,868	1,027	-11,451

Niv.	Pout.	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	T (t)
5 ^e	AB	12,205	14,697	-1,246	-4,719
	BC	19,694	20,334	-0,320	-12,129
	CD	20,334	19,694	0,320	12,129
	DE	12,205	12,205		-4,282
	EF	21,229	20,334	0,447	-12,594
4 ^e	AB	13,272	17,711	-2,219	-5,435
	BC	21,416	22,113	-0,348	-13,190
	CD	22,113	21,416	0,348	-13,190
	DE	13,272	13,272		-4,656
	EF	25,583	22,113	1,735	-14,453
3 ^e	AB	15,651	17,230	-0,789	-5,768
	BC	25,256	26,077	-0,410	-15,555
	CD	26,077	25,256	0,410	-15,555
	DE	15,651	15,651		-5,491
	EF	27,180	26,077	0,551	-16,138
2 ^e	AB	22,961	14,448	4,256	-6,621
	BC	36,195	38,257	-1,031	-22,908
	CD	38,257	36,195	1,031	-22,908
	DE	22,961	22,961		-8,127
	EF	43,890	38,257	2,816	-25,276
1 ^{er}	AB	19,226	17,149	1,038	-6,438
	BC	28,841	32,032	-1,595	-18,730
	CD	32,032	28,841	1,595	-18,730
	DE	19,226	19,226		-6,805
	EF	31,394	32,032	-0,319	-19,515

B. Portiques transversaux.

* Portique "1-1".

K	Pout.	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	l (m)	T (t)
10 ^e	1-2	1,935	2,917	-0,491	5,75	-0,843
	2-3	2,917	1,935	0,491	5,75	-0,843
9 ^e	1-2	5,051	6,221	-0,585	5,75	-1,960
	2-3	6,221	5,051	0,585	5,75	-1,960
8 ^e	1-2	7,977	10,380	-1,201	5,75	-3,192
	2-3	10,380	7,977	1,201	5,75	-3,192
7 ^e	1-2	10,796	13,412	-1,308	5,75	-4,210
	2-3	13,412	10,796	1,308	5,75	-4,210
6 ^e	1-2	14,597	17,328	-1,365	5,70	-5,600
	2-3	17,328	14,597	1,365	5,70	-5,600
5 ^e	1-2	16,733	18,049	-0,658	5,70	-6,102
	2-3	18,049	16,733	0,658	5,70	-6,102
4 ^e	1-2	18,231	21,756	-1,762	5,70	-7,015
	2-3	21,756	18,231	1,762	5,70	-7,015
3 ^e	1-2	21,492	23,151	-0,829	5,70	-7,832
	2-3	23,151	21,492	0,829	5,70	-7,832
2 ^e	1-2	21,973	25,088	-1,556	5,65	-8,329
	2-3	25,088	21,973	1,556	5,65	-8,329
1 ^{er}	1-2	28,668	30,347	-0,839	5,65	-10,445
	2-3	30,347	28,668	0,839	5,65	-10,445

Efforts normaux dans les poteaux

A/ Sens longitudinal.

Portique "F-F".

Niv.	Poteau	N (t)	Ncum (t)
10 ^e	A	0,700	0,700
	B	0,702	0,702
	C	0	0
	D	-0,888	-0,888
	E	1,177	1,177
	F	-1,691	-1,691
9 ^e	A	1,464	2,164
	B	2,054	2,756
	C	0	0
	D	-2,242	-3,130
	E	2,588	3,765
	F	-3,864	-5,555
8 ^e	A	2,390	4,554
	B	3,382	6,138
	C	0	0
	D	-3,660	-6,790
	E	4,337	8,102
	F	-6,449	-12,004
7 ^e	A	3,215	7,769
	B	4,213	10,351
	C	0	0
	D	-4,736	-11,526
	E	5,512	13,614
	F	-8,204	-20,208
6 ^e	A	4,194	11,963
	B	6,354	16,705
	C	0	0
	D	-6,786	-18,312
	E	7,689	21,303
	F	-11,451	-31,659

Portique "G-G".

Niv.	Poteau	N (t)	Ncum (t)
10 ^e	A	0,703	0,703
	B	0,705	0,705
	C	0	0
	D	-0,892	-0,892
	E	1,192	1,192
	F	-1,698	-1,698
9 ^e	A	1,470	2,173
	B	2,062	2,767
	C	0	0
	D	-2,257	-3,143
	E	2,599	3,781
	F	-3,880	-5,578
8 ^e	A	2,400	4,573
	B	3,397	6,164
	C	0	0
	D	-3,676	-6,819
	E	4,356	8,137
	F	-6,477	-12,055
7 ^e	A	3,229	7,802
	B	4,230	10,394
	C	0	0
	D	-4,756	-11,575
	E	5,535	13,672
	F	-8,238	-20,293
6 ^e	A	4,212	12,014
	B	6,375	16,769
	C	0	0
	D	-6,814	-18,389
	E	7,713	21,385
	F	-11,486	-31,779

Niv.	Poteau	N (t)	Neum (t)
5 ^e	A	4,719	16,682
	B	7,410	24,115
	C	0	0
	D	-7,847	-26,159
	E	8,312	29,615
	F	-12,594	-44,253
4 ^e	A	5,435	22,117
	B	7,755	31,870
	C	0	0
	D	-8,534	-34,693
	E	9,797	39,412
	F	-14,453	58,706
3 ^e	A	5,768	27,885
	B	9,787	41,656
	C	0	0
	D	-10,064	-44,757
	E	10,647	50,059
	F	-16,138	-74,844
2 ^e	A	6,621	34,506
	B	16,287	57,944
	C	0	0
	D	-14,781	-59,538
	E	17,781	67,208
	F	-25,276	-100,120
1 ^{er}	A	6,438	40,941
	B	12,292	70,236
	C	0	0
	D	-11,925	-71,463
	E	12,710	79,918
	F	-19,515	-119,635

Niv	Poteau	N (t)	Neum (t)
5 ^e	A	4,737	16,751
	B	7,438	24,207
	C	0	0
	D	-7,877	-26,266
	E	8,346	29,731
	F	-12,644	-44,423
4 ^e	A	5,456	22,207
	B	7,786	31,993
	C	0	0
	D	-8,568	-34,834
	E	9,835	39,566
	F	-14,509	-58,932
3 ^e	A	5,894	28,101
	B	9,721	41,714
	C	0	0
	D	-10,103	-44,937
	E	10,688	50,254
	F	-16,200	-75,732
2 ^e	A	6,313	34,414
	B	16,687	58,401
	C	0	0
	D	-14,840	-59,777
	E	17,216	67,470
	F	-25,376	-100,508
1 ^{er}	A	4,562	38,976
	B	14,235	72,636
	C	0	0
	D	-11,973	-71,750
	E	12,751	80,221
	F	-19,576	-120,084

B/ Sens transversal.

Portique "1-1".

Niv.	Poteau	N (t)	Ncum (t)
10 ^e	1	0,843	0,843
	2	0	0
	3	-0,843	-0,843
9 ^e	1	1,960	2,803
	2	0	0
	3	-1,960	-2,803
8 ^e	1	3,192	5,995
	2	0	0
	3	-3,192	-5,995
7 ^e	1	4,210	10,205
	2	0	0
	3	-4,210	-10,205
6 ^e	1	5,600	15,805
	2	0	0
	3	-5,600	-15,805
5 ^e	1	6,102	21,907
	2	0	0
	3	-6,102	-21,907
4 ^e	1	7,015	28,922
	2	0	0
	3	-7,015	-28,922
3 ^e	1	7,832	36,754
	2	0	0
	3	-7,832	-36,754
2 ^e	1	8,329	45,083
	2	0	0
	3	-8,329	-45,083
1 ^{er}	1	10,445	55,528
	2	0	0
	3	-10,445	-55,528

Portique "4-4".

Niv.	Poteau	N (t)	Ncum (t)
10 ^e	1	0,844	0,844
	2	0	0
	3	-0,844	-0,844
9 ^e	1	1,961	2,805
	2	0	0
	3	-1,961	-2,805
8 ^e	1	3,194	5,995
	2	0	0
	3	-3,194	-5,999
7 ^e	1	4,212	10,211
	2	0	0
	3	-4,212	-10,211
6 ^e	1	5,601	15,812
	2	0	0
	3	-5,601	-15,812
5 ^e	1	6,102	21,914
	2	0	0
	3	-6,102	-21,914
4 ^e	1	7,015	28,929
	2	0	0
	3	-7,015	-28,929
3 ^e	1	7,859	36,788
	2	0	0
	3	-7,859	-36,788
2 ^e	1	8,328	45,116
	2	0	0
	3	-8,328	-45,116
1 ^{er}	1	10,464	55,580
	2	0	0
	3	-10,464	-55,580

Calcul des efforts sous les charges verticales

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

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

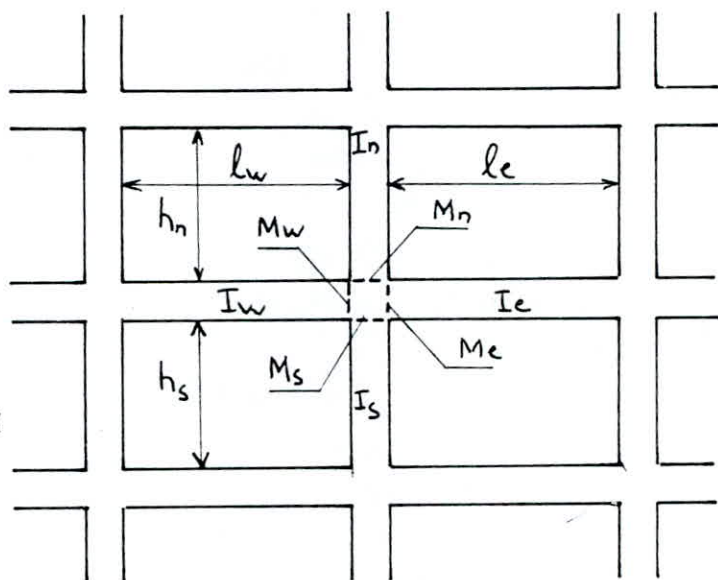
I Exposé de la méthode :

a - Calcul des hauteurs fictives :

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

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

$h'_s = 0,8 h_s$



* Travée intermédiaire :

$$l'_w = 0,8 l_w$$

$$l'_e = 0,8 l_e$$

* Travée de rive : (noeud voisin du noeud de rive)

$$l'_{woue} = \chi l_{woue} \text{ avec } \begin{cases} \chi = 0,8 & \text{Si } K_s + K_n > 1,5 K_{woue} \\ \chi = \frac{K_s + K_n}{7,5 K_{woue}} \end{cases}$$

b - Calcul des moments fictifs :

$$M'_w = q_w \frac{l'^2_w}{8,5} \quad \text{et} \quad M'_e = q_e \cdot \frac{l'^2_e}{8,5}$$

q = charge uniformément répartie.

c - Calcul des Raideurs :

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

$$D = K_w + K_e + K_n + K_s$$

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

d. Moments dans les sections dangereuses (nus d'appuis), sont donnés,

par :

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

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

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

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

II Etapes à Suivre :

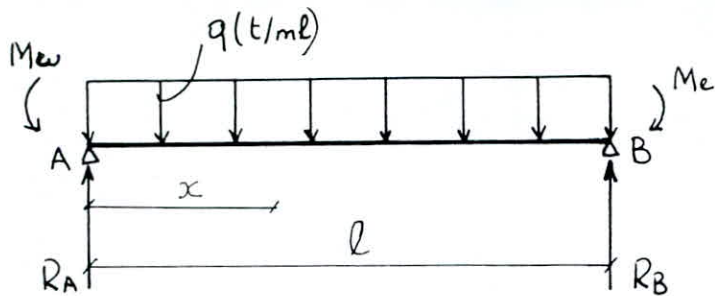
- 1 - Calcul des caractéristiques de chaque portique c'est à dire $I_w, I_e, \dots, I_w, I_e, D$
 - 2 - On détermine les charges revenant à chaque portique
 - 3 - On calcule les moments aux appuis sous G et P
 - 4 - " " " tranchants et normaux sous G et P
 - 5 - " " " moments en travées dans les poutres sous G et P
- Toutes les valeurs sont résumées dans les tableaux.

Remarque :

Les moments M_e et M_w sont négatifs pour les poutres ; pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des 2 valeurs absolues M_e et M_w .

III Calcul des efforts tranchants dans les poutres :

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



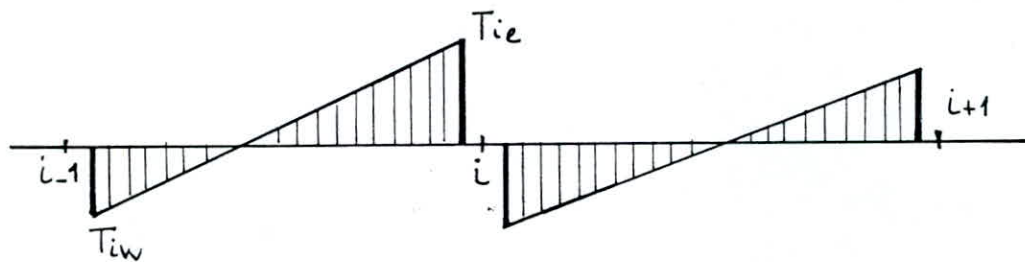
$$\sum M^t/B = 0 \Rightarrow M_w + R_A \cdot l - M_e - q \frac{l^2}{2} = 0 \Rightarrow R_A = \frac{M_e - M_w}{2} + q \frac{l}{2}$$

d'où $T(x) = R_A - q \cdot x$

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

IV Efforts normaux dans les poteaux :

pour les charges verticales provoquant des efforts tranchants aux appuis des poutres, On aura des réactions qui créent des efforts de compression dans les poteaux.



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

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

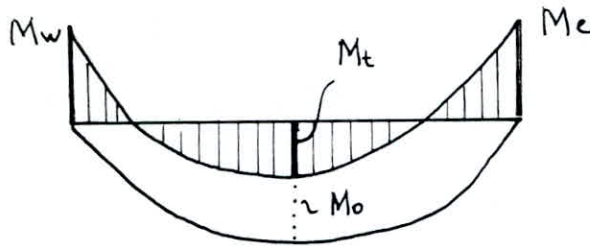
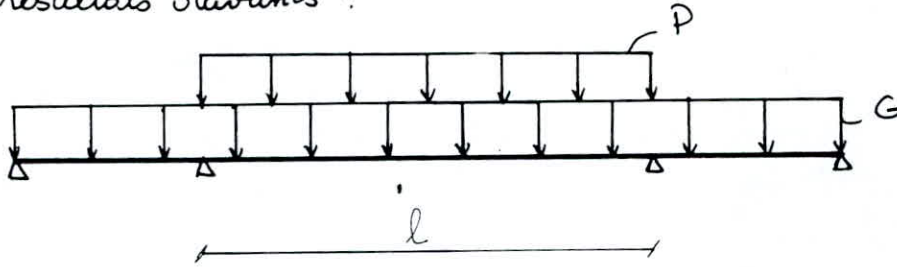
On trace la courbe des moments de la travée indépendante de portée l avec les charges permanentes, puis avec la combinaison des charges permanentes et Surcharges, on aura 2 cas possibles.

- Moments positifs : celle qui joint les moments d'appuis minimaux en valeur absolue.
- Moments négatifs : celle qui joint les moments d'appuis maximaux en valeur absolue.

On remarque que les charges et Surcharges donnent un moment positif en travée, ce sera un cas défavorable.

En considérant ce cas précis, les différents cas de chargement de la travée considérée ($G+1,2P$); ($G+P$); ($0,8G$).

On décharge les poutres à gauche et à droite de la poutre considérée, et on aura les résultats suivants :



$$M_t = M_o - M_a$$

$$\begin{cases} M_{t1} = M_o (G+1,2P) - M_{a1} \\ M_{t2} = M_o (G+P) - M_{a2} \\ M_{t3} = M_o (0,8G) - M_{a3} \end{cases} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} M_{a1} = \frac{M_e(G) + M_w(G)}{2} \\ M_{a2} = \frac{M_e(G) + M_w(G)}{2} \\ M_{a3} = \frac{M_e(0,8G) + M_w(0,8G)}{2} \end{cases}$$

tous les résultats sont résumés dans les tableaux ci dessous.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES - PORTIQUE LONGITUDINAL

N	Noeud	$L_w(m)$	$L_e(m)$	$h_n(m)$	$h_s(m)$	$I_w \cdot 10^{-4}$	$I_e \cdot 10^{-4}$	$I_n \cdot 10^{-4}$	$I_s \cdot 10^{-4}$	L'_w	L'_e	h'_n	h'_s	$K_w \cdot 10^{-4}$	$K_e \cdot 10^{-4}$	$K_n \cdot 10^{-4}$	$K_s \cdot 10^{-4}$	$D \cdot 10^{-4}$
10	A	/	5,5	/	2,65	/	36,46	/	52,08	/	4,4	/	2,1	/	8,3	/	24,8	31,10
	B	5,5	3,1	/	2,65	36,46	36,46	/	52,08	4,4	2,5	/	2,1	8,3	14,6	/	24,8	47,70
	C	3,1	3,1	/	2,65	36,46	36,46	/	52,08	2,5	2,5	/	2,1	14,6	14,6	/	24,8	54,0
	D	3,1	5,5	/	2,65	36,46	36,46	/	52,08	2,5	4,4	/	2,1	14,6	8,3	/	24,8	47,70
	E	5,5	3,1	/	2,65	36,46	36,46	/	52,08	4,4	2,5	/	2,1	8,3	14,6	/	24,8	47,70
	F	3,1	/	/	2,65	36,46	/	52,08	52,08	2,5	/	/	2,1	14,6	/	/	24,8	39,40
9	A	/	5,5	2,65	2,65	/	36,46	52,08	52,08	/	4,4	2,4	2,1	/	8,3	21,7	24,8	54,80
	B	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,4	2,1	8,3	14,6	21,7	24,8	69,40
	C	3,1	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	2,5	2,4	2,1	14,6	14,6	21,7	24,8	75,70
	D	3,1	5,5	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	4,4	2,4	2,1	14,6	8,3	21,7	24,8	69,40
	E	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,4	2,1	8,3	14,6	21,7	24,8	69,40
	F	3,1	/	2,65	2,65	36,46	/	52,08	52,08	2,5	/	2,4	2,1	14,6	/	21,7	24,8	61,10
8	A	/	5,5	2,65	2,65	/	36,46	52,08	52,08	/	4,4	2,1	2,1	/	8,3	24,8	24,8	57,90
	B	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,1	2,1	8,3	14,6	24,8	24,8	72,50
	C	3,1	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	2,5	2,1	2,1	14,6	14,6	24,8	24,8	78,80
	D	3,1	5,5	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	4,4	2,1	2,1	14,6	8,3	24,8	24,8	72,50
	E	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,1	2,1	8,3	14,6	24,8	24,8	72,50
	F	3,1	/	2,65	2,65	36,46	/	52,08	52,08	2,5	/	2,1	2,1	14,6	/	24,8	24,8	64,20
7	A	/	5,5	2,65	2,65	/	36,46	52,08	52,08	/	4,4	2,1	2,1	/	8,3	24,8	24,8	57,90
	B	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,1	2,1	8,3	14,6	24,8	24,8	72,50
	C	3,1	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	2,5	2,1	2,1	14,6	14,6	24,8	24,8	78,80
	D	3,1	5,5	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	2,5	4,4	2,1	2,1	14,6	8,3	24,8	24,8	72,50
	E	5,5	3,1	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	52,08	4,4	2,5	2,1	2,1	8,3	14,6	24,8	24,8	72,50
	F	3,1	/	2,65	2,65	36,46	/	52,08	52,08	2,5	/	2,1	2,1	14,6	/	24,8	24,8	64,20

N	Noend	L_w (m)	L_e (m)	h_n (m)	h_s (m)	$I_w \cdot 10^4$	$I_e \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	L_w	L_e	h_n	h_s	$k_w \cdot 10^4$	$k_e \cdot 10^4$	$k_n \cdot 10^4$	$k_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
6	A	/	5,4	2,65	2,65	/	36,46	52,08	108	/	4,32	2,1	2,1	/	8,4	24,8	51,4	84,6
	B	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	24,8	51,4	99,8
	C	3,0	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	108	2,40	2,40	2,1	2,1	15,2	15,2	24,8	51,4	106,6
	D	3,0	5,4	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	108	2,40	4,32	2,1	2,1	15,2	8,4	24,8	51,4	99,8
	E	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	52,08	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	24,8	51,4	99,8
	F	3,0	/	2,65	2,65	36,46	/	52,08	108	2,40	/	2,1	2,1	15,2	/	24,8	51,4	91,4
5	A	/	5,4	2,65	2,65	/	36,46	108	108	/	4,32	2,1	2,1	/	8,4	51,4	51,4	111,2
	B	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	C	3,0	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	2,40	2,1	2,1	15,2	15,2	51,4	51,4	133,2
	D	3,0	5,4	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	4,32	2,1	2,1	15,2	8,4	51,4	51,4	126,4
	E	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	F	3,0	/	2,65	2,65	36,46	/	108	108	2,40	/	2,1	2,1	15,2	/	51,4	51,4	118,0
4	A	/	5,4	2,65	2,65	/	36,46	108	108	/	4,32	2,1	2,1	/	8,4	51,4	51,4	111,2
	B	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	C	3,0	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	2,40	2,1	2,1	15,2	15,2	51,4	51,4	133,2
	D	3,0	5,4	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	4,32	2,1	2,1	15,2	8,4	51,4	51,4	126,4
	E	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	F	3,0	/	2,65	2,65	36,46	/	108	108	2,40	/	2,1	2,1	15,2	/	51,4	51,4	118,0
3	A	/	5,4	2,65	2,65	/	36,46	108	108	/	4,32	2,1	2,1	/	8,4	51,4	51,4	111,2
	B	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	C	3,0	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	2,40	2,1	2,1	15,2	15,2	51,4	51,4	133,2
	D	3,0	5,4	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	2,40	4,32	2,1	2,1	15,2	8,4	51,4	51,4	126,4
	E	5,4	3,0	2,65	2,65	36,46	36,46	108	108	4,32	2,40	2,1	2,1	8,4	15,2	51,4	51,4	126,4
	F	3,0	/	2,65	2,65	36,46	/	108	108	2,40	/	2,1	2,1	15,2	/	51,4	51,4	118,0

N	Noend	$L_w(m)$	$L_e(m)$	$h_n(m)$	$h_s(m)$	$I_w \cdot 10^4$	$I_e \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	L'_w	L'_e	h'_n	h'_s	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
2	A	/	5.3	2.65	2.65	/	36,46	108	200,08	/	4,24	2,1	2,1	/	8,6	51,4	95,3	155,3
	B	5,3	2,9	2,65	2,65	36,46	36,46	108	200,08	4,24	2,32	2,1	2,1	8,6	15,7	51,4	95,3	171,0
	C	2,9	2,9	2,65	2,65	36,46	36,46	108	200,08	2,32	2,32	2,1	2,1	15,7	15,7	51,4	95,3	178,1
	D	2,9	5,3	2,65	2,65	36,46	36,46	108	200,08	2,32	4,24	2,1	2,1	15,7	8,6	51,4	95,3	171,0
	E	5,3	2,9	2,65	2,65	36,46	36,46	108	200,08	4,24	2,32	2,1	2,1	8,6	15,7	51,4	95,3	171,0
	F	2,9	/	2,65	2,65	36,46	/	108	200,08	2,32	/	2,1	2,1	15,7	/	51,4	95,3	162,4
1	A	/	5.3	2.65	5.50	/	36,46	200,08	200,08	/	4,24	2,1	4,4	/	8,6	95,3	45,5	149,4
	B	5,3	2,9	2,65	5,50	36,46	36,46	200,08	200,08	4,24	2,32	2,1	4,4	8,6	15,7	95,3	45,5	165,1
	C	2,9	2,9	2,65	5,50	36,46	36,46	200,08	200,08	2,32	2,32	2,1	4,4	15,7	15,7	95,3	45,5	172,2
	D	2,9	5,3	2,65	5,50	36,46	36,46	200,08	200,08	2,32	4,24	2,1	4,4	15,7	8,6	95,3	45,5	165,1
	E	5,3	2,9	2,65	5,50	36,46	36,46	200,08	200,08	4,24	2,32	2,1	4,4	8,6	15,7	95,3	45,5	165,1
	F	2,9	/	2,65	5,50	36,46	/	200,08	200,08	2,32	/	2,1	4,4	15,7	/	95,3	45,5	156,5

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES - PORTIQUE TRANSVERSAL.

N	Noeud	L_w	L_e	h_n	h_s	$I_w \cdot 10^4$	$I_e \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	L'_w	L'_e	h'_n	h'_s	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
10	1	/	5,5	/	2,55	/	63	/	52,08	/	4,40	/	2,04	/	14,32	/	25,53	39,85
	2	5,5	5,5	/	2,55	63	63	/	52,08	4,40	4,40	/	2,04	14,32	14,32	/	25,53	54,17
	3	5,5	/	/	2,55	63	/	/	52,08	4,40	/	/	2,04	14,32	/	/	25,53	39,85
9	1	/	5,5	2,55	2,55	/	63	52,08	52,08	/	4,40	2,30	2,04	/	14,32	22,64	25,53	62,49
	2	5,5	5,5	2,55	2,55	63	63	52,08	52,08	4,40	4,40	2,30	2,04	14,32	14,32	22,64	25,53	76,81
	3	5,5	/	2,55	2,55	63	/	52,08	52,08	4,40	/	2,30	2,04	14,32	/	22,64	25,53	62,49
8	1	/	5,5	2,55	2,55	/	63	52,08	52,08	/	4,40	2,04	2,04	/	14,32	25,53	25,53	65,38
	2	5,5	5,5	2,55	2,55	63	63	52,08	52,08	4,40	4,40	2,04	2,04	14,32	14,32	25,53	25,53	79,70
	3	5,5	/	2,55	2,55	63	/	52,08	52,08	4,40	/	2,04	2,04	14,32	/	25,53	25,53	65,38
7	1	/	5,5	2,55	2,55	/	63	52,08	52,08	/	4,40	2,04	2,04	/	14,32	25,53	25,53	65,38
	2	5,5	5,5	2,55	2,55	63	63	52,08	52,08	4,40	4,40	2,04	2,04	14,32	14,32	25,53	25,53	79,70
	3	5,5	/	2,55	2,55	63	/	52,08	52,08	4,40	/	2,04	2,04	14,32	/	25,53	25,53	65,38
6	1	/	5,4	2,55	2,55	/	63	52,08	108	/	4,32	2,04	2,04	/	14,60	25,53	52,94	93,07
	2	5,4	5,4	2,55	2,55	63	63	52,08	108	4,32	4,32	2,04	2,04	14,60	14,60	25,53	52,94	107,67
	3	5,4	/	2,55	2,55	63	/	52,08	108	4,32	/	2,04	2,04	14,60	/	25,53	52,94	93,07

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES - PORTIQUE TRANSVERSAL. (Suite)

N	Noeud	L_w	L_e	h_n	h_s	$I_w \cdot 10^4$	$I_e \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	L'_w	L'_e	h'_n	h'_s	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
5	1	/	5,4	2,55	2,55	/	63	108	108	/	4,32	2,04	2,04	/	14,6	52,94	52,94	120,48
	2	5,4	5,4	2,55	2,55	63	63	108	108	4,32	4,32	2,04	2,04	14,6	14,6	52,94	52,94	135,08
	3	5,4	/	2,55	2,55	63	/	108	108	4,32	/	2,04	2,04	14,6	/	52,94	52,94	120,48
4	1	/	5,4	2,55	2,55	/	63	108	108	/	4,32	2,04	2,04	/	14,6	52,94	52,94	120,48
	2	5,4	5,4	2,55	2,55	63	63	108	108	4,32	4,32	2,04	2,04	14,6	14,6	52,94	52,94	135,08
	3	5,4	/	2,55	2,55	63	/	108	108	4,32	/	2,04	2,04	14,6	/	52,94	52,94	120,48
3	1	/	5,4	2,55	2,55	/	63	108	108	/	4,32	2,04	2,04	/	14,6	52,94	52,94	120,48
	2	5,4	5,4	2,55	2,55	63	63	108	108	4,32	4,32	2,04	2,04	14,6	14,6	52,94	52,94	135,08
	3	5,4	/	2,55	2,55	63	/	108	108	4,32	/	2,04	2,04	14,6	/	52,94	52,94	120,48
2	1	/	5,3	2,55	2,55	/	63	108	200,08	/	4,24	2,04	2,04	/	14,9	52,94	98,08	165,92
	2	5,3	5,3	2,55	2,55	63	63	108	200,08	4,24	4,24	2,04	2,04	14,9	14,9	52,94	98,08	180,82
	3	5,3	/	2,55	2,55	63	/	108	200,08	4,24	/	2,04	2,04	14,9	/	52,94	98,08	165,92
1	1	/	5,3	2,55	5,40	/	63	200,08	200,08	/	4,24	2,04	4,32	/	14,9	98,08	46,30	159,28
	2	5,3	5,3	2,55	5,40	63	63	200,08	200,08	4,24	4,24	2,04	4,32	14,9	14,9	98,08	46,30	174,18
	3	5,3	/	2,55	5,40	63	/	200,08	200,08	4,24	/	2,04	4,32	14,9	/	98,08	46,30	159,28

MOMENTS AUX APPUIS DES PORTIQUES LONGITUDINAUX.

-Moment sous G.

*Portique F-F

N	Noeud	$q_w(t_m)$	$q_e(t_m)$	$M'_w(t_m)$	$M'_e(t_m)$	$M_w(t_m)$	$M_e(t_m)$	$M_n(t_m)$	$M_s(t_m)$
10	A	/	1,312	/	2,988	/	2,190	/	2,382
	B	1,312	1,312	2,988	0,964	2,636	1,584	/	-1,052
	C	1,312	1,312	0,964	0,964	0,964	0,964	/	/
	D	1,312	1,312	0,964	2,988	1,584	2,636	/	1,052
	E	1,312	1,312	2,988	0,964	2,636	1,584	/	-1,052
	F	1,312	/	0,964	/	0,607	/	/	-0,607
9	A	/	1,412	/	3,216	/	2,728	1,273	1,455
	B	1,412	1,412	3,216	1,038	2,955	1,496	-0,680	-0,778
	C	1,412	1,412	1,038	1,038	1,038	1,038	/	/
	D	1,412	1,412	1,038	3,216	1,496	2,955	0,680	0,778
	E	1,412	1,412	3,216	1,038	2,955	1,496	-0,680	-0,778
	F	1,412	/	1,038	/	0,790	/	-0,368	-0,421
8	A	/	1,412	/	3,216	/	2,755	1,377	1,377
	B	1,412	1,412	3,216	1,038	2,966	1,476	-0,744	-0,744
	C	1,412	1,412	1,038	1,038	1,038	1,038	/	/
	D	1,412	1,412	1,038	3,216	1,476	2,966	0,744	0,744
	E	1,412	1,412	3,216	1,038	2,966	1,476	-0,744	-0,744
	F	1,412	/	1,038	/	0,802	/	-0,401	-0,401
7	A	/	1,412	/	3,216	/	2,755	1,377	1,377
	B	1,412	1,412	3,216	1,038	2,966	1,476	-0,744	-0,744
	C	1,412	1,412	1,038	1,038	1,038	1,038	/	/
	D	1,412	1,412	1,038	3,216	1,476	2,966	0,744	0,744
	E	1,412	1,412	3,216	1,038	2,966	1,476	-0,744	-0,744
	F	1,412	/	1,038	/	0,802	/	-0,401	-0,401
6	A	/	1,412	/	3,100	/	2,792	0,908	1,883
	B	1,412	1,412	3,100	0,956	2,919	1,283	-0,532	-1,103
	C	1,412	1,412	0,956	0,956	0,956	0,956	/	/
	D	1,412	1,412	0,956	3,100	1,283	2,919	0,532	1,103
	E	1,412	1,412	3,100	0,956	2,919	1,283	-0,532	-1,103
	F	1,412	/	0,956	/	0,956	/	-0,259	-0,538

N	Noeud	q_w	q_e	M'_w	M'_e	M_w	M_e	M_n	M_s
5	A	/	1,412	/	3,100	/	2,865	1,432	1,432
	B	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	C	1,412	1,412	0,956	0,956	0,956	0,956	/	/
	D	1,412	1,412	0,956	3,100	1,214	2,957	0,871	0,871
	E	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	F	1,412	/	0,956	/	0,833	/	-0,416	-0,416
4	A	/	1,412	/	3,100	/	2,865	1,432	1,432
	B	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	C	1,412	1,412	0,956	0,956	0,956	0,956	/	/
	D	1,412	1,412	0,956	3,100	1,214	2,957	0,871	0,871
	E	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	F	1,412	/	0,956	/	0,833	/	-0,416	-0,416
3	A	/	1,412	/	3,100	/	2,865	1,432	1,432
	B	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	C	1,412	1,412	0,956	0,956	0,956	0,956	/	/
	D	1,412	1,412	0,956	3,100	1,214	2,957	0,871	0,871
	E	1,412	1,412	3,100	0,956	2,957	1,214	-0,871	-0,871
	F	1,412	/	0,956	/	0,833	/	-0,416	-0,416
2	A	/	1,412	/	2,986	/	2,821	0,988	1,832
	B	1,412	1,412	2,986	0,894	2,881	1,086	-0,628	-1,166
	C	1,412	1,412	0,894	0,894	0,894	0,894	/	/
	D	1,412	1,412	0,894	2,986	1,086	2,881	0,628	1,166
	E	1,412	1,412	2,986	0,894	2,881	1,086	-0,628	-1,166
	F	1,412	/	0,894	/	0,807	/	-0,282	-0,524
1	A	/	1,772	/	3,747	/	3,532	2,390	1,141
	B	1,772	1,772	3,747	1,122	3,611	1,371	-1,515	-0,723
	C	1,772	1,772	1,122	1,122	1,122	1,122	/	/
	D	1,772	1,772	1,122	3,747	1,371	3,611	1,515	0,723
	E	1,772	1,772	3,747	1,122	3,611	1,371	-1,515	-0,723
	F	1,772	/	1,122	/	1,009	/	-0,683	-0,326

* MOMENT SOUS . P

N	Noeud	$q_w(t/m)$	$q_e(t/m)$	$M'_w(t.m)$	$M'_e(t.m)$	$M_w(t.m)$	$M_e(t.m)$	$M_u(t.m)$	$M_s(t.m)$
10	A	/	0,033	/	0,075	/	0,055	/	0,059
	B	0,033	0,033	0,075	0,024	0,066	0,039	/	-0,026
	C	0,033	0,033	0,024	0,024	0,024	0,024	/	/
	D	0,033	0,033	0,024	0,075	0,039	0,066	/	0,026
	E	0,033	0,033	0,075	0,024	0,066	0,039	/	-0,026
	F	0,033	/	0,024	/	0,015	/	/	-0,015
9	A	/	0,057	/	0,129	/	0,110	0,051	0,058
	B	0,057	0,057	0,129	0,041	0,119	0,060	-0,027	-0,031
	C	0,057	0,057	0,041	0,041	0,041	0,041	/	/
	D	0,057	0,057	0,041	0,129	0,060	0,119	0,027	0,031
	E	0,057	0,057	0,129	0,041	0,119	0,060	-0,027	-0,031
	F	0,057	/	0,041	/	0,031	/	-0,014	-0,017
8	A	/	0,051	/	0,116	/	0,099	0,049	0,049
	B	0,051	0,051	0,116	0,037	0,107	0,053	-0,026	-0,026
	C	0,051	0,051	0,037	0,037	0,037	0,037	/	/
	D	0,051	0,051	0,037	0,116	0,053	0,107	0,026	0,026
	E	0,051	0,051	0,116	0,037	0,107	0,053	-0,026	-0,026
	F	0,051	/	0,037	/	0,028	/	-0,014	-0,014
7	A	/	0,046	/	0,104	/	0,089	0,044	0,044
	B	0,046	0,046	0,104	0,033	0,096	0,048	-0,024	-0,024
	C	0,046	0,046	0,033	0,033	0,033	0,033	/	/
	D	0,046	0,046	0,033	0,104	0,048	0,096	0,024	0,024
	E	0,046	0,046	0,104	0,033	0,096	0,048	-0,024	-0,024
	F	0,046	/	0,033	/	0,026	/	-0,013	-0,013
6	A	/	0,040	/	0,087	/	0,079	0,025	0,053
	B	0,040	0,040	0,087	0,027	0,082	0,036	-0,015	-0,031
	C	0,040	0,040	0,027	0,027	0,027	0,027	/	/
	D	0,040	0,040	0,027	0,087	0,036	0,082	0,015	0,031
	E	0,040	0,040	0,087	0,027	0,082	0,036	-0,015	-0,031
	F	0,040	/	/	/	/	/	-0,007	-0,015

N	Noend	q_w	q_e	M'_w	M'_e	M_w	M_e	M_n	M_s
5	A	/	0,034	/	0,074	/	0,069	0,034	0,034
	B	0,034	0,034	0,074	0,023	0,071	0,029	-0,020	-0,020
	C	0,034	0,034	0,023	0,023	0,023	0,023	/	/
	D	0,034	0,034	0,023	0,074	0,029	0,071	0,020	0,020
	E	0,034	0,034	0,074	0,023	0,071	0,029	-0,020	-0,020
	F	0,034	/	0,023	/	0,020	/	-0,010	-0,010
4	A	/	0,028	/	0,061	/	0,056	0,028	0,028
	B	0,028	0,028	0,061	0,018	0,058	0,024	-0,017	-0,017
	C	0,028	0,028	0,018	0,018	0,018	0,018	/	/
	D	0,028	0,028	0,018	0,061	0,024	0,058	0,017	0,017
	E	0,028	0,028	0,061	0,018	0,058	0,024	-0,017	-0,017
	F	0,028	/	0,018	/	0,016	/	-0,008	-0,008
3	A	/	0,028	/	0,061	/	0,056	0,028	0,028
	B	0,028	0,028	0,061	0,018	0,058	0,024	-0,017	-0,017
	C	0,028	0,028	0,018	0,018	0,018	0,018	/	/
	D	0,028	0,028	0,018	0,061	0,024	0,058	0,017	0,017
	E	0,028	0,028	0,061	0,018	0,058	0,024	-0,017	-0,017
	F	0,028	/	0,018	/	0,016	/	-0,008	-0,008
2	A	/	0,028	/	0,059	/	0,055	0,019	0,036
	B	0,028	0,028	0,059	0,017	0,057	0,021	-0,012	-0,023
	C	0,028	0,028	0,017	0,017	0,017	0,017	/	/
	D	0,028	0,028	0,017	0,059	0,021	0,057	0,012	0,023
	E	0,028	0,028	0,059	0,017	0,057	0,021	-0,012	-0,023
	F	0,028	/	0,017	/	0,016	/	-0,005	-0,010
1	A	/	0,014	/	0,029	/	0,027	0,018	0,009
	B	0,014	0,014	0,029	0,008	0,028	0,010	-0,011	-0,005
	C	0,014	0,014	0,008	0,008	0,008	0,008	/	/
	D	0,014	0,014	0,008	0,029	0,010	0,028	0,011	0,005
	E	0,014	0,014	0,029	0,008	0,028	0,010	-0,011	-0,005
	F	0,014	/	0,008	/	0,007	/	-0,005	-0,002

PORTIQUE 4-4

Momentsous G

N	Noeud	$q_w^{(t/m)}$	$q_e^{(t/m)}$	$M'_w^{(t.m)}$	$M'_e^{(t.m)}$	$M_w^{(t.m)}$	$M_e^{(t.m)}$	$M_n^{(t.m)}$	$M_s^{(t.m)}$
10	1	/	3,680	/	8,381	/	5,369	/	5,369
	2	3,680	3,680	8,381	8,381	8,381	8,381	/	/
	3	3,680	/	8,381	/	5,369	/	/	-5,369
9	1	/	3,146	/	7,165	/	5,523	2,584	2,927
	2	3,146	3,146	7,165	7,165	7,165	7,165	/	/
	3	3,146	/	7,165	/	5,523	/	-2,584	-2,927
8	1	/	3,146	/	7,165	/	5,596	2,798	2,798
	2	3,146	3,146	7,165	7,165	7,165	7,165	/	/
	3	3,146	/	7,165	/	5,596	/	-2,798	-2,798
7	1	/	3,146	/	7,165	/	5,596	2,798	2,798
	2	3,146	3,146	7,165	7,165	7,165	7,165	/	/
	3	3,146	/	7,165	/	5,596	/	-2,798	-2,798
6	1	/	3,146	/	6,907	/	5,823	1,894	3,928
	2	3,146	3,146	6,907	6,907	6,907	6,907	/	/
	3	3,146	/	6,907	/	5,823	/	-1,894	-3,928
5	1	/	3,146	/	6,907	/	6,070	3,035	3,035
	2	3,146	3,146	6,907	6,907	6,907	6,907	/	/
	3	3,146	/	6,907	/	6,070	/	-3,035	-3,035
4	1	/	3,146	/	6,907	/	6,070	3,035	3,035
	2	3,146	3,146	6,907	6,907	6,907	6,907	/	/
	3	3,146	/	6,907	/	6,070	/	-3,035	-3,035
3	1	/	3,146	/	6,907	/	6,070	3,035	3,035
	2	3,146	3,146	6,907	6,907	6,907	6,907	/	/
	3	3,146	/	6,907	/	6,070	/	-3,035	-3,035
2	1	/	3,146	/	6,653	/	6,056	2,123	3,933
	2	3,146	3,146	6,653	6,653	6,653	6,653	/	/
	3	3,146	/	6,653	/	6,056	/	-2,123	-3,933
1	1	/	3,146	/	6,653	/	6,031	4,097	1,934
	2	3,146	3,146	6,653	6,653	6,653	6,653	/	/
	3	3,146	/	6,653	/	6,031	/	-4,097	-1,934

Moment sous P

N	Noeud	q_w (t/m)	q_e (t/m)	M_w (tm)	M_e (tm)	M_w (tm)	M_e (tm)	M_n (tm)	M_s (tm)
10	1	/	0,480	/	1,093	/	0,700	/	0,700
	2	0,480	0,480	1,093	1,093	1,093	1,093	/	/
	3	0,480	/	1,093	/	0,700	/	/	-0,700
9	1	/	0,840	/	1,913	/	1,474	0,690	0,781
	2	0,840	0,840	1,913	1,913	1,913	1,913	/	/
	3	0,840	/	1,913	/	1,474	/	-0,690	-0,781
8	1	/	0,757	/	1,724	/	1,346	0,673	0,673
	2	0,757	0,757	1,724	1,724	1,724	1,724	/	/
	3	0,757	/	1,724	/	1,346	/	-0,673	-0,673
7	1	/	0,682	/	1,553	/	1,213	0,606	0,606
	2	0,682	0,682	1,553	1,553	1,553	1,553	/	/
	3	0,682	/	1,553	/	1,213	/	-0,606	-0,606
6	1	/	0,589	/	1,293	/	1,090	0,354	0,735
	2	0,589	0,589	1,293	1,293	1,293	1,293	/	/
	3	0,589	/	1,293	/	1,090	/	-0,354	-0,735
5	1	/	0,504	/	1,106	/	0,972	0,486	0,486
	2	0,504	0,504	1,106	1,106	1,106	1,106	/	/
	3	0,504	/	1,106	/	0,972	/	-0,486	-0,486
4	1	/	0,421	/	0,924	/	0,812	0,406	0,406
	2	0,421	0,421	0,924	0,924	0,924	0,924	/	/
	3	0,421	/	0,924	/	0,812	/	-0,406	-0,406
3	1	/	0,421	/	0,924	/	0,812	0,406	0,406
	2	0,421	0,421	0,924	0,924	0,924	0,924	/	/
	3	0,421	/	0,924	/	0,812	/	-0,406	-0,406
2	1	/	0,421	/	0,890	/	0,810	0,284	0,526
	2	0,421	0,421	0,890	0,890	0,890	0,890	/	/
	3	0,421	/	0,890	/	0,810	/	-0,284	-0,526
1	1	/	0,200	/	0,423	/	0,383	0,260	0,122
	2	0,200	0,200	0,423	0,423	0,423	0,423	/	/
	3	0,200	/	0,423	/	0,383	/	-0,260	-0,122

Moments et efforts tranchants dans les poutres.

A/ Sens longitudinal.

* Portique "F-F".

Niv.	Poutres	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		ℓ (m)	q (t/m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	ℓ (m)	q (t/m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _w (t)	T _e (t)
10 ^e	AB	5,5	1,312	-2,190	-2,636	3,527	-3,689	5,5	0,033	-0,055	-0,066	0,089	-0,093
	BC	3,1	1,312	-1,584	-0,964	2,234	-1,834	3,1	0,033	-0,039	-0,024	0,056	-0,046
	CD	3,1	1,312	-0,964	-1,584	1,834	-2,234	3,1	0,033	-0,024	-0,039	0,049	-0,056
	DE	5,5	1,312	-2,636	-2,636	3,608	-3,608	5,5	0,033	-0,066	-0,066	0,091	-0,091
	EF	3,1	1,312	-1,584	-0,607	2,349	-1,718	3,1	0,033	-0,039	-0,015	0,059	-0,043
9 ^e	AB	5,5	1,412	-2,728	-2,955	3,842	-3,924	5,5	0,057	-0,110	-0,119	0,148	-0,166
	BC	3,1	1,412	-1,496	-1,038	2,336	-2,041	3,1	0,057	-0,060	-0,041	0,094	-0,082
	CD	3,1	1,412	-1,038	-1,496	2,041	-2,336	3,1	0,057	-0,041	-0,060	0,082	-0,094
	DE	5,5	1,412	-2,955	-2,955	3,883	-3,883	5,5	0,057	-0,119	-0,119	0,157	-0,157
	EF	3,1	1,412	-1,496	-0,790	2,416	-1,961	3,1	0,057	-0,060	-0,031	0,098	-0,079
8 ^e	AB	5,5	1,412	-2,755	-2,966	3,845	-3,981	5,5	0,051	-0,099	-0,107	0,139	-0,142
	BC	3,1	1,412	-1,476	-1,038	2,047	-2,330	3,1	0,051	-0,053	-0,037	0,084	-0,074
	CD	3,1	1,412	-1,038	-1,476	2,330	-2,047	3,1	0,051	-0,037	-0,053	0,074	-0,084
	DE	5,5	1,412	-2,966	-2,966	3,883	-3,883	5,5	0,051	-0,107	-0,107	0,140	-0,140
	EF	3,1	1,412	-1,476	-0,802	2,406	-1,971	3,1	0,051	-0,053	-0,028	0,087	-0,071
7 ^e	AB	5,5	1,412	-2,755	-2,966	3,845	-3,921	5,5	0,046	-0,089	-0,096	0,125	-0,128
	BC	3,1	1,412	-1,476	-1,038	2,047	-2,330	3,1	0,046	-0,048	-0,033	0,076	-0,066
	CD	3,1	1,412	-1,038	-1,476	2,330	-2,047	3,1	0,046	-0,033	-0,048	0,066	-0,076
	DE	5,5	1,412	-2,966	-2,966	3,883	-3,883	5,5	0,046	-0,096	-0,096	0,127	-0,127
	EF	3,1	1,412	-1,476	-0,802	2,406	-1,971	3,1	0,046	-0,048	-0,026	0,078	-0,064

Niv.	Poutres	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		g (t/m)	ℓ (m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	ℓ (m)	g (t/m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _w (t)	T _e (t)
6 ^e	AB	1,412	5,4	-2,792	-2,919	3,789	-3,835	5,4	0,040	-0,079	-0,082	0,107	-0,109
	BC	1,412	3,0	-1,283	-0,956	2,227	-2,009	3,0	0,040	-0,036	-0,027	0,063	-0,057
	CD	1,412	3,0	-0,956	-1,283	2,009	-2,227	3,0	0,040	-0,027	-0,036	0,057	-0,063
	DE	1,412	5,4	-2,919	-2,919	3,812	-3,812	5,4	0,040	-0,082	-0,082	0,108	-0,108
	EF	1,412	3,0	-1,283	-0,956	2,227	-2,009	3,0	0,040	-0,036	-0,022	0,065	-0,055
5 ^e	AB	1,412	5,4	-2,865	-2,957	3,795	-3,829	5,4	0,034	-0,069	-0,071	0,092	-0,092
	BC	1,412	3,0	-1,214	-0,956	2,204	-2,032	3,0	0,034	-0,029	-0,023	0,053	-0,049
	CD	1,412	3,0	-0,956	-1,214	2,032	-2,204	3,0	0,034	-0,023	-0,029	0,049	-0,053
	DE	1,412	5,4	-2,957	-2,957	3,812	-3,812	5,4	0,034	-0,071	-0,071	0,092	-0,092
	EF	1,412	3,0	-1,214	-0,833	2,245	-1,991	3,0	0,034	-0,029	-0,020	0,054	-0,048
4 ^e	AB	1,412	5,4	-2,865	-1,957	3,795	-3,829	5,4	0,028	-0,056	-0,058	0,076	-0,076
	BC	1,412	3,0	-1,214	-0,956	2,204	-2,032	3,0	0,028	-0,024	-0,018	0,044	-0,040
	CD	1,412	3,0	-0,956	-1,214	2,032	-2,204	3,0	0,028	-0,018	-0,024	0,040	-0,044
	DE	1,412	5,4	-2,957	-2,957	3,812	-3,812	5,4	0,028	-0,058	-0,058	0,076	-0,076
	EF	1,412	3,0	-1,214	-0,833	2,245	-1,991	3,0	0,028	-0,024	-0,016	0,045	-0,039
3 ^e	AB	1,412	5,4	-2,865	-2,957	3,795	-3,829	5,4	0,028	-0,056	-0,058	0,076	-0,076
	BC	1,412	3,0	-1,214	-0,956	2,204	-2,032	3,0	0,028	-0,024	-0,018	0,044	-0,040
	CD	1,412	3,0	-0,956	-1,214	2,032	-2,204	3,0	0,028	-0,018	-0,024	0,040	-0,044
	DE	1,412	5,4	-2,957	-2,957	3,812	-3,812	5,4	0,028	-0,058	-0,058	0,076	-0,076
	EF	1,412	3,0	-1,214	-0,833	2,245	-1,991	3,0	0,028	-0,024	-0,016	0,045	-0,039

Niv.	Poutres	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)	l (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
2 ^e	AB	5,3	1,412	-2,821	-2,881	3,730	-3,753	5,3	0,028	-0,055	-0,057	0,074	-0,074
	BC	2,9	1,412	-1,086	-0,894	2,114	-1,981	2,9	0,028	-0,021	-0,017	0,042	-0,039
	CD	2,9	1,412	-0,894	-1,086	1,981	-2,114	2,9	0,028	-0,017	-0,021	0,039	-0,042
	DE	5,3	1,412	-2,881	-2,881	3,742	-3,742	5,3	0,028	-0,057	-0,057	0,074	-0,074
	EF	2,9	1,412	-1,086	-0,807	2,047	-1,951	2,9	0,028	-0,021	-0,016	0,042	-0,039
1 ^{er}	AB	5,3	1,772	-3,532	-3,611	4,681	-4,711	5,3	0,014	-0,027	-0,028	0,037	-0,037
	BC	2,9	1,772	-1,371	-1,122	2,655	-2,484	2,9	0,014	-0,010	-0,008	0,021	-0,020
	CD	2,9	1,772	-1,122	-1,371	2,484	-2,655	2,9	0,014	-0,008	-0,010	0,020	-0,021
	DE	5,3	1,772	-3,611	-3,611	4,696	-4,696	5,3	0,014	-0,028	-0,028	0,037	-0,037
	EF	2,9	1,772	-1,371	-1,009	2,694	-2,445	2,9	0,014	-0,010	-0,007	0,021	-0,020

* Portique "4-4".

Niv.	Poutres	Sous charge permanente G						Sous surcharge P					
		ℓ (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)	ℓ (m)	q (t/m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Tw (t)	Te (t)
10 ^e	1-2	5,5	3,680	5,369	8,381	9,572	-10,668	5,5	0,480	0,700	1,093	1,249	-1,391
	2-3	5,5	3,680	8,381	5,369	10,668	-9,572	5,5	0,480	1,093	0,700	1,391	-1,249
9 ^e	1-2	5,5	3,146	5,523	7,165	8,353	-8,950	5,5	0,840	1,474	1,913	2,230	-2,390
	2-3	5,5	3,146	7,165	5,523	8,950	-8,353	5,5	0,840	1,913	1,474	2,390	-2,230
8 ^e	1-2	5,5	3,146	5,596	7,165	8,366	-8,937	5,5	0,757	1,346	1,724	2,013	-2,150
	2-3	5,5	3,146	7,165	5,596	8,937	-8,366	5,5	0,757	1,724	1,346	2,150	-2,013
7 ^e	1-2	5,5	3,146	5,596	7,165	8,366	-8,937	5,5	0,682	1,213	1,553	1,814	-1,937
	2-3	5,5	3,146	7,165	5,596	8,937	-8,366	5,5	0,682	1,553	1,213	1,937	-1,814
6 ^e	1-2	5,4	3,146	5,823	6,907	8,239	-8,695	5,4	0,589	1,090	1,293	1,553	-1,628
	2-3	5,4	3,146	6,907	5,823	8,695	-8,239	5,4	0,589	1,293	1,090	1,628	-1,553
5 ^e	1-2	5,4	3,146	6,070	6,907	8,339	-8,649	5,4	0,504	0,972	1,106	1,336	-1,386
	2-3	5,4	3,146	6,907	6,070	8,649	-8,339	5,4	0,504	1,106	0,972	1,386	-1,336
4 ^e	1-2	5,4	3,146	6,070	6,907	8,339	-8,649	5,4	0,421	0,812	0,924	1,116	-1,157
	2-3	5,4	3,146	6,907	6,070	8,649	-8,339	5,4	0,421	0,924	0,812	1,157	-1,116
3 ^e	1-2	5,4	3,146	6,070	6,907	8,339	-8,649	5,4	0,421	0,812	0,924	1,116	-1,157
	2-3	5,4	3,146	6,907	6,070	8,649	-8,339	5,4	0,421	0,924	0,812	1,157	-1,116
2 ^e	1-2	5,3	3,146	6,056	6,653	8,224	-8,450	5,3	0,421	0,810	0,890	1,101	-1,131
	2-3	5,3	3,146	6,653	6,056	8,450	-8,224	5,3	0,421	0,890	0,810	1,131	-1,101
1 ^{er}	1-2	5,3	3,146	6,031	6,653	8,220	-8,454	5,3	0,200	0,383	0,423	0,522	-0,538
	2-3	5,3	3,146	6,653	6,031	8,454	-8,220	5,3	0,200	0,423	0,383	0,538	-0,522

Moments en travées dans les poutres

A/ Portiques longitudinaux.

* Portique "F-F".

Niv.	Poutres	M _w (t.m) "sous G"	M _e (t.m) "sous G"	M _{ot} (t.m)			M _t (t.m)		
				G + 1,2.P	G + P	0,8.G	G + 1,2.P	G + P	0,8.G
10 ^e	AB	2,190	2,636	5,117	5,086	3,969	2,698	2,673	2,039
	BC	1,584	0,964	1,624	1,616	1,261	0,350	0,342	0,242
	CD	0,964	1,584	1,624	1,616	1,261	0,350	0,342	0,242
	DE	2,636	2,636	5,111	5,086	3,969	2,475	2,450	1,860
	EF	1,584	0,607	1,624	1,616	1,261	0,529	0,521	0,385
9 ^e	AB	2,728	2,955	5,598	5,555	4,271	2,757	2,714	2,448
	BC	1,496	1,038	1,778	1,765	1,357	0,511	0,498	0,343
	CD	1,038	1,496	1,778	1,765	1,357	0,511	0,498	0,343
	DE	2,955	2,955	5,598	5,555	4,271	2,643	2,600	2,357
	EF	1,496	0,790	1,778	1,765	1,357	0,635	0,622	0,443
8 ^e	AB	2,755	2,966	5,71	5,532	4,271	2,711	2,672	1,983
	BC	1,476	1,038	1,770	1,757	1,357	0,513	0,500	0,351
	CD	1,038	1,476	1,770	1,757	1,357	0,513	0,500	0,351
	DE	2,966	2,966	5,571	5,532	4,271	2,605	2,566	1,898
	EF	1,476	0,802	1,770	1,757	1,357	0,631	0,618	0,446
7 ^e	AB	2,755	2,966	5,548	5,513	4,271	2,688	2,653	1,983
	BC	1,476	1,038	1,762	1,751	1,357	0,505	0,494	0,351
	CD	1,038	1,476	1,762	1,751	1,357	0,505	0,494	0,351
	DE	2,966	2,966	5,548	5,513	4,271	2,582	2,547	1,898
	EF	1,476	0,802	1,762	1,751	1,357	0,623	0,612	0,446

Niv.	Poutres	M _w (t.m) "Sous G"	M _e (t.m) "Sous G"	Mot (t.m)			M _t (t.m)		
				G + 1,2.P	G + P	0,8.G	G + 1,2.P	G + P	0,8.G
6 ^e	AB	2,792	2,919	5,322	5,293	4,117	2,467	2,438	1,833
	BC	1,283	0,956	1,643	1,634	1,271	0,524	0,515	0,375
	CD	0,956	1,283	1,643	1,634	1,271	0,524	0,515	0,375
	DE	2,919	2,919	5,322	5,293	4,117	2,403	2,374	1,782
	EF	1,283	0,956	1,643	1,634	1,271	0,524	0,515	0,375
5 ^e	AB	2,865	2,957	5,295	5,271	4,117	2,384	2,360	1,788
	BC	1,214	0,956	1,634	1,627	1,271	0,549	0,542	0,403
	CD	0,956	1,214	1,634	1,627	1,271	0,549	0,542	0,403
	DE	2,957	2,957	5,295	5,271	4,117	2,338	2,314	1,751
	EF	1,214	0,833	1,634	1,627	1,271	0,611	0,604	0,452
4 ^e	AB	2,865	2,957	5,269	5,249	4,117	2,358	2,338	1,788
	BC	1,214	0,956	1,626	1,620	1,271	0,541	0,535	0,403
	CD	0,956	1,214	1,626	1,620	1,271	0,541	0,535	0,403
	DE	2,957	2,957	5,269	5,249	4,117	2,312	2,292	1,751
	EF	1,214	0,833	1,626	1,620	1,271	0,603	0,597	0,452
3 ^e	AB	2,865	2,957	5,269	5,249	4,117	2,358	2,338	1,788
	BC	1,214	0,956	1,626	1,620	1,271	0,541	0,535	0,403
	CD	0,956	2,214	1,626	1,620	1,271	0,541	0,535	0,403
	DE	2,957	2,957	5,269	5,249	4,117	2,312	2,292	1,751
	EF	1,214	0,833	1,626	1,620	1,271	0,603	0,597	0,452

Niv.	Poutres	M_w (t.m) sous G°	M_e (t.m) sous G°	Mot (t.m)			Mt (t.m)		
				G + 1,2.P	G + P	0,8.G	G + 1,2.P	G + P	0,8.G
2 ^e	AB	2,821	2,881	5,076	5,056	3,966	2,225	2,205	1,685
	BC	1,086	0,894	1,520	1,514	1,187	0,530	0,524	0,395
	CD	0,894	1,086	1,520	1,514	1,187	0,530	0,524	0,395
	DE	2,881	2,881	5,076	5,056	3,966	2,195	2,175	1,661
	EF	1,086	0,807	1,520	1,514	1,187	0,574	0,568	0,430
1 ^{er}	AB	3,532	3,611	6,281	6,271	4,978	2,710	2,700	2,121
	BC	1,371	1,122	1,880	1,878	1,490	0,634	0,632	0,493
	CD	1,122	1,371	1,880	1,878	1,490	0,634	0,632	0,493
	DE	3,611	3,611	6,281	6,271	4,978	2,670	2,660	2,089
	EF	1,371	1,009	1,880	1,878	1,490	0,690	0,688	0,538

B/ Sens transversal
* Poritique "4-4".

Niv.	Poutres	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _o (t.m)			M _t (t.m)		
				G+1,2.P	G+P	0,8.G	G+1,2.P	G+P	0,8.G
10 ^e	1-2	5,369	8,381	16,093	15,730	11,132	9,218	8,855	5,632
	2-3	8,381	5,369	16,093	15,730	11,132	9,218	8,855	5,632
9 ^e	1-2	5,523	7,165	15,707	15,072	9,517	9,363	8,728	4,442
	2-3	7,165	5,523	15,707	15,072	9,517	9,363	8,728	4,442
8 ^e	1-2	5,596	7,165	15,331	14,758	9,517	8,951	8,378	4,413
	2-3	7,165	5,596	15,331	14,758	9,517	8,951	8,378	4,413
7 ^e	1-2	5,596	7,165	14,990	14,475	9,517	8,610	8,095	4,413
	2-3	7,165	5,596	14,990	14,475	9,517	8,610	8,095	4,413
6 ^e	1-2	5,823	6,907	14,043	13,614	9,174	7,678	7,249	4,082
	2-3	6,907	5,823	14,043	13,614	9,174	7,678	7,249	4,082
5 ^e	1-2	6,070	6,907	13,672	13,304	9,174	7,184	6,816	3,983
	2-3	6,907	6,070	13,672	13,304	9,174	7,184	6,816	3,983
4 ^e	1-2	6,070	6,907	13,309	13,002	9,174	6,821	6,514	3,983
	2-3	6,907	6,070	13,309	13,002	9,174	6,821	6,514	3,983
3 ^e	1-2	6,070	6,907	13,309	13,002	9,174	6,821	6,514	3,983
	2-3	6,907	6,070	13,309	13,002	9,174	6,821	6,514	3,983
2 ^e	1-2	6,056	6,653	12,820	12,525	8,837	6,466	6,171	3,753
	2-3	6,653	6,056	12,820	12,525	8,837	6,466	6,171	3,753
1 ^{er}	1-2	6,031	6,653	11,889	11,749	8,837	5,547	5,407	3,763
	2-3	6,653	6,031	11,889	11,749	8,837	5,547	5,407	3,763

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

PORTIQUES F-F

SOUS G

SOUS P

Niveau	Poteaux	SOUS G				SOUS P			
		$T_w(t)$	$T_e(t)$	$N(t)$	$N_e(t)$	$T_w(t)$	$T_e(t)$	$N(t)$	$N_e(t)$
10 ^e	A	/	3,689	3,689	3,689	/	0,093	0,093	0,093
	B	3,527	1,834	5,361	5,361	0,089	0,046	0,135	0,135
	C	2,234	2,234	4,468	4,468	0,056	0,056	0,112	0,112
	D	1,834	3,608	5,448	5,442	0,049	0,091	0,140	0,140
	E	3,608	1,718	4,786	4,786	0,091	0,043	0,134	0,134
	F	2,349	/	2,349	2,349	0,059	/	0,059	0,059
9 ^e	A	/	3,924	3,924	7,613	/	0,166	0,166	0,259
	B	3,842	2,041	5,883	11,244	0,148	0,082	0,230	0,365
	C	2,336	2,336	4,672	9,140	0,094	0,094	0,188	0,300
	D	2,041	3,883	5,954	11,396	0,082	0,157	0,239	0,379
	E	3,883	1,961	5,844	10,630	0,157	0,079	0,236	0,370
	F	2,416	/	2,416	4,765	0,098	/	0,098	0,157
8 ^e	A	/	3,921	3,921	11,534	/	0,142	0,142	0,401
	B	3,845	2,330	6,175	17,419	0,139	0,074	0,213	0,578
	C	2,047	2,047	4,094	13,234	0,084	0,084	0,168	0,468
	D	2,330	3,883	6,213	17,396	0,074	0,140	0,214	0,593
	E	3,883	1,971	5,854	16,484	0,140	0,071	0,214	0,584
	F	2,406	/	2,406	7,171	0,087	/	0,087	0,244
7 ^e	A	/	3,921	3,921	15,455	/	0,128	0,128	0,529
	B	3,845	2,330	6,175	23,594	0,125	0,066	0,191	0,769
	C	2,047	2,047	4,094	17,328	0,076	0,076	0,152	0,620
	D	2,330	3,883	6,213	23,609	0,066	0,127	0,194	0,786
	E	3,883	1,971	5,854	22,336	0,127	0,064	0,191	0,775
	F	2,406	/	2,406	9,577	0,078	/	0,078	0,322
6 ^e	A	/	3,835	3,835	19,290	/	0,109	0,109	0,638
	B	3,789	2,009	5,798	29,392	0,107	0,057	0,164	0,933
	C	2,227	2,227	4,454	21,782	0,063	0,063	0,126	0,746
	D	2,009	3,812	5,821	29,430	0,057	0,108	0,165	0,951
	E	3,812	2,009	5,821	28,187	0,108	0,085	0,163	0,944
	F	2,227	/	2,227	11,804	0,065	/	0,065	0,387

N	Poteaux	$T_w^{(t)}$	$T_e^{(t)}$	$N^{(t)}$	$N_c^{(t)}$
5 ^e	A	/	3,829	3,827	23,119
	B	3,795	2,032	5,827	35,219
	C	2,204	2,204	4,408	26,190
	D	2,032	3,812	5,844	35,274
	E	3,812	1,991	5,803	33,960
	F	2,245	/	2,245	14,049
4 ^e	A	/	3,829	3,829	26,949
	B	3,795	2,032	5,827	41,046
	C	2,204	2,204	4,408	30,598
	D	2,032	3,812	5,844	41,118
	E	3,812	1,991	5,803	39,763
	F	2,245	/	2,245	16,294
3 ^e	A	/	3,829	3,829	30,778
	B	3,795	2,032	5,827	46,873
	C	2,204	2,204	4,408	35,006
	D	2,032	3,812	5,844	46,962
	E	3,812	1,991	5,803	45,566
	F	2,245	/	2,245	18,539
2 ^e	A	/	3,753	3,753	34,531
	B	3,730	1,981	5,711	52,584
	C	2,114	2,114	4,228	39,834
	D	1,981	3,742	5,723	52,685
	E	3,742	1,951	5,693	51,255
	F	2,047	/	2,049	20,586
1 ^e	A	/	4,711	4,711	39,242
	B	4,681	2,484	7,165	59,749
	C	2,655	2,655	5,310	44,544
	D	2,489	4,691	7,175	59,860
	E	4,695	2,445	7,140	58,395
	F	2,694	/	2,694	23,270

$T_w^{(t)}$	$T_e^{(t)}$	$N^{(t)}$	$N_c^{(t)}$
/	0,092	0,092	0,730
0,092	0,049	0,141	1,092
0,055	0,053	0,106	0,852
0,049	0,092	0,141	1,092
0,092	0,048	0,140	1,089
0,054	/	0,054	0,441
/	0,076	0,092	0,822
0,076	0,040	0,125	1,198
0,044	0,044	0,088	0,940
0,040	0,076	0,116	1,208
0,076	0,039	0,115	1,204
0,045	/	0,045	0,486
/	0,076	0,076	0,898
0,076	0,040	0,116	1,314
0,044	0,044	0,088	1,028
0,040	0,076	0,116	1,334
0,076	0,039	0,115	1,319
0,045	/	0,045	0,531
/	0,074	0,074	0,972
0,074	0,039	0,118	1,427
0,042	0,042	0,084	1,172
0,039	0,074	0,113	1,437
0,074	0,039	0,113	1,432
0,042	/	0,042	0,573
/	0,037	0,037	1,009
0,037	0,020	0,057	1,484
0,021	0,021	0,042	1,214
0,020	0,037	0,057	1,494
0,037	0,020	0,057	1,489
0,021	/	0,021	0,594

PORTIQUE

4-4

SOUS G

SOUS P

N	Poteaux	$T_w(t)$	$T_e(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$
10	1	/	10.668	10.668	10.668
	2	9.572	9.572	19.144	19.144
	3	10.668	/	10.668	10.668
9	1	/	8.950	8.950	19.618
	2	8.353	8.353	16.706	35.850
	3	8.950	/	8.950	19.618
8	1	/	8.937	8.937	28.555
	2	8.366	8.366	16.732	52.582
	3	8.937	/	8.937	28.555
7	1	/	8.937	8.937	37.492
	2	8.366	8.366	16.732	69.314
	3	8.937	/	8.937	37.492
6	1	/	8.695	8.695	46.187
	2	8.239	8.239	16.478	85.792
	3	8.695	/	8.695	46.187
5	1	/	8.649	8.649	54.836
	2	8.339	8.339	16.678	102.470
	3	8.649	/	8.649	54.836
4	1	/	8.649	8.649	63.485
	2	8.339	8.339	16.678	119.148
	3	8.649	/	8.649	63.485
3	1	/	8.649	8.649	72.134
	2	8.339	8.339	16.678	135.826
	3	8.649	/	8.649	72.134
2	1	/	8.450	8.450	80.584
	2	8.224	8.224	16.448	152.274
	3	8.450	/	8.450	80.584
1	1	/	8.454	8.454	89.038
	2	8.220	8.220	16.440	168.714
	3	8.454	/	8.454	89.038

$T_w(t)$	$T_e(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$
/	13.91	1.391	1.391
1.249	1.249	2.498	2.498
1.391	/	1.391	1.391
/	2.390	2.390	3.781
2.230	2.230	4.460	6.958
2.390	/	2.390	3.781
/	2.150	2.150	5.931
2.013	2.013	4.026	10.984
2.150	/	2.150	5.931
/	1.937	1.937	7.868
1.814	1.814	3.628	14.612
1.937	/	1.937	7.868
/	1.628	1.628	9.496
1.553	1.553	3.106	17.718
1.628	/	1.628	9.496
/	1.386	1.386	10.882
1.336	1.336	2.672	20.390
1.386	/	1.386	10.882
/	1.157	1.157	12.039
1.116	1.116	2.232	22.622
1.157	/	1.157	12.039
/	1.157	1.157	13.196
1.116	1.116	2.232	24.854
1.157	/	1.157	13.196
/	1.131	1.131	14.327
1.101	1.101	2.202	27.056
1.131	/	1.131	14.327
/	0.538	0.538	14.865
0.522	0.522	1.044	28.100
0.538	/	0.538	14.865

CHAPITRE 7

SUPERPOSITION

DES

SOLLICITATIONS

Superposition des sollicitations

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

I Poutres :

* Sollicitations du 1^{er} genre : (conformément au CCBA 68)

$$G + 1,2P$$

* Sollicitations du 2^e genre : (d'après le RPA 81)

$$G + P \pm E$$

$$0,8G \pm E$$

II Poteaux

* Sollicitations du 1^{er} genre : (conformément au CCBA 68)

$$G + 1,2P$$

* Sollicitations du 2^e genre : (d'après le RPA 81)

$$G + P \pm 1,2E$$

$$0,8G \pm E$$

" $\pm E$ " veut dire que le Seisme peut agir dans un sens, comme dans l'autre.

1) Moments en travées dans les poutres :

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

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

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

2) Moments aux appuis dans les poutres :

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

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

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

avec $M_a = M_w$ ou M_e

3) Efforts tranchants dans les poutres :

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

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

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

Tous les détails de calcul sont donnés sous forme de tableaux

Niveaux	Poutres	Portique transversal 1 - 1					Portique transversal 4 - 4				
		G + 1,2P	G + P + E	G + P - E	0,8G + E	0,8G - E	G + 1,2P	G + P + E	G + P - E	0,8G + E	0,8G - E
10	1 - 2	7,405	7,669	6,687	5,326	4,344	9,218	9,345	8,365	6,122	5,142
	2 - 3	7,405	7,669	6,687	5,326	4,344	9,218	9,345	8,365	6,122	5,142
9	1 - 2	7,604	7,792	6,622	4,762	3,592	9,363	9,313	8,143	5,027	3,857
	2 - 3	7,604	7,792	6,622	4,762	3,592	9,363	9,313	8,143	5,027	3,875
8	1 - 2	7,334	8,177	5,775	5,351	2,949	8,951	9,580	7,176	5,615	3,211
	2 - 3	7,334	8,177	5,775	5,351	2,949	8,951	9,580	7,176	5,615	3,211
7	1 - 2	7,121	8,107	5,491	5,458	2,842	8,610	9,403	6,787	5,721	3,105
	2 - 3	7,121	8,107	5,491	5,458	2,842	8,610	9,403	6,787	5,721	3,105
6	1 - 2	6,422	7,519	4,789	5,215	2,485	7,618	8,614	5,884	5,447	2,717
	2 - 3	6,422	7,519	4,789	5,215	2,485	7,618	8,614	5,884	5,447	2,717
5	1 - 2	6,061	6,490	5,174	4,404	3,088	7,184	7,474	6,158	4,641	3,325
	2 - 3	6,061	6,490	5,175	4,404	3,088	7,184	7,474	6,158	4,641	3,325
4	1 - 2	5,834	7,404	3,880	5,508	1,984	6,821	8,276	4,752	5,745	2,221
	2 - 3	5,834	7,404	3,880	5,508	1,984	6,821	8,276	4,752	5,745	2,221
3	1 - 2	5,834	6,471	3,813	4,575	2,917	6,821	7,265	5,763	4,734	3,232
	2 - 3	5,834	6,471	3,813	4,575	2,917	6,821	7,265	5,763	4,734	3,232
2	1 - 2	5,521	6,892	3,780	5,086	1,974	6,466	7,731	4,611	5,313	2,193
	2 - 3	5,521	6,892	3,78	5,086	1,974	6,466	7,731	4,611	5,313	2,193
1	1 - 2	5,492	6,243	4,565	4,811	3,133	5,547	6,234	4,580	4,590	2,936
	2 - 3	5,492	6,243	4,565	4,811	3,133	5,547	6,234	4,580	4,590	2,936

Moments en travée dans les poutres:

Moments fléchissants dans les poutres

Portique longitudinal "F-F"

Niveaux	Travées	G + 1, 2.P			G + P + E			G + P - E			0,8. G + E			0,8. G - E		
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)
10 ^e	A-B	-2,256	2,698	-2,715	0,305	3,208	-4,182	-4,795	2,138	-1,222	0,798	2,574	-3,588	-4,302	1,509	-0,628
	B-C	-1,631	0,350	-0,993	0,842	0,457	-3,228	-4,088	0,227	1,247	1,198	0,357	-3,006	-3,732	0,127	1,463
	C-D	-0,993	0,350	-1,631	1,247	0,457	-4,088	-3,223	0,227	0,842	1,464	0,357	-3,732	-3,006	0,127	1,198
	D-E	-2,715	2,475	-2,715	1,222	2,450	-4,182	-4,182	2,450	-1,222	-0,629	1,860	-3,589	-3,589	1,860	-0,629
	E-F	-1,631	0,529	-0,625	0,842	0,889	-3,823	-4,088	0,153	2,579	1,198	0,753	-3,687	-3,732	0,017	2,715
9 ^e	A-B	-2,860	2,757	-3,098	2,860	3,253	-6,745	7,588	2,175	0,597	2,568	2,987	-6,035	-6,932	1,909	1,307
	B-C	-1,575	0,511	-1,087	4,554	0,720	-6,750	-7,678	0,276	4,592	4,919	0,565	-6,501	-7,313	0,121	4,841
	C-D	-1,087	0,511	-1,568	4,592	0,720	-7,672	-6,750	0,276	4,560	4,841	0,565	-7,313	-6,501	0,121	4,919
	D-E	-3,098	2,643	-3,098	0,597	2,600	-6,745	-6,745	2,600	0,597	1,307	2,357	-6,035	-6,035	2,357	1,307
	E-F	-1,568	0,635	-0,827	4,560	0,979	-7,652	-7,672	0,265	6,010	4,919	0,800	-7,463	-7,313	0,086	6,199
8 ^e	A-B	-2,874	2,711	-3,094	4,819	3,472	-9,146	-10,527	1,872	3,000	5,469	2,783	-8,446	-9,877	1,183	3,700
	B-C	-1,539	0,513	-1,082	8,590	0,949	-10,295	-11,648	0,051	8,145	8,938	0,800	-10,050	-11,299	-0,098	8,389
	C-D	-1,082	0,513	-1,540	8,145	0,949	-11,648	-10,295	0,051	8,590	8,389	0,800	-11,299	-10,050	-0,098	8,938
	D-E	-3,094	2,605	-3,094	3,000	2,566	-9,146	-9,146	2,566	3,000	3,700	1,898	-8,446	-8,446	1,898	3,700
	E-F	-1,539	0,631	-0,836	8,590	1,302	-12,318	-11,648	-0,066	10,658	8,938	1,130	-12,129	-11,299	-0,238	10,846

Niveaux	Travaux	G + 1, 2, P				G + P + E				G + P - E				0, 8, G + E				0, 8, G - E			
		Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)	Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)	Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)	Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)	Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)	Mw (f.m)	Mt (f.m)	Me (f.m)		
7 ^e	A-B	-2,862	2,688	-3,080	7,905	4,156	-10,804	-13,593	1,150	4,680	8,545	3,486	-10,115	-12,953	0,480	5,369					
	B-C	-1,539	0,505	-1,078	11,376	0,950	-13,058	-14,424	0,038	10,916	11,719	0,807	-12,817	-14,081	-0,105	11,156					
	C-D	-1,078	0,505	-1,534	10,916	0,950	14,424	-13,058	0,038	6,218	11,156	0,807	-8,923	-12,817	-0,105	6,561					
	D-E	-3,081	2,582	-3,081	4,680	2,547	-10,804	-10,804	2,547	4,680	5,369	1,898	-10,115	-10,115	1,898	5,369					
	E-F	-1,534	0,623	-0,896	11,376	1,454	-15,464	-14,424	-0,230	13,704	11,719	1,288	-15,226	-14,081	-0,396	13,942					
6 ^e	A-B	-2,887	2,467	-3,017	10,311	3,669	-13,725	-16,053	1,209	7,723	10,948	3,062	-13,059	-15,416	0,604	8,389					
	B-C	-1,326	0,524	-0,988	16,549	0,977	-19,926	-19,187	0,053	15,960	16,842	0,837	-17,708	-18,894	-0,087	16,178					
	C-D	-0,988	0,524	-1,326	15,960	0,977	-19,187	-17,926	0,053	16,549	16,178	0,837	-18,894	-17,708	-0,087	16,842					
	D-E	-3,017	2,403	-3,017	7,723	2,374	-13,725	-13,725	2,374	7,723	8,389	1,782	-13,059	-13,059	1,782	8,389					
	E-F	-1,326	0,524	-1,309	16,549	1,542	-21,228	-19,187	-0,512	18,618	16,842	1,402	-20,949	-18,894	-0,652	18,897					
5 ^e	A-B	-2,948	2,384	-1,042	11,763	3,606	-15,233	-17,631	1,114	9,177	12,405	3,034	-14,571	-16,989	0,542	9,839					
	B-C	-1,249	0,549	-0,984	19,091	0,862	-20,673	-21,577	0,222	18,715	19,363	0,723	-20,459	-21,305	0,083	18,929					
	C-D	-0,984	0,549	-1,249	18,715	0,862	-21,577	-20,673	0,222	19,091	18,929	0,723	-21,305	-20,459	0,083	19,363					
	D-E	-3,042	2,338	-3,042	9,177	2,314	-15,233	-15,233	2,317	9,177	9,839	1,751	-14,571	-14,571	1,751	9,839					
	E-F	-1,249	0,511	-0,857	19,091	1,051	-22,082	-21,577	0,157	20,376	19,363	0,899	-21,895	-21,305	0,005	20,563					

Niveau	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0,8G + E			0,8. G - E		
		Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)
4 ^e	A-B	-2,932	2,358	-3,026	-14,790	4,557	-16,287	-20,632	0,119	10,257	15,419	4,007	-15,637	-20,003	-0,431	10,906
	B-C	-1,243	0,541	-0,977	20,875	0,883	-22,390	-23,351	0,187	20,442	21,142	0,751	-22,181	-23,084	0,051	20,651
	C-D	-0,978	0,541	-1,243	20,442	0,883	-23,351	-22,390	0,187	20,875	20,651	0,751	-23,084	-22,181	0,051	21,142
	D-E	-3,026	2,312	-3,026	10,257	2,292	-16,287	-16,287	2,292	10,257	10,906	1,751	-15,638	-15,638	1,751	10,906
	E-F	-1,243	0,603	-0,852	20,875	2,332	-26,432	-23,351	-1,138	24,734	21,142	2,187	-26,249	-23,084	-1,283	24,913
3 ^e	A-B	-2,932	2,358	-3,027	14,309	3,127	-18,666	-20,151	1,549	12,636	14,938	2,577	-18,017	-19,522	0,999	13,285
	B-C	-1,243	0,541	-0,977	24,839	0,945	-26,230	-27,315	0,125	24,282	25,106	0,813	-26,021	-27,048	-0,007	24,491
	C-D	0,978	0,541	-1,243	24,282	0,945	-27,315	-26,230	0,125	24,839	24,491	0,813	-27,048	-26,021	-0,007	25,106
	D-E	-3,027	2,312	-3,027	12,636	2,292	-18,666	-18,666	2,292	12,636	13,285	1,751	-18,017	-18,017	1,751	13,285
	E-F	-1,243	0,603	-0,852	24,839	1,148	-28,029	-27,315	0,046	26,331	25,106	1,003	-27,846	-27,048	-0,099	26,514
2 ^e	A-B	-2,887	2,225	-2,949	11,572	6,461	-25,899	-17,324	-2,051	20,023	12,191	5,941	-25,266	-16,705	-2,571	20,656
	B-C	-1,111	0,530	-0,914	37,150	1,555	-37,105	-39,364	-0,507	35,283	37,388	1,426	-36,909	-39,126	-0,636	35,479
	C-D	-0,914	0,530	-1,111	35,284	1,555	-39,364	35,480	-0,507	37,150	35,480	1,426	-39,126	-36,910	-0,636	37,388
	D-E	-2,949	2,195	-2,949	20,023	2,175	-25,899	-25,899	2,175	20,023	20,656	1,661	-25,266	-25,266	1,661	20,656
	E-F	-1,111	0,574	-0,826	37,150	3,384	-44,713	-39,364	-2,248	43,067	37,388	3,246	-44,536	-39,126	-2,386	43,244

Niveau	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0,8.G + E			0,8.G - E		
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)
1 ^{er}	A-B	-3,564	2,710	-3,645	13,590	3,738	-22,865	-20,708	1,662	15,587	14,323	3,159	-22,115	-19,975	1,083	16,337
	B-C	-1,383	0,634	-1,132	30,651	2,227	-29,971	-33,413	-0,963	27,711	30,935	2,088	-29,739	-33,129	-1,102	27,943
	C-D	-1,132	0,634	-1,383	27,711	2,227	-33,413	-29,971	-0,963	30,651	27,943	2,088	-33,029	-29,739	-1,102	30,935
	D-E	-3,645	2,670	-3,645	15,587	2,660	-22,865	-22,865	2,660	15,587	16,337	2,089	-22,115	-22,115	2,089	16,337
	E-F	-1,383	0,690	-1,017	30,651	1,007	-32,410	-33,413	0,369	30,378	30,935	0,857	-32,201	-33,129	0,219	30,587

Portique longitudinal "G-G".

Niveau	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0,8.G + E			0,8.G - E		
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Me (t.m)
10 ^e	A-B	-1,559	1,958	-1,875	1,023	2,446	-3,334	-4,097	1,372	-0,364	1,417	2,064	-2,860	-3,703	0,990	0,109
	B-C	-1,126	0,291	-0,685	1,364	0,390	-2,921	-3,586	0,160	1,569	1,649	0,335	-2,748	-3,301	0,105	1,741
	C-D	-0,685	0,291	-1,126	1,570	0,390	-3,586	-2,922	0,160	1,364	1,743	0,335	-3,301	-2,749	0,105	1,648
	D-E	-1,875	1,813	-1,875	-0,364	1,764	-3,334	-3,334	1,764	-0,364	0,109	1,214	-2,860	-2,860	1,214	0,109
	E-F	-1,128	0,408	-0,432	1,363	0,761	-3,640	-3,587	0,023	2,788	1,649	0,682	-3,530	-3,301	-0,055	2,897

Niveaux	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0, 8. G + E			0, 8. G - E		
		Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)
9 ^e	A-B	-1,796	1,921	-1,944	3,017	2,377	-5,582	-6,521	1,293	1,788	3,543	2,010	5,012	-5,995	0,926	2,357
	B-C	-0,984	0,406	-0,682	5,181	0,602	-6,360	-7,101	0,156	5,028	5,469	0,526	-6,160	-6,813	0,080	5,227
	C-D	-0,682	0,406	-0,984	5,028	0,602	-7,101	-6,360	0,156	5,181	5,227	0,526	-6,813	-6,160	0,080	5,469
	D-E	-1,945	1,857	-1,945	1,788	1,771	-5,582	-5,582	1,771	1,788	2,358	1,072	-5,102	-5,012	1,072	2,358
	E-F	-0,984	0,476	-0,518	5,181	1,489	-7,366	-7,101	0,771	6,354	5,469	1,263	-7,214	-6,813	0,545	6,505
8 ^e	A-B	-1,787	1,860	-1,925	5,957	2,585	-7,980	-9,451	0,979	4,216	6,466	2,228	-7,430	-8,942	0,622	4,765
	B-C	-0,957	0,395	-0,673	9,225	0,821	-9,917	-11,097	-0,081	8,601	9,498	0,747	-9,725	-10,824	-0,155	8,792
	C-D	-0,673	0,395	-1,787	8,601	0,821	-11,099	-9,917	-0,081	9,225	8,792	0,747	-10,824	-9,725	-0,155	9,498
	D-E	-1,925	1,800	-1,925	4,216	1,722	-7,980	-7,980	1,722	4,216	4,765	1,066	-7,431	-7,431	1,066	4,765
	E-F	-1,033	0,462	-0,519	9,162	1,125	-12,045	-11,160	-0,251	11,029	9,498	1,037	-11,897	-10,824	-0,338	11,177
7 ^e	A-B	-1,762	1,810	-1,898	9,068	3,250	-9,632	-12,520	0,230	5,914	9,556	2,902	-9,106	-12,032	-0,118	6,440
	B-C	-0,944	0,379	-0,663	12,027	0,814	-12,688	-13,877	-0,100	11,388	12,288	0,742	-12,504	-13,615	-0,171	11,571
	C-D	-0,663	0,379	-0,944	11,388	0,814	-13,877	-12,688	-0,100	12,027	11,571	0,742	-13,615	-12,504	-0,171	12,288
	D-E	-1,897	1,750	-1,897	5,914	1,680	-9,632	-9,632	1,680	5,914	6,440	1,066	-9,106	-9,106	1,066	6,440
	E-F	-0,944	0,446	-0,512	12,027	1,271	-15,148	-13,877	-0,423	14,144	12,289	1,186	-15,006	-13,615	-0,507	14,286

Niveaux	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0, 8. G + E			0, 8. G - E		
		Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)
6 ^e	A-B	-1,757	1,637	-1,837	11,521	2,819	-12,570	-14,973	0,339	8,962	11,993	2,503	-12,077	-14,501	0,023	9,455
	B-C	-0,806	0,372	-0,602	17,145	0,821	-17,594	-18,729	-0,113	16,412	17,361	0,750	-17,433	-18,513	-0,183	16,573
	C-D	-0,602	0,372	-0,806	16,412	0,821	-18,729	-17,594	-0,113	17,145	16,573	0,750	-18,513	-17,433	-0,183	17,361
	D-E	-1,837	1,601	-1,837	8,962	1,543	-12,570	-12,570	1,543	8,962	9,455	1,001	-12,077	-12,077	1,001	9,455
	E-F	-0,806	0,416	-0,502	17,145	1,413	-20,460	-18,729	-0,617	19,474	17,361	1,333	-20,325	-18,513	-0,696	19,609
5 ^e	A-B	-1,7	1,553	-1,831	13,010	2,779	-14,054	-16,500	0,295	10,448	13,469	2,489	-13,579	-16,041	-0,014	10,922
	B-C	-0,752	0,375	-0,592	19,673	0,683	-20,350	-21,153	0,037	19,184	19,867	0,611	-20,196	-20,959	-0,035	19,337
	C-D	-0,592	0,375	-0,752	19,184	0,683	-21,153	-20,350	0,037	19,673	19,337	0,611	-20,959	-20,196	-0,035	19,867
	D-E	-1,831	1,527	-1,831	10,448	1,521	-14,054	-14,054	1,521	10,448	10,922	0,983	-13,579	-13,579	0,983	10,922
	E-F	-0,752	0,409	-0,516	19,673	0,844	-21,821	-21,153	-0,056	20,805	19,867	0,765	-21,687	-20,958	-0,134	20,938
4 ^e	A-B	-1,745	1,505	-1,804	16,057	3,691	-15,103	-19,501	-0,765	11,543	16,493	3,398	-14,652	-19,065	-1,057	11,994
	B-C	-0,741	0,360	-0,583	21,468	0,696	-22,075	-22,930	-0,002	20,925	21,653	0,626	-21,929	-22,745	-0,071	21,070
	C-D	-0,583	0,360	-0,741	20,925	0,696	-22,930	-22,075	-0,002	21,468	21,070	0,626	-22,745	-21,929	-0,071	21,653
	D-E	-1,804	1,479	-1,804	11,543	1,437	-15,103	-15,103	1,437	11,543	11,994	0,983	-14,652	-14,652	0,983	11,994
	E-F	-0,741	0,394	-0,508	21,468	2,122	-26,183	-22,930	-1,360	25,180	21,653	2,045	-26,056	-22,744	-1,436	25,307

Niveaux	Travées	G + 1, 2. P			G + P + E			G + P - E			0,8. G + E			0,8. G - E		
		Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Mt (t.m)	Me (t.m)
3 ^e	A-B	-1,745	1,505	-1,804	16,167	2,551	-17,492	-19,611	0,375	13,932	16,603	2,258	-17,041	-19,175	0,082	14,383
	B-C	-0,741	0,360	-0,583	25,447	0,759	-25,929	-26,909	-0,065	24,784	25,632	0,689	-25,783	-26,724	0,134	24,924
	C-D	-0,583	0,360	-0,741	24,784	0,759	-26,909	-25,929	-0,065	25,447	24,924	0,689	-25,724	-25,783	0,134	25,632
	D-E	-1,804	1,479	-1,804	14,132	1,437	-17,692	-17,692	1,437	14,132	14,583	2,312	-17,281	-17,281	2,312	14,583
	E-F	-0,741	0,394	-0,508	25,447	0,934	-27,785	-26,909	-0,172	26,783	25,632	0,857	-27,658	-26,724	-0,248	26,909
2 ^e	A-B	-1,720	1,424	-1,757	10,923	6,601	-24,788	-14,317	-3,833	21,320	11,353	6,324	-24,348	-13,887	-4,109	21,759
	B-C	-0,662	0,350	-0,545	37,757	1,373	-36,878	-39,063	-0,697	35,802	37,922	1,305	-36,742	-38,898	-0,764	35,938
	C-D	-0,545	0,350	-0,662	35,802	1,373	-39,063	-36,878	-0,697	37,757	35,938	1,305	-38,898	-36,742	-0,764	37,922
	D-E	-1,757	1,407	-1,757	21,320	1,367	-24,788	-24,788	1,367	21,320	21,759	0,934	-24,348	-24,348	0,934	21,759
	E-F	-0,662	0,375	-0,491	37,757	3,190	-44,549	-39,063	-2,464	43,579	37,922	3,117	-44,426	-38,898	-2,536	43,702
1 ^{er}	A-B	-1,644	1,301	-1,681	4,866	7,673	-20,951	-8,132	-5,109	17,611	5,235	7,416	-20,573	-7,763	-5,365	17,989
	B-C	-0,637	0,311	-0,522	31,491	1,883	-29,486	-32,757	-1,273	28,448	31,634	1,822	-29,368	-32,614	-1,334	28,565
	C-D	-0,522	0,311	-0,637	28,448	1,883	-32,757	-29,486	-1,273	31,491	28,565	1,822	-32,684	-29,368	-1,334	31,634
	D-E	-1,681	1,283	-1,681	17,611	1,264	-20,951	-20,951	1,264	17,611	17,989	0,936	-20,573	-20,573	0,936	17,989
	E-F	-0,637	0,336	-0,469	31,491	0,642	-31,966	-32,757	0,018	31,034	31,634	0,576	-31,861	-32,614	-0,048	31,139

Efforts tranchants dans les poutres

Portique longitudinal de rive F - F

Niveaux	Travées	G + 1,2 P		G + P + E		G + P - E		0,8 G + E		0,8 G - E	
		$T_w(t)$	$T_e(t)$	$T_w(t)$	$T_e(t)$	$T_w(t)$	$T_e(t)$	$T_w(t)$	$T_e(t)$	$T_w(t)$	$T_e(t)$
10	A - B	3,633	-3,800	2,416	-4,482	4,316	-3,082	2,121	-3,651	3,521	-2,251
	B - C	2,301	-1,889	0,888	-3,282	3,692	-0,476	0,385	-2,869	3,189	-0,065
	C - D	1,892	-2,301	0,481	-3,692	3,285	-0,888	0,065	-3,189	2,869	-0,385
	D - E	3,717	-3,717	3,185	-4,213	4,213	-3,185	2,372	-3,400	3,400	-2,372
	E - F	2,419	-1,769	0,717	-3,452	4,099	-0,070	0,188	-3,065	3,770	0,316
9	A - B	4,019	-4,123	2,626	-5,554	5,454	-2,626	1,609	-4,603	4,537	-1,673
	B - C	2,448	-2,139	-1,088	-5,641	5,948	1,395	-1,649	-5,150	5,386	1,885
	C - D	2,139	-2,448	-1,395	-5,948	5,641	1,088	-1,885	-5,386	5,150	1,649
	D - E	4,071	-4,071	2,764	-5,316	5,316	-2,764	1,830	-4,382	4,382	-1,830
	E - F	2,533	-2,055	-1,350	-5,904	6,398	1,824	-1,938	-5,432	5,796	2,295
8	A - B	4,011	-4,091	1,595	-6,453	6,374	-1,673	0,686	-5,526	5,466	-0,746
	B - C	2,147	-2,418	-3,641	-8,176	7,903	3,368	-4,134	-7,636	7,409	3,908
	C - D	2,418	-2,147	-3,368	-7,903	8,176	3,641	-3,908	-7,409	7,636	4,134
	D - E	4,051	-4,051	1,911	-6,135	6,135	-1,911	0,994	-5,218	5,218	-0,994
	E - F	0,510	-2,056	-3,956	-8,491	8,942	4,407	-4,524	-8,025	8,373	4,872
7	A - B	3,995	4,074	0,755	-7,264	7,185	-0,834	-0,139	-6,351	0,291	0,078
	B - C	2,138	-2,250	-5,305	-9,692	9,551	5,164	-5,790	-9,292	9,065	5,564
	C - D	2,409	-2,138	-5,032	-9,551	9,824	5,305	-5,564	-9,065	9,292	5,790
	D - E	4,035	-4,035	1,318	-6,702	6,702	-1,318	0,414	-5,518	5,792	-0,414
	E - F	2,449	-2,047	-5,720	-10,239	10,688	-6,169	-6,279	-6,169	10,128	6,627
6	A - B	3,917	-3,965	-0,298	-8,138	8,090	0,250	-1,162	-7,262	7,225	1,126
	B - C	2,302	-2,077	-8,258	-2,614	12,838	8,482	-8,766	-12,155	12,329	8,940
	C - D	2,077	-2,302	-8,482	-12,838	12,614	8,258	-8,940	-12,329	12,155	8,766
	D - E	3,941	-3,941	0,158	-7,682	7,682	-0,158	-0,712	-6,811	6,811	0,712
	E - F	2,305	-2,075	-9,159	-13,512	13,743	9,387	-9,669	-13,058	13,282	9,843

5	A - B	3,965	-3,939	-0,832	-8640	8,606	0,798	-1,683	-7,782	7,755	1,655
	B - C	2,267	-2,090	-9,872	-14,210	14,386	10,048	-10,365	-13,754	13,892	10,503
	C - D	2,090	-2,267	-10,048	-14,386	14,210	9,872	-10,503	-13,892	13,554	10,365
	D - E	3,922	-3,922	-0,378	-8,186	8,186	0,378	-1,232	-7,331	7,331	1,232
	E - F	2,309	-2,048	-10,295	-14,633	14,893	10,555	-10,798	-14,186	14,890	11,001
4	A - B	3,886	-3,920	-1,564	-9,339	9,306	1,525	-2,399	-8,497	8,471	2,370
	B - C	2,256	-2,080	-10,942	-15,262	15,438	11,118	-11,426	-14,815	14,953	11,564
	C - D	2,080	-2,256	-11,118	-15,438	15,262	10,942	-11,564	-14,953	14,815	11,426
	D - E	3,903	-3,903	-0,768	-8,544	8,544	0,768	-1,606	-7,705	7,705	1,606
	E - F	2,299	-2,037	-12,163	-16,483	16,743	12,423	-12,657	-16,045	16,249	12,860
3	A - B	3,886	-3,920	-1,897	-9,673	9,635	1,663	-2,732	-8,831	8,804	2,704
	B - C	2,256	-2,080	-13,307	-17,627	17,803	13,483	-13,791	-17,180	17,318	13,929
	C - D	2,080	-2,256	-13,483	-17,803	17,627	13,307	-13,929	-17,318	17,180	13,791
	D - E	3,903	-3,903	-1,603	-9,379	9,379	1,603	-2,441	-8,540	8,540	2,441
	E - F	2,299	-1,957	-13,848	-18,088	18,428	14,188	-14,342	-17,666	17,934	14,609
2	A - B	3,818	-3,841	-3,117	-10,448	10,725	2,794	-3,937	-9,623	9,905	3,518
	B - C	2,164	-2,027	-20,752	-24,928	25,064	20,888	-21,216	-24,492	24,599	21,323
	C - D	2,027	-2,164	-20,888	-25,064	24,928	20,752	-21,323	-24,599	24,492	21,216
	D - E	3,830	-3,830	-4,311	-11,943	14,943	4,311	-5,133	-11,120	11,120	5,133
	E - F	2,097	-1,997	-23,187	-27,266	27,365	23,286	-23,638	-26,836	26,913	23,715
1	A - B	4,725	-4,755	-1,720	-11,186	11,156	1,690	-2,693	10,206	10,182	2,669
	B - C	2,680	-2,508	-16,054	-21,234	21,406	16,226	-16,606	-20,717	20,854	16,742
	C - D	2,508	-2,680	-16,226	-21,406	21,234	16,054	-16,742	-20,854	20,717	16,606
	D - E	4,739	-4,739	-2,073	-11,537	11,537	2,073	-3,049	-10,561	10,561	3,049
	E - F	2,719	-2,469	-16,800	-21,980	22,230	17,050	-17,359	-21,471	21,670	17,559

Efforts tranchants dans les poutres :

Portique transversal intermediaire 4-4

Niveaux	Travées	G + 1,2P		G+P+E		G+P-E		0,8G+E		0,8G-E	
		T_w	T_e	T_w	T_e	T_w	T_e	T_w	T_e	T_w	T_e
10	1-2	11,070	-12,337	9,997	-12,903	11,665	-11,215	6,813	-9,378	8,501	-7,690
	2-3	12,337	-11,070	11,215	-11,665	12,903	-9,977	7,650	-8,501	9,378	-6,813
9	1-2	11,029	-11,818	8,622	-13,301	12,544	-9,379	4,721	-9,121	8,643	-5,199
	2-3	11,818	-11,029	9,379	-12,544	13,301	-8,622	5,199	-8,643	9,121	-4,721
8	1-2	10,781	-11,517	7,185	-14,281	13,573	-7,893	3,498	-10,343	9,886	-3,955
	2-3	11,517	-10,781	7,893	-13,573	14,281	-7,185	3,955	-9,886	10,343	-3,498
7	1-2	10,542	-11,261	5,968	-15,086	14,392	-6,662	2,480	-11,361	10,904	-2,937
	2-3	11,261	-10,542	6,662	-14,392	15,086	-5,968	2,937	-10,904	11,361	-2,480
6	1-2	10,102	-10,648	4,191	-15,924	15,393	-4,722	0,990	-12,557	12,192	-1,355
	2-3	10,648	-10,102	4,722	-15,393	15,924	-4,191	1,355	-12,192	12,557	-0,990
5	1-2	9,942	-10,312	3,573	-16,137	15,777	-3,933	0,569	-13,021	12,773	-0,817
	2-3	10,312	-9,942	3,933	-15,777	16,137	-3,573	0,817	-12,773	13,021	-0,569
4	1-2	9,678	-10,037	2,440	-16,821	16,470	-2,791	-0,343	-13,934	13,686	0,095
	2-3	10,037	-9,678	2,791	-16,479	16,821	-2,440	-0,095	-13,686	13,934	0,343
3	1-2	9,678	-10,037	1,596	-17,665	17,314	-1,947	-1,187	-14,778	14,50	0,939
	2-3	10,037	-9,678	1,947	-17,314	17,665	-1,596	-0,939	-14,530	14,778	1,187
2	1-2	9,545	-9,807	0,997	-17,909	17,653	-1,253	-1,748	-15,088	14,907	1,568
	2-3	9,807	-9,545	1,253	-17,653	17,909	-0,997	-1,568	-14,907	15,088	1,748
1	1-2	8,846	-9,099	-1,722	-19,456	19,206	1,472	-3,888	-17,227	17,040	3,700
	2-3	9,099	-8,846	-1,472	-19,206	19,456	1,722	-3,700	-17,040	17,227	3,888

Moments Fléchissants dans les poteaux

Portique longitudinal "G-G".

Niveaux	Poteaux	G + 1,2P		G + P + 1,2.E		G + E - 1,2.E		0,8.G + E		0,8G - E	
		M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)
10 ^e	A	1,695	0,837	4,732	0,051	-1,388	1,582	3,793	-0,066	-1,306	1,210
	B	-0,748	-0,466	3,997	-3,593	-5,473	2,721	3,397	-2,936	-4,494	2,325
	C	0	0	5,365	-3,721	-5,365	3,721	4,471	-3,101	-4,471	3,101
	D	0,748	0,466	5,473	-2,721	-3,997	3,593	4,794	-2,325	-3,397	2,936
	E	-0,748	-0,466	3,997	-3,593	-5,473	2,721	3,397	-2,936	-4,494	2,936
	F	-0,405	-0,241	4,535	-1,894	-5,333	1,422	3,816	-1,547	-4,407	2,325
9 ^e	A	0,957	0,893	5,868	-1,775	-4,000	3,521	4,765	-1,588	-3,458	2,825
	B	-0,511	-0,482	8,089	-7,522	-9,087	6,578	6,807	-6,209	-7,506	5,540
	C			9,890	-8,118	-9,890	8,118	8,242	-6,765	-8,242	6,765
	D	0,511	0,482	9,087	-6,578	-8,089	7,522	7,506	-5,540	-6,807	6,209
	E	-0,511	-0,482	8,089	-7,522	-9,087	6,578	6,807	-6,209	-7,506	5,540
	F	-0,276	-0,259	6,268	-4,613	-6,808	4,105	5,260	-3,813	-5,637	3,453
8 ^e	A	0,893	0,879	7,432	-3,510	-5,686	5,234	6,084	-3,025	-4,847	4,262
	B	-0,482	-0,475	11,909	-10,628	-12,853	9,696	9,983	-8,803	-10,652	8,134
	C			14,011	-11,949	-14,011	11,949	11,676	-9,958	-11,676	9,958
	D	0,482	0,475	12,853	-9,696	-11,909	10,628	10,652	-8,134	-9,983	8,803
	E	-0,482	-0,475	11,909	-10,628	-12,853	9,696	9,983	-8,803	-10,652	8,134
	F	-0,259	-0,256	9,172	-6,535	-9,680	6,033	7,675	-5,417	-8,035	5,057
7 ^e	A	0,879	0,571	10,108	-5,122	-8,384	6,244	8,323	-4,328	-7,086	5,144
	B	-0,475	-0,335	14,142	-15,030	-15,074	14,372	11,839	-12,490	-12,508	12,011
	C			16,820	-16,927	-16,820	16,927	14,017	-7,106	-14,017	14,106
	D	0,475	0,335	15,074	-14,372	-14,142	15,030	12,508	-12,011	-11,839	12,490
	E	-0,475	-0,335	14,142	-15,030	-15,074	14,372	11,839	-12,490	-12,508	12,011
	F	-0,256	-0,161	10,965	-9,365	-11,467	9,047	9,167	-7,788	-9,527	7,556

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0,8.G + E		0,8.G - E	
		M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)
6 ^e	A	1,184	0,886	11,310	-5,891	-8,984	7,637	9,301	-4,993	-7,610	6,280
	B	-0,693	-0,538	18,929	-16,625	-20,291	15,565	15,846	-13,804	-16,837	13,021
	C			23,737	-19,483	-23,737	19,483	19,781	-16,236	-19,781	16,236
	D	0,693	0,538	20,291	-15,565	-18,929	16,625	16,837	-13,021	-15,846	13,804
	E	-0,693	-0,538	18,929	-16,625	-20,291	15,565	15,846	-13,804	-16,837	13,021
	F	-0,338	-0,258	14,326	-10,025	-14,990	9,517	11,973	-8,330	-12,456	7,955
5 ^e	A	0,886	0,783	11,745	-8,152	-9,999	9,696	9,703	-6,865	-8,416	8,009
	B	-0,735	-0,424	22,225	-19,257	-23,679	18,423	18,578	-16,005	-19,675	15,394
	C			27,783	-22,804	-27,783	22,804	23,153	-19,004	-23,153	19,004
	D	0,735	0,424	23,679	-18,423	-22,225	19,257	19,675	-15,394	-18,578	16,005
	E	-0,735	-0,424	22,225	-19,257	-23,679	18,423	18,578	-16,005	-19,675	15,394
	F	-0,283	-0,253	15,428	-13,139	-15,978	12,639	12,898	-10,928	-13,461	10,553
4 ^e	A	0,872	0,872	13,189	-9,258	-11,467	10,980	10,917	-7,789	-9,630	9,076
	B	-0,531	-0,531	23,099	-24,298	-24,147	23,250	19,294	-20,203	-20,077	19,420
	C			28,594	-28,777	-28,594	28,777	23,829	-23,981	-23,829	23,981
	D	0,531	0,531	24,147	-23,250	-23,099	24,298	20,077	-19,420	-19,214	20,203
	E	-0,531	-0,531	23,099	-24,298	-24,147	23,250	19,294	-23,981	-23,829	23,951
	F	-0,253	-0,253	17,560	-14,868	-18,060	14,368	14,654	-12,369	-15,029	11,994
3 ^e	A	0,872	0,601	12,129	-13,134	-10,407	14,322	10,033	-10,996	-8,746	11,884
	B	-0,531	-0,383	25,776	-26,846	-26,824	26,090	21,525	-22,339	-22,308	21,774
	C			31,837	-32,040	-31,837	32,040	26,531	-26,700	-26,531	26,700
	D	0,531	0,383	26,820	-26,090	-25,776	26,846	22,308	-21,774	-21,525	22,339
	E	-0,531	-0,383	25,776	-26,846	-26,824	26,090	21,525	-22,339	-22,308	21,774
	F	-0,253	-0,171	17,746	-18,279	-18,246	17,941	14,809	-15,218	-15,184	14,965

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0,8G + E		0,8G - E	
		M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)
2 ^e	A	0,941	1,112	4,565	-19,473	-2,655	21,683	3,831	-16,293	-2,184	18,004
	B	-0,710	-0,705	46,297	-35,535	-47,699	34,133	38,641	-29,571	-39,688	28,486
	C			54,829	-40,638	-54,829	40,638	45,691	-33,865	-45,691	33,865
	D	0,710	0,705	47,699	-34,133	-46,297	35,535	39,688	-28,486	-38,641	29,571
	E	-0,710	-0,705	46,297	-35,535	-47,699	34,133	38,641	-29,571	-39,688	28,486
	F	-0,319	-0,317	34,242	-28,651	-34,872	28,021	28,562	-23,858	-29,033	23,370
1 ^{er}	A	0,530		0,527	-85,363	0,527	85,363	0,408	-71,136	0,408	71,136
	B	-0,336		26,342	-80,028	-27,010	80,028	21,971	-66,690	-22,488	66,690
	C			28,676	-86,028	-28,676	86,028	23,897	-71,690	-23,897	71,690
	D	0,336		27,010	-80,028	-26,342	80,028	22,488	-66,690	-21,971	66,690
	E	-0,336		26,346	-80,028	-27,010	80,028	21,971	-66,690	-22,488	66,690
	F	-0,149		9,187	-84,026	-9,485	84,026	7,664	-70,022	-7,896	70,022

Portique longitudinal "F-F".

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0,8G + E		0,8G - E	
		M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)
10 ^e	A	2,453	1,334	5,501	0,558	-0,619	2,089	4,455	0,380	-0,644	1,656
	B	-1,083	-0,712	3,657	-3,864	-5,813	2,450	3,104	-3,175	-4,787	2,087
	C			5,365	-3,721	-5,365	3,721	4,471	-3,101	-4,471	3,101
	D	1,0832	0,712	5,813	-2,450	-3,657	3,864	4,787	-2,087	-3,104	3,175
	E	-1,083	-0,712	3,657	-3,864	-5,813	2,450	3,104	-3,175	-4,787	2,087
	F	-0,625	-0,385	3,219	1,276	-4,463	-2,040	2,715	1,087	-3,686	-1,676
9 ^e	A	1,525	1,436	6,447	-1,222	-3,421	4,074	5,276	-1,105	-2,948	3,308
	B	-0,815	-0,775	7,779	-7,820	-9,397	6,280	6,535	-6,470	-7,779	5,279
	C			9,890	-8,118	-9,890	8,118	8,242	-6,765	-8,242	6,765
	D	0,815	0,775	9,397	-6,280	-6,447	1,222	2,949	-3,308	-5,276	1,105
	E	-0,815	-0,775	7,779	-7,820	-9,393	6,280	6,535	-6,470	-7,779	5,279
	F	-0,441	-0,417	6,100	-4,774	-6,976	3,944	5,112	-3,953	-5,785	3,312

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0,8G + E		0,8G - E	
		Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)
8 ^e	A	1,435	1,429	7,985	-2,951	-5,133	5,793	6,567	-2,542	-4,364	4,745
	B	-0,715	-0,722	11,611	-10,930	-13,151	9,394	9,722	-9,064	-10,913	7,873
	C			14,011	-11,949	-14,011	11,949	11,676	-9,958	-11,676	9,958
	D	0,775	0,722	13,151	-9,394	-11,611	10,930	10,913	-7,873	-9,722	9,064
	E	-0,775	-0,722	11,611	-10,930	-13,151	9,394	9,722	-9,064	-10,913	7,873
	F	-0,417	-0,416	9,011	-6,696	-9,841	5,868	7,534	-5,555	-8,175	4,914
7 ^e	A	1,429	0,938	9,947	-4,750	-7,105	6,616	8,206	-4,009	-6,003	5,462
	B	-0,772	-0,550	13,840	-15,248	-15,376	14,154	11,578	-12,676	-12,769	11,825
	C			16,820	-16,927	-16,820	16,927	14,017	-14,106	-14,017	14,106
	D	0,772	0,550	-15,376	-14,154	-13,840	15,248	12,769	-11,825	-11,578	12,676
	E	-0,772	-0,550	13,840	-15,248	-15,376	14,154	11,578	-12,676	-12,769	11,825
	F	-0,416	-0,267	10,802	-9,472	-11,630	8,940	9,026	-7,879	-9,667	7,464
6 ^e	A	1,946	1,472	12,083	-5,286	-8,211	8,218	9,962	-4,481	-6,949	6,772
	B	-1,140	-0,895	18,476	-16,986	-20,749	15,204	15,459	-14,109	-17,224	12,716
	C			23,737	-19,495	-23,737	19,495	19,781	16,246	-19,781	16,246
	D	1,140	0,895	20,744	-15,209	-18,476	16,986	17,224	-12,716	-15,204	15,459
	E	-1,140	-0,895	18,476	-16,986	-20,744	15,204	15,459	-14,109	-17,224	12,716
	F	-0,556	-0,428	14,105	-10,197	-15,211	9,345	11,784	-8,475	-12,645	7,810
5 ^e	A	1,473	1,465	12,338	-7,464	-9,406	10,384	10,206	-6,291	-7,914	8,583
	B	-0,895	-0,891	22,061	-19,728	-23,843	17,952	18,430	-16,397	-19,824	15,003
	C			27,783	-22,805	-27,784	22,805	23,153	-19,004	-23,153	19,004
	D	0,895	0,891	23,843	-17,952	-22,061	19,728	19,824	-15,003	-18,430	16,397
	E	-0,895	-0,891	22,061	-19,728	-23,843	17,952	18,430	-16,397	-19,824	15,003
	F	-0,428	-0,426	15,277	-13,313	-16,129	12,465	12,753	-11,074	-13,419	10,408

Niveaux	Poteaux	G+1,2.P		G+P+1,2.E		G+P-1,2.E		0,8.G+E		0,8.G-E	
		M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)	M ^{sup} (t.m)	M ^{inf} (t.m)
4 ^e	A	1,465	1,432	13,788	-8,687	-10,868	11,551	11,419	-7,287	-9,128	9,578
	B	-0,891	-0,871	22,735	-24,645	-24,511	22,903	18,989	-20,510	-20,383	19,115
	C			28,595	-28,777	-28,595	28,777	23,829	-23,981	-23,829	23,981
	D	0,891	0,871	24,511	-22,903	-22,735	24,645	20,383	-19,115	-18,989	20,510
	E	-0,891	-0,871	22,735	-24,645	-24,511	22,903	18,989	-20,510	-20,383	19,115
	F	-0,426	-0,416	17,386	-15,034	-18,234	14,202	14,509	-12,515	-15,175	11,849
3 ^e	A	1,465	0,988	12,728	-12,740	-9,808	14,716	10,535	-10,649	-8,244	12,230
	B	-0,891	-0,628	25,412	-24,096	-27,188	25,840	21,220	-22,559	-22,614	21,554
	C			31,837	-32,040	-31,837	32,040	26,531	-26,700	-26,531	26,700
	D	0,891	0,628	27,188	-25,840	-25,412	24,096	22,614	-21,554	-21,220	22,559
	E	-0,891	-0,628	25,412	-24,096	-27,188	25,840	21,220	-22,559	-22,614	21,554
	F	-0,426	-0,282	17,572	-18,392	-18,420	17,828	14,664	-15,317	-15,329	14,866
2 ^e	A	1,875	2,390	5,477	-18,188	-1,742	22,969	4,474	-15,237	-1,542	19,061
	B	-1,194	-1,515	45,809	-36,349	-48,187	33,319	38,232	-30,241	-40,098	27,817
	C			54,829	-40,638	-54,829	40,638	45,691	-33,865	-45,691	33,865
	D	1,194	1,515	48,187	-33,319	-45,809	36,349	40,098	-27,817	-38,232	30,241
	E	-1,194	-1,515	45,809	-36,349	-48,187	33,319	38,232	-30,241	-40,098	27,817
	F	-0,536	-0,683	34,023	-29,019	-35,092	27,654	28,378	-24,160	-29,217	23,067
1 ^{er}	A	1,152		1,150	-85,367	1,150	85,367	0,913	-71,136	0,913	71,136
	B	-0,729		25,948	-80,028	-27,404	80,028	21,652	-66,690	-22,808	66,690
	C			28,676	-86,028	-28,676	86,028	23,897	-71,690	-23,897	71,690
	D	0,729		27,404	-80,028	-25,948	80,028	22,808	-66,690	-21,652	66,690
	E	-0,729		25,948	-80,028	-27,404	80,028	21,652	-66,691	-22,808	66,690
	F	-0,328		9,008	-84,026	-9,664	84,026	7,519	-70,022	-8,040	70,022

Moments Fléchissants dans les poteaux

Portique transversal "1-1"

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2P		G + P + 1, 2.E		G + P - 1, 2.E		0,8. G + E		0,8. G - E	
		M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)	M _{sup} (t.m)	M _{inf} (t.m)
10 ^e	1	5,133	2,960	8,546	1,374	1,545	4,374	6,604	0,702	0,770	3,202
	2			4,645	-3,363	-4,645	3,363	3,871	-2,803	-3,871	2,803
	3	-5,133	-2,960	-1,545	-4,374	-8,546	-1,374	-0,770	-3,202	-6,604	-0,702
9 ^e	1	3,338	3,135	9,206	-0,925	-2,724	7,027	7,173	-1,209	-2,768	5,418
	2			8,758	-7,170	-8,758	7,170	7,299	-5,975	-7,299	5,975
	3	-3,338	-3,135	2,724	-7,027	-9,206	0,925	2,768	-5,418	-7,173	1,209
8 ^e	1	3,135	3,084	11,530	-2,886	-5,428	8,904	9,170	-2,808	-4,961	7,017
	2			11,974	-11,053	-11,974	11,053	9,979	-9,211	-9,979	9,211
	3	-3,135	-3,084	-5,428	-8,904	-11,530	2,886	4,961	-7,017	-9,170	2,808
7 ^e	1	3,084	2,047	13,207	-6,346	-7,189	10,352	10,603	-5,532	-6,394	8,383
	2			14,857	-14,857	-14,587	14,857	12,381	-12,381	-12,381	12,381
	3	-3,084	-2,047	7,189	-10,352	-13,207	6,346	6,394	-8,383	-10,603	5,532
6 ^e	1	4,245	3,217	16,598	-5,139	-8,290	11,453	13,326	-4,630	-7,414	9,197
	2			20,176	-16,519	-20,176	16,519	16,814	-13,766	-16,814	13,766
	3	-4,245	-3,217	8,290	-11,453	-16,598	5,139	7,414	-9,197	-13,326	4,630
5 ^e	1	3,217	3,157	16,519	-7,832	-10,205	14,046	13,418	-6,832	-8,851	11,399
	2			23,640	-19,353	-23,640	19,353	19,700	-16,128	-19,700	16,128
	3	-3,217	-3,157	10,205	-14,046	-16,519	7,832	8,851	-11,399	-13,418	6,832
4 ^e	1	3,157	3,157	18,275	-9,311	-12,061	15,525	14,923	-8,065	-10,356	12,632
	2			24,402	-24,402	-24,402	24,402	20,335	-20,335	-20,335	20,335
	3	-3,157	-3,157	12,061	-15,525	-18,275	9,311	10,356	-12,632	-14,923	8,065

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0, 8. G + E		0, 8. G - E	
		Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)
3 ^e	1	3,157	2,208	18,469	-13,189	-12,255	17,535	15,085	-11,205	-10,518	14,398
	2			27,178	-27,178	-27,178	27,178	22,649	-22,649	-22,649	22,649
	3	-3,157	-2,208	12,255	-17,535	-18,469	13,189	10,518	-14,388	-15,085	11,205
2 ^e	1	4,092	4,474	18,770	-22,950	-10,716	31,849	15,245	-19,374	-9,326	26,291
	2			25,556	-39,999	-25,556	39,999	21,297	-33,333	-21,297	33,333
	3	-4,092	-4,474	10,716	-31,848	-18,770	22,950	9,326	-26,291	-15,245	19,374
1 ^{er}	1	2,132		11,133	-81,156	-6,899	81,156	9,146	-67,630	-5,881	67,630
	2			28,804	-81,981	-28,804	81,981	24,004	-68,378	-24,004	68,378
	3	-2,132		6,899	-81,156	-11,133	81,156	5,881	-67,630	-9,146	67,630

Portique transversal "4-4"

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0, 8. G + E		0, 8. G - E	
		Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)
10 ^e	1	6,209	3,412	9,569	1,774	2,568	4,774	7,212	0,817	1,378	3,317
	2			4,647	-3,366	-4,647	3,366	3,873	-2,805	-3,873	2,805
	3	-6,209	-3,412	-2,568	-4,774	-9,569	-1,774	-1,378	-3,317	-7,212	-0,817
9 ^e	1	3,864	3,605	9,676	-0,508	-2,260	7,450	7,315	-1,077	-2,632	5,554
	2			8,762	-7,173	-8,762	7,173	7,302	-5,978	-7,302	5,978
	3	-3,864	-3,605	2,260	-7,450	-9,676	0,508	2,632	-5,554	-7,315	1,077
8 ^e	1	3,605	3,525	11,955	-2,495	-5,013	9,303	9,308	-2,677	-4,831	7,154
	2			11,980	-11,059	-11,980	11,059	9,984	-9,216	-9,984	9,216
	3	-3,605	-3,525	5,013	-9,303	-11,955	2,495	4,831	-7,154	-9,308	2,677

Niveaux	Potiaux	G + 1, 2. P		G + P + 1, 2. E		G + P - 1, 2. E		0, 8. G + E		0, 8. G - E	
		Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)	Msup (t.m)	MinF (t.m)
7 ^e	1	3,525	2,318	13,606	-6,105	-6,798	10,601	10,740	-5,445	-6,263	8,476
	2			14,863	-14,863	-14,863	14,863	12,386	-12,386	-12,386	12,386
	3	-3,525	-2,318	6,798	-10,601	-13,606	6,105	6,263	-8,476	-10,740	5,445
6 ^e	1	4,810	3,618	17,107	-4,775	-7,781	11,817	13,512	-4,486	-7,227	9,342
	2			20,176	-16,519	-20,176	16,519	16,814	-13,766	-16,814	13,766
	3	-4,810	-3,618	7,781	-11,817	-17,107	4,775	7,227	-9,342	-13,512	4,486
5 ^e	1	3,618	3,522	16,883	-7,498	-9,841	14,480	13,563	-6,688	-8,707	11,544
	2			23,640	-19,353	-23,640	19,353	19,700	-16,128	-19,700	16,128
	3	-3,618	-3,522	9,841	-14,480	-16,883	7,498	8,707	-11,544	-13,563	6,688
4 ^e	1	3,522	3,522	16,609	-8,977	-11,727	15,859	15,068	-7,921	-10,212	12,777
	2			24,402	-24,402	-24,402	24,402	20,335	-20,335	-20,335	20,335
	3	-3,522	-3,522	11,727	-15,859	-18,609	8,977	10,212	-12,777	-15,068	7,921
3 ^e	1	3,522	2,463	18,803	-12,957	-11,921	17,771	15,230	-11,105	-10,374	14,502
	2			27,178	-27,178	-27,178	27,178	22,649	-22,649	-22,649	22,649
	3	-3,522	-2,463	11,921	-17,771	-18,803	12,957	10,374	-14,502	-15,230	11,105
2 ^e	1	4,564	4,409	19,202	-23,042	-10,284	31,756	15,432	-19,555	-9,139	26,110
	2			25,556	-39,999	-25,556	39,999	21,297	-33,333	-21,297	33,333
	3	-4,564	-4,409	10,284	-31,756	-19,202	23,042	9,139	-26,110	-15,432	19,555
1 ^{er}	1	2,080		11,124	-81,615	-7,012	81,615	9,104	-68,013	-6,009	68,013
	2			28,966	-82,446	-28,966	82,446	24,139	-68,705	-24,139	68,705
	3	-2,080		7,012	+81,615	-11,124	81,615	6,009	-68,013		68,013

Portique longitudinal "F-F".

Efforts normaux dans les poteaux

Niveaux	Poteaux	G + 1,2.P		G + P + 1,2.E		G + P - 1,2.E		0,8.G + E		0,8.G - E	
		N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
10 ^e	A-B	3,801	3,801	4,622	4,622	2,942	2,942	3,651	3,651	2,251	2,251
	B-C	5,523	5,523	6,338	6,336	4,654	4,654	4,991	4,991	3,587	3,587
	C-D	4,602	4,602	4,580	4,580	4,580	4,580	3,574	3,574	3,574	3,574
	D-E	5,610	5,610	4,516	4,516	6,648	6,648	3,466	3,466	5,242	5,242
	E-F	4,947	4,947	6,332	6,332	3,508	3,508	5,006	5,006	2,652	2,652
	F-G	2,420	2,420	0,379	0,379	4,437	4,437	0,188	0,188	3,570	3,570
9 ^e	A-B	4,123	7,924	5,847	10,469	2,333	5,275	4,603	8,254	1,675	3,926
	B-C	6,159	11,682	8,578	14,914	3,648	8,302	6,760	11,751	2,652	6,239
	C-D	4,897	9,499	4,860	9,440	4,860	9,440	3,738	7,204	3,738	7,204
	D-E	6,241	11,851	3,503	8,019	8,883	15,531	2,521	5,987	7,005	12,247
	E-F	6,167	11,114	9,226	15,558	3,014	6,522	7,295	12,301	2,119	4,771
	F-G	2,534	4,954	-2,123	-1,744	7,151	11,588	-1,931	-3,862	5,797	9,367
8 ^e	A-B	4,091	12,015	6,931	17,400	1,195	6,470	5,527	13,781	0,747	4,673
	B-C	6,461	18,143	10,446	25,360	2,329	10,631	8,322	20,073	1,558	7,797
	C-D	4,295	13,794	4,262	13,702	4,262	13,702	3,275	7,013	3,275	7,013

Niveaux	Poteaux	G + 1, 2 . P		G + P + 1, 2 . E		G + P - 1, 2 . E		0, 8 . G + E		0, 8 . G - E	
		N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
8 ^e	D-E	6,469	18,320	2,035	10,054	10,819	26,350	1,310	7,297	8,630	20,877
	E-F	6,110	17,224	11,272	26,830	0,863	7,385	9,020	21,321	0,346	5,117
	F-G	2,510	7,464	-5,245	-6,989	10,231	21,819	-4,524	-8,386	8,373	17,740
7 ^e	A-B	4,074	16,089	7,907	25,307	0,197	6,661	6,351	20,132	-0,078	4,595
	B-C	6,404	24,547	11,421	36,781	1,310	11,941	9,153	29,226	0,727	8,524
	C-D	4,276	18,070	4,246	17,948	4,246	17,948	3,275	10,288	3,275	10,289
	D-E	6,445	24,765	0,723	10,777	12,090	38,440	0,234	7,531	9,706	30,583
	E-F	6,083	23,307	12,659	39,489	-0,569	6,816	10,195	31,817	-0,828	4,289
	F-G	2,499	9,963	-7,360	-14,349	12,328	34,147	-6,279	-14,665	10,128	27,868
6 ^e	A-B	3,965	20,054	8,976	34,283	-1,088	5,573	7,262	27,394	-1,126	3,469
	B-C	5,994	30,541	13,586	50,367	-1,662	10,279	10,992	40,218	-1,715	6,809
	C-D	4,605	22,675	4,580	22,528	4,580	22,528	3,563	13,851	3,563	13,851
	D-E	6,019	30,784	-2,157	8,620	14,129	52,569	-2,129	5,402	11,442	42,025
	E-F	6,016	29,323	15,210	54,699	-3,242	3,574	12,345	44,162	-3,032	1,257
	F-G	2,305	12,268	-11,449	-25,798	16,033	50,180	-9,669	-24,334	13,232	41,100

L150-

Niveaux	Poteaux	G + 1,2.P		G+P+1,2.E		G+P-1,2.E		0,8.G + E		0,8.G - E	
		N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
5 ^e	A-B	3,939	23,993	9,583	43,866	-1,741	3,832	7,782	35,176	-1,655	1,814
	B-C	5,996	36,537	14,860	65,227	-2,924	7,355	12,071	52,289	-2,748	4,061
	C-D	4,535	27,210	4,514	27,042	4,514	27,042	3,526	17,377	3,526	17,377
	D-E	6,013	36,797	-3,431	5,189	15,401	67,970	-3,171	2,231	12,522	54,547
	E-F	5,971	35,294	15,917	70,616	-4,031	-0,457	12,954	57,116	-3,669	-2,412
	F-G	2,309	14,577	-12,813	-38,611	17,411	67,591	-10,798	-35,132	14,390	55,490
4 ^e	A-B	3,939	27,932	10,443	54,309	-2,601	1,231	8,498	43,674	-2,371	-0,557
	B-C	5,977	42,514	15,238	80,485	-3,354	4,001	12,416	64,705	-3,093	0,968
	C-D	4,513	31,723	4,496	31,538	4,496	31,638	3,526	20,903	3,526	20,903
	D-E	5,983	42,780	-4,280	0,909	16,200	84,170	-3,858	-1,627	13,209	67,756
	E-F	5,941	41,235	17,674	88,290	-5,838	-6,295	14,439	71,555	-5,154	-7,566
	F-G	2,299	16,876	-15,053	-53,664	19,633	87,224	-12,657	-47,789	16,249	71,739
3 ^e	A-B	3,920	37,852	10,826	65,137	-3,016	-1,785	8,831	52,505	-2,704	-3,261
	B-C	5,966	48,480	17,687	98,172	-5,801	-1,800	14,448	79,153	-5,125	-4,157
	C-D	4,513	36,236	4,496	36,034	4,496	36,043	3,526	24,429	3,526	24,429

Niveau	Poteaux	$G + 1,2 \cdot P$		$G + P + 1,2 \cdot E$		$G + P - 1,2 \cdot E$		$0,8 G + E$		$0,8 G - E$	
		$N(t)$	$N_c(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$	$N(t)$	$N_c(t)$
3 ^e	D-E	5,983	48,763	-6,116	-5,207	18,036	102,206	-5,388	-7,015	14,739	82,495
	E-F	5,941	47,176	18,694	106,984	-6,858	-13,153	15,289	88,844	-6,004	-13,570
	F-G	2,299	19,175	-17,075	-70,739	21,655	108,879	-14,342	-62,131	17,934	89,673
2 ^e	A-B	3,841	35,693	11,772	76,907	-4,118	-5,903	9,623	62,128	-3,618	-6,879
	B-C	5,846	54,326	25,368	123,540	-13,720	-15,520	20,855	100,008	-11,718	-15,875
	C-D	4,328	40,564	4,312	40,346	4,312	40,346	3,382	27,811	3,382	27,811
	D-E	5,858	54,621	-11,901	-17,108	23,573	125,779	-10,202	-17,217	19,359	101,854
	E-F	5,828	53,004	26,384	133,368	-14,772	-27,925	21,703	108,547	-12,594	-26,164
	F-G	2,099	21,274	-28,240	98,979	32,422	141,301	-23,636	-85,767	26,915	116,588
1 ^{er}	A-B	4,755	40,448	12,473	89,380	-2,977	-8,880	10,206	72,334	-2,669	-9,548
	B-C	7,233	61,559	21,972	145,512	-7,528	-23,048	18,024	118,032	-6,560	-22,435
	C-D	5,360	45,924	5,352	45,698	5,352	45,698	4,248	32,059	4,248	32,059
	D-E	7,243	61,864	-7,078	-24,186	21,542	147,321	-6,185	-23,402	17,668	119,522
	E-F	7,208	60,212	22,449	155,817	-8,055	-35,980	18,422	126,969	-6,998	-33,162
	F-G	2,719	23,993	20,703	-119,682	26,133	167,434	-17,359	-103,126	21,670	138,258

Efforts normaux dans les poteaux

Portique "1-1".

Niveaux	Poteaux	G + 1,2.P		G + P + 1,2.E		G + P - 1,2.E		0,8.G + E		0,8.G - E	
		N (t)	N _c (t)	N (t)	N _c (t)	N (t)	N _c (t)	N (t)	N _c (t)	N (t)	N _c (t)
10 ^e	1	10,201	10,201	11,040	11,040	9,014	9,014	8,170	8,170	6,482	6,482
	2	18,306	18,306	17,994	17,994	17,994	17,994	13,147	13,147	13,147	13,147
	3	10,201	10,201	9,014	9,014	11,040	11,040	6,482	6,482	8,170	8,170
9 ^e	1	10,211	20,412	12,265	23,305	7,559	16,573	8,695	16,865	4,773	11,255
	2	19,060	37,366	18,502	36,496	18,502	36,496	12,571	25,718	12,571	25,718
	3	10,211	20,412	7,559	16,573	12,265	23,306	4,773	11,255	8,695	16,865
8 ^e	1	10,019	30,431	13,580	36,885	5,920	22,493	9,917	26,782	3,533	14,788
	2	18,757	56,123	18,254	54,750	18,254	54,750	12,590	38,308	12,590	38,308
	3	10,019	30,431	5,920	22,493	13,580	36,885	3,533	14,788	9,917	26,782
7 ^e	1	9,858	40,289	14,668	51,553	4,564	27,057	10,935	37,717	2,515	17,303
	2	18,457	74,580	18,004	72,754	18,004	72,754	12,590	50,898	12,590	50,898
	3	9,858	40,289	4,564	27,057	14,668	51,553	2,515	17,303	10,935	37,717
6 ^e	1	9,393	49,682	15,910	67,463	2,470	29,527	12,138	49,855	0,938	18,241
	2	17,940	92,520	17,552	90,306	17,552	90,306	12,490	63,388	12,490	63,388
	3	9,393	49,289	2,470	29,527	15,910	67,463	0,938	18,241	12,138	49,855

Niveaux	Poteaux	G + 1,2.P		G + P + 1,2.E		G + P - 1,2.E		0,8.G + E		0,8.G - E	
		N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)	N (t)	Nc (t)
5 ^e	1	9,174	58,856	16,323	83,786	1,679	31,206	12,610	62,465	0,406	18,647
	2	17,692	110,212	17,358	107,664	17,358	107,664	12,550	75,938	12,550	75,938
	3	9,174	58,856	1,679	31,206	16,323	83,786	0,406	18,647	12,610	62,465
4 ^e	1	9,003	67,859	17,276	101,062	0,440	31,646	13,523	75,988	-0,507	18,140
	2	17,361	127,573	17,082	121,746	17,082	124,746	12,550	88,488	12,550	88,488
	3	9,003	67,856	0,440	31,646	17,276	101,062	-0,507	18,140	13,523	75,988
3 ^e	1	9,003	76,852	18,256	119,318	-0,540	31,106	14,340	90,328	-1,324	16,816
	2	17,361	144,934	17,082	141,828	17,082	141,828	12,550	101,038	12,550	101,038
	3	9,003	76,852	-0,540	31,206	18,256	119,318	-1,324	16,816	14,340	10,328
2 ^e	1	8,794	85,656	18,648	137,966	-1,342	29,764	14,687	105,015	-1,971	14,845
	2	17,121	162,055	16,846	158,674	16,846	158,674	12,376	113,414	12,376	113,414
	3	8,794	85,656	-1,342	29,764	18,648	137,966	-1,971	14,845	14,687	105,014
1 ^{er}	1	8,368	94,024	20,835	158,801	-4,233	25,531	16,817	121,832	-4,073	10,772
	2	16,219	178,274	16,088	174,762	16,088	174,762	12,347	125,761	12,347	125,761
	3	8,368	94,024	-4,233	25,531	20,835	158,801	-4,073	10,772	16,817	121,832

CHAPITRE 8

FERRAILLAGE

DES

PORTIQUES

Ferrailage des portiques

A/ Poutres :

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

- SP_1 représente toute sollicitation de 1^{er} genre (moments fléchissants et efforts tranchants)

- SP_2 représente toute sollicitation de 2^e genre déduite de la combinaison la plus défavorable.

Contraintes admissibles :

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

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

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

- Armatures longitudinales :

* On calcule les caractéristiques du béton :

$$\alpha = \frac{n \bar{\sigma}'_b}{n \bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}_a} \quad ; \quad \gamma = 1 - \alpha/3 \quad ; \quad k = \frac{1}{2} \alpha \gamma \bar{\sigma}'_b$$

$$\text{- Sous } SP_1 : \quad \alpha = 0,423 \quad ; \quad \gamma = 0,859 \quad ; \quad k = 24,9$$

$$\text{- Sous } SP_2 : \quad \alpha = 0,423 \quad ; \quad \gamma = 0,859 \quad ; \quad k = 37,3$$

* Moment résistant du béton :

$$M_{rb} = k \cdot b \cdot h^2$$

Si $M_{rb} > M_c$ avec (M_c = moment de calcul) \Rightarrow

les armatures comprimées ne sont pas nécessaires.

Si $M_{rb} < M_c \Rightarrow A' \neq 0$

Section sans armatures comprimées :

$$A = \frac{M_c}{\gamma \bar{\sigma}_a} \quad \text{et} \quad z = \gamma \cdot h$$

Section avec armatures comprimées :

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

$$A' = \frac{\Delta M}{(h-d') \sigma_a'} \quad \text{avec} \quad \Delta M = M_c - M_{rb}$$

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

Armatures transversales :

* Contrainte de cisaillement maximale :

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z}$$

b = largeur de la poutre

$z = 7/8 h$ (h = hauteur utile de la poutre)

T = effort tranchant dans la section considérée.

* Contrainte admissible de cisaillement :

Lorsque les armatures transversales d'âme sont droites : cadres et étriers, la contrainte admissible $\bar{\sigma}_b$ est donnée en fonction de $\bar{\sigma}_b'$, contrainte maximale de compression du béton.

$$\text{Si } \sigma_b' \leq \bar{\sigma}_b' \quad \text{on a} \quad \bar{\sigma}_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b'$$

$$\text{Si } \bar{\sigma}_b' < \sigma_b' \leq 2 \bar{\sigma}_b' \quad \text{"} \quad \bar{\sigma}_b \leq (4,5 - \sigma_b' / \bar{\sigma}_b') \bar{\sigma}_b'$$

L'emploi d'armatures transversales d'âme inclinées permet d'admettre pour $\bar{\sigma}_b$ des valeurs importantes. $\bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b \leq 5 \bar{\sigma}_b'$

* Contrainte admissible de traction :

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{en} \quad \text{S'il y a reprise de bétonnage}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \max \left\{ \begin{array}{l} (1 - \bar{\sigma}_b / 9 \bar{\sigma}_b') \sigma_{en} \\ \frac{2}{3} \sigma_{en} \end{array} \right. \quad \text{S'il n'y a pas reprise de bétonnage}$$

* Espacement des armatures transversales :

$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T_{max}}$$

* Ecartement admissible (Art 19.4 CCBA 68)

$$\bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} h(1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a}) \\ 0,2 h \end{array} \right.$$

$\bar{E} \leq \min (h/4 ; 12\phi ; 30\text{cm})$: en zone nodale et en travée (RPA 81, p63)

$\bar{E} \leq h/2$ en dehors de la zone nodale.

avec : h = hauteur utile de la Section

ϕ = plus petit diamètre calculé

- Vérifications diverses :

1. Vérification des contraintes (Méthode de Pierre CHARON)

* Section sans armatures comprimées :

$$\omega = \frac{100A}{bh} \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \bar{\sigma} \\ k \end{array} \right.$$

$$\text{et on doit avoir : } \bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \bar{E} h} \leq \bar{\sigma}_a$$

$$\text{et } \bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} \leq \bar{\sigma}_b'$$

* Section avec armatures comprimées :

On calcule les grandeurs suivantes :

$$D = \frac{15}{6} (A + A') \quad ; \quad E = \frac{30}{b} (A'd' + Ah)$$

$$y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}$$

$$I = \frac{b}{3} y_1^3 + 15 A' (y_1 - d')^2 + 15 A (h - y_1)^2$$

$$M/I = K$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \bar{\sigma}_b' = K y_1 \leq \bar{\sigma}_b' \\ \bar{\sigma}_a' = 15 K (y_1 - d') \leq \bar{\sigma}_a' \\ \bar{\sigma}_a = 15 K (h - y_1) \leq \bar{\sigma}_a \end{array} \right.$$

2. Condition de non fragilité : (CCBA 68 - Art 52.1)

$$\frac{A}{b_0 h} \geq \psi_4 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h_t}{h} \right)^2$$

A = section des armatures longitudinales tendues.

b_0 = largeur de la section

ψ_4 = Coefficient = 0,54 pour les aciers écrouis

h_t, h = hauteurs totale et utile de la section

$\bar{\sigma}_b, \bar{\sigma}_a$ = contraintes admissibles de traction de référence de béton et de l'acier.

3- Condition de non fissuration (Art 49.22 CCBA 68)

$$\sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \cdot \frac{\omega_f}{1 + 10 \omega_f} \quad \text{et} \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

$$\sigma_a = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_a$$

On doit avoir $\sigma_a \leq \max(\sigma_1, \sigma_2)$

ϕ : désigne le diamètre nominal exprimé en mm, de la plus grosse des barres tendues.

η : Coefficient de fissuration ($\eta = 1,6$)

$\bar{\sigma}_b$: contrainte de traction de référence de béton

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

ω_f : pourcentage de fissuration $\omega_f = A/B_f$

avec B_f : section fissurée égale à $2bd$

Sens porteur $B_f = 350 \text{ cm}^2$

Sens non porteur $B_f = 350 \text{ cm}^2$

4- Condition de non entrainement des barres (CCBA 68, Art 29)

ξ_{ed} = contrainte d'adhérence vis à vis de l'entrainement des armatures

$$\xi_{ed} = T/P \cdot z$$

avec : T = effort tranchant en appui

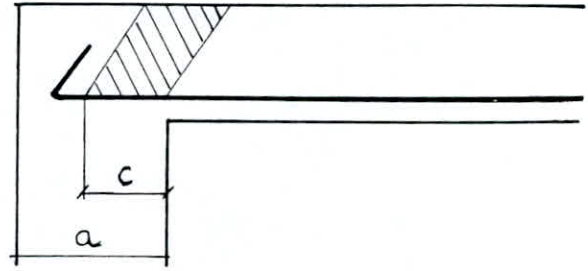
P = périmètre utile de l'armature

On doit vérifier que $\xi_{ed} \leq \bar{\xi}_{ed}$ où $\bar{\xi}_{ed} = 2\psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 3\bar{\sigma}_b$ (Acier HA)

5 - Conditions en Appuis : (CCBA 68, art 352.32)

* la longueur c de l'appui à l'extrémité de laquelle, on peut compter le commencement de l'ancrage de l'armature (Fig 1) doit être telle que l'on ait :

$$c \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_{b_0'}}$$



$$c = a - (d + r)$$

a = largeur du poteau

d = enrobage

$$r = 5,5 \phi$$

Si cette condition est vérifiée, la contrainte de compression dans les bielles du béton engendrée par l'effort tranchant reste inférieure à la contrainte admissible ($\sigma_b' \leq \bar{\sigma}_{b_0'}$)

* Armatures inférieures :

Sur un appui, la section A des armatures inférieures doit satisfaire à l'inégalité suivante : $A \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$

M = Moment dans la section d'appui de signe algébrique

T = Effort tranchant considéré comme positif.

6 - Vérification de la flèche : (CCBA 68, Art 61.21)

On admet qu'il est inutile de donner une justification des flèches pour des poutres dont le rapport h_t/l , de la hauteur de section à la portée libre est au moins égal à $\frac{1}{10} M_t/M_0$.

la section A d'armatures tendues soit telle que l'on ait : $\frac{A}{bh} \leq \frac{43}{\sigma_{en}}$

et $\forall M_t$, on ait $\frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16}$.

Si ces conditions ne sont pas remplies ; on tiendra compte de la fissuration des zones tendues et on procède aux déterminations et vérifications ci-après :

on calcule
$$I = \frac{I_t}{1 + \lambda \mu}$$

$$\lambda = \lambda_L = \frac{\bar{\sigma}_b}{72(2+3 \frac{b_0}{b})\omega} \quad \text{pour les charges de faible durée d'applications}$$

$$\lambda_{\sigma} = \frac{\lambda_L}{2,5} \quad \text{pour les charges permanentes}$$

$$\mu = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 - \frac{5 \bar{\sigma}_b}{4 \bar{\omega} \bar{\sigma}_a + 3 \bar{\sigma}_b} \\ 0 \end{array} \right.$$

$\bar{\omega}$ = rapport de la section d'armatures tendues à la section utile : $\bar{\omega} = \frac{A}{bh}$

I_t = Moment d'inertie de la section totale homogène.

* Section sans armatures comprimées :

$$I_t = b y^3/3 + 15 A (h-y)^2$$

* Section avec armatures comprimées :

$$I_t = b y^3/3 + 15 A (h-y)^2 + 15 A' (y-d')^2$$

la flèche à prendre en considération est : $\Delta f = f_{\infty} - f_0$

avec une réduction de 20% (Art 58.4, CCBA 68)

$$f_{\infty} = \frac{M l^2}{10 E_{\sigma} I_{f\sigma}}$$

$$f_0 = \frac{M l^2}{10 E_i I_{fi}}$$

la flèche admissible : $\bar{f} = \frac{l}{1000} + 0,5 \text{ cm}$

7 - Pourcentage minimal exigé par le RPA 81 :

* Armatures longitudinales : $0,3\% \leq A \leq 2,5\%$

- Sens transversal : $5,77 \leq A_t \leq 48,12$

- Sens longitudinal : $4,72 \leq A_l \leq 39,37$

* Armatures transversales : $A_{\min} = 0,003 \times S \times b$

avec : S = espacement des armatures

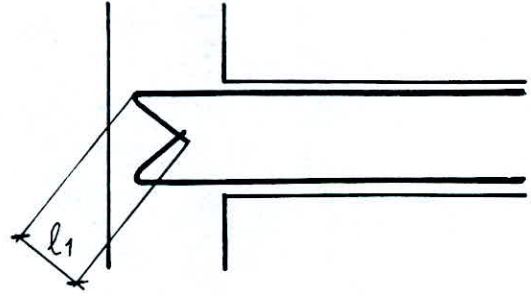
b = largeur de la section

8- Ancrage :

d'ancrage des armatures longitudinales Supérieures et inférieures dans les poteaux de rive et d'angle, doit être effectué conformément à la figure 1.

$$l_1 \geq 20\phi$$

$$l_2 \geq \max(30\phi; 50\text{cm})$$



I-Armatures Longitudinales

II Armatures en appuis

Niveau	Appuis	Armatures superieures				Armatures inferieures			
		Mcal	Acal	nTx	Acorr	Mcal	Acal	nTx	Acorr
10	1-3	6,209	4,69	4T16	8,08	/	/	/	/
	2	9,692	7,33	4T16	8,08	/	/	/	/
9	1-3	13,231	6,66	4T16	8,08	1,805	0,909	4T16	8,08
	2	9,46	7,15	4T16	8,08	0,679	0,350	4T16	8,08
8	1-3	17,33	8,73	6T16	12,86	5,909	2,98	4T16	8,08
	2	16,87	8,50	6T16	12,86	2,490	1,13	4T16	8,08
7	1-3	20,23	10,19	6T16	12,86	8,941	4,50	4T16	8,08
	2	19,52	9,83	6T16	12,86	5,069	2,55	4T16	8,08
6	1-3	24,24	12,22	6T16	12,86	12,672	6,39	6T16	12,86
	2	22,80	11,49	6T16	12,86	9,074	4,57	6T16	12,86
5	1-3	25,091	12,64	6T16	12,86	13,193	6,65	6T16	12,86
	2	24,75	12,47	6T16	12,86	11,207	5,65	6T16	12,86
4	1-3	28,64	14,43	4T20 2T16	16,58	16,90	8,52	6T16	12,86
	2	26,06	13,13	4T20 2T16	16,58	12,71	6,41	6T16	12,86
3	1-3	30,033	15,14	4T20 2T16	16,58	18,29	9,22	6T16	12,86
	2	29,48	14,86	4T20 2T16	16,58	16,123	8,13	6T16	12,86
2	1-3	31,95	16,10	4T20 2T16	16,58	20,24	10,20	4T16 2T20	14,36
	2	29,51	14,87	4T20 2T16	16,58	16,65	8,38	4T16 2T20	14,36
1	1-3	36,81	18,54	6T20	18,84	25,56	12,88	6T20	18,84
	2	35,82	18,04	6T20	18,84	23,42	11,80	6T20	18,84

I-2 Armatures en travées.



Niveaux	Travées	M _{cal}	A _{cal}	nTx	A _{sup.}
10	1-2	9,218	6,97	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
9	1-2	9,363	7,08	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
8	1-2	8,951	6,77	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
7	1-2	8,610	6,51	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
6	1-2	7,678	5,81	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
5	1-2	7,184	5,43	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
4	1-2	6,821	5,16	4T16	8,08
	2-3	//	//	//	//
3	1-2	5,16	4T16	6,821	8,08
	2-3	//	//	//	//
2	1-2	6,466	4,89	4T16	8,08
	2-3				
1	1-2 2-3	5,55	4,19	4T20	12,56

II Verifications diverses.

1 Fleche.

$$* h_t = 60 \text{ cm} > \ell / 16 = 600 / 16 = 37,5 \text{ cm}$$

$$* A_{sup} = 12,56 \text{ cm}^2 < 35 \cdot 55 \cdot 43 / 4200 = 19,71 \text{ cm}^2$$

$$* M_t / M_0 \leq 0,50 ; (M_t / M_0) \cdot \ell / 10 \leq 30 \text{ cm} < h_t.$$

... Verifiée ...

2. Condition de non fragilité. (CBA 68 Art 52)

$$A_{min} = b_0 h \psi (\bar{\sigma}_b / \bar{\sigma}_a) (h_t / h)^2 = 35 \cdot 55 \cdot 0,54 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \left(\frac{60}{55}\right)^2 = 1,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} < \inf\{A_i\} = 8,08 \text{ cm}^2.$$

3. Condition de non Fissuration.

$$* A = 8,08 \text{ cm}^2 (4T16) ; \omega_f = 8,08 / 350 = 23,08 \cdot 10^{-3} \rightarrow \sigma_1^1 = 2813,3 \text{ K/c}$$

$$* A = 12,56 \text{ cm}^2 (4T20) \quad \omega_f = 35,9 \cdot 10^{-3} \rightarrow \sigma_1^1 = 3169 \text{ Kg/cm}^2$$

4 - Verification des contraintes :

NIVEAU	APP	σ'_b	σ_a	σ'_b	σ_a	TRAV	σ'_b	σ_a
10	1-3	73,29	1550	/	/	1-2	78,65	2302
	2	73,29	1420	/	/	2-3	78,65	2302
9	1-3	109,9	3304	109,9	451	1-2	78,65	2302
	2	73,29	2287	109,9	169,5	2-3	"	"
8	1-3	154,4	2779	117,9	1476	1-2	"	"
	2	154,4	2705	117,9	561	2-3	78,65	2302
7	1-3	154,4	3244	"	2232	1-2	78,65	2302
	2	"	3130	"	1216	2-3	"	"
6	1-3	"	3889	154,4	2033	1-2	"	1917,13
	2	154,4	3657	154,4	1455	2-3	78,65	1917,13
5	1-3	4024	154,4	"	2116	1-2	78,65	1793,8
	2	3969	154,4	"	1797	2-3	"	1793,8
4	1-3	182,6	3617	154,4	2711	1-2	78,65	1703
	2	182,6	3292	154,4	2038	2-3	78,65	1703
3	1-3	"	3793	"	2935	1-2	"	"
	2	"	3723	"	2586	2-3	"	"
2	1-3	182,6	4035	166	2926	1-2	78,65	1614,5
	2	182,6	3726	166	2406	2-3	78,65	1614,5
1	1-3	198	4119	198	2862	1-2	102,9	910,93
	2	198	4008	198	2620	2-3	102,9	910,93
				ARMA-SUP	ARMA-INF	ARMA EN TRA		

5 - Verification en appui :

Appui de rive

$$C_0^{\min} = a - r + d = 50 - 5,5 \cdot 1,6 + 5 = 46,2 \text{ cm.}$$

$$N 10 \div (6+1) \quad C_{\max} = 2T_{\max} / b \overline{\sigma}_b = 2 \cdot 15060 / (102,75 \cdot 35) = 8,37 \text{ cm.}$$

Donc $C_0 > C$

$$N 6 \div 3 \quad C_0^{\min} = 54 \text{ cm ; } C^{\max} = 9,82 \text{ cm. } \rightarrow C_0 > C$$

$$N 2 \div 1 \quad C_0^{\min} = 64 \text{ cm } C^{\max} = 10,82 \text{ cm } \rightarrow C_0 > C.$$

Donc les barres ne seront pas entraînées.

La contrainte de compression dans la bielle reste inférieure à la contrainte admissible

6 - Armatures inférieures en appuis.

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

Niveau	T	M	$(T+M/3)/\xi$	A	Niveau	T	M	$(T+M/3)/\xi_a$	A
10	11,66		2,77	8,08	5	15,77	13,193	10,28	12,86
9	12,54	1,805	0,9	8,08	4	16,47	16,90	12,28	12,86
8	13,57	5,909	6,16	8,08	3	17,65	18,29	12,90	12,86
7	14,39	8,941	7,85	8,08	2	17,15	20,24	14,21	14,36
6	15,39	12,672	9,94	12,86	1	19,21	25,56	17,22	18,84

7 - Condition de non entrainement des barres.

On vérifie $\bar{\epsilon}_d = T / \eta p z \leq \bar{\epsilon}_d = 3 \bar{\sigma}_b = 26,55 \text{ kg/cm}^2$ en SP_2 .

N	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T	12,903	13,301	14,281	15,086	15,93	16,137	16,47	17,66	17,91	19,21
hp	20,11	20,11	22,110	22,11	22,4	22,11	27,13	27,13	27,13	27,13
$\bar{\epsilon}_d$	13,33	13,70	13,42	14,18	14,96	15,17	12,6	13,53	13,70	14,71
$\bar{\epsilon}_d$	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55

7 - Armatures transversales.

$$\bar{\epsilon}_b = T / b z ; t = A_t \cdot z \cdot \sigma_{at} / T.$$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T^{\max}	12,90	13,301	14,28	15,09	15,93	16,14	16,47	17,66	17,91	19,21
χ	16,67	16,20	15,06	14,30	13,50	13,33	13,06	12,18	12,01	11,19

$$\bar{\epsilon}_b^{\max} = T^{\max} / b z = 19206 / 35 \cdot 48,13 = 11,40 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\epsilon}_b = 19,8 \text{ kg/cm}^2$$

Ecartement admissible.

(RPA 81)

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{t} = 13,8 \text{ cm en zone nodale} \\ \bar{t} = 27,5 \text{ cm en zone courante.} \end{array} \right.$$

(CCBA 68)

$$\bar{t} = 11 \text{ cm.}$$

On choisit un écartement de 13 cm en zone nodale et 20 cm en zone courante.

Sens Longitudinal

Armatures Supérieures et Vérifications des contraintes :

N	App	n _{cal}	A _{cal}	nT _x	A _{con}	σ_b'	σ_a
10	1-6	4,795	2,82	4T14	6,16	109,9	1828
9	1-6	7,672	4,52	4T14	6,16	109,9	2904,8
8	1-6	13,318	7,26	2T20 2T16	10,28	154	3126,9
7	1-6	15,404	9,08	2T20 2T16	10,28	154	3616,8
6	1-6	21,23	12,50	4T20	12,56	166,6	4034,3
5	1-6	22,032	13,02	4T20	12,56	166,6	4185
4	1-5	23,351	13,77	8T16	16,80	197	3430,7
	6	26,43	15,58	8T16	16,80	197	3885,1
3	1	20,15	11,88	8T16	16,80	197	2960
	2-6	28,09	16,56	8T16	16,80	197	4126
2	1	17,324	10,22	4T20	12,56	166	3350
	2-4-5	39,36	22,69	8T20	25,13	250	3975,7
	3	35,48	20,60	8T20	25,13	250	3584
	6	44,753	25,62	8T20	25,13	250	4500
1	1	20,708	12,21	4T20	12,56	166	2090
	2-4-5-6	33,42	19,48	8T20	25,13	250	3373
	3	29,97	17,58	8T20	25,13	250	3025

Armatures en traversés et en appuis :

des poutres longitudinales sont des poutres non porteuses sollicitées surtout par les forces latérales sismiques, donc elles doivent avoir des armatures symétriques avec une section en traversé au moins égale à la demi-section en appui. (RPA81, P61).

* Vérification à la fissuration :

On se limite à vérifier les sections les plus exposées à la fissuration

$$A = 6,16 \text{ cm}^2 \quad (4T14)$$

$$\bar{\omega}_f = \frac{6,16}{210} = 0,0293 \quad \Rightarrow \quad \sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{14} \cdot \frac{0,0293}{1 + 0,293} = 3883,65 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1(\text{SR}_2) = 5825,5 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 10,28 \text{ cm}^2 \quad (2T20 + 2T16)$$

$$\bar{\omega}_f = \frac{10,28}{210} = 0,0489 \quad \Rightarrow \quad \sigma_1 = 3944 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1(\text{SR}_2) = 5916 \text{ kg/cm}^2 > 4200 \text{ kg/cm}^2$$

Les autres sections vérifient également la condition de fissuration.

* Condition de non fragilité : (CCBA 68, Art 52)

$$- A_{\min} = b h \cdot \gamma \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_a} \cdot \left(\frac{h_t}{h}\right)^2 = 35 \cdot 47 \cdot 0,54 \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{50}{47}\right)^2 = 2,2 \text{ cm}^2$$

$$- A_{\min} < \text{Inf } A_L = 6,16 \text{ cm}^2$$

* Vérification de la flèche :

$$h_t = 50 \text{ cm} > l/16 = 37,5 \text{ cm}$$

$$- k = \frac{M_t}{M_0} \leq 0,5 \quad ; \quad \frac{l}{10} = 60 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad k \frac{l}{10} \leq 30 \text{ cm} \quad \rightarrow \quad h_t > \frac{M_t}{M_0} \cdot \frac{l}{10}$$

$$- \text{max } A_L = 12,56 \text{ cm}^2 < \frac{b h \cdot 43}{\sigma_{en}} = \frac{35 \cdot 47 \cdot 43}{4200} = 16,85 \text{ cm}$$

* Vérification en appui :

$$C_0(\min) = 45,30 \text{ cm}$$

$$T_{\max} = 15,438 \text{ t} \quad \rightarrow \quad C_{\max} = \frac{2 \cdot 15438}{102,75 \cdot 35} = 8,6 \text{ cm}$$

$C_0(\min) > C(\max)$ donc c'est vérifié pour chaque appui.

Condition de non entrainement des barres.

Niveau	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T_{max}	4,488	6,318	8,942	10,688	13,743	14,893	16,443	18,423	27,365	22,230
n_p	17,60	17,60	22,62	22,62	25,13	25,13	60,17	60,17	25,13	25,13
$\bar{\epsilon}_d$	6,19	8,82	9,62	11,49	13,30	14,42	6,65	7,45	26,40	21,60
$\bar{\epsilon}_d$	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55	26,55

$$\max \bar{\epsilon}_d = 26,40 \text{ kg/cm}^2 < 26,55 \text{ kg/cm}^2$$

Donc aucune barre ne sera entraînée.

Armatures transversales

On utilise deux cadres en $\phi 8$ $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{t} = 11,75 \text{ cm en zone nodale}$$

$$t = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T_{max}}$$

** Écartement admissible * RPA 81

$$\left. \begin{array}{l} \bar{t} = 23,5 \text{ cm en zone courante} \\ \bar{t} = 9,4 \text{ cm} \end{array} \right\}$$

* CCBA 68

Niveau	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
σ'_b	109,9	109,9	154	154	166,6	166,6	197	197	250	250
$\bar{\epsilon}_b$	30,36	30,36	26,56	26,56	25,50	25,50	22,86	22,86	18,29	18,29
$T_{max(t)}$	4,488	6,318	8,942	10,688	13,743	14,893	16,443	18,423	27,365	22,23
t	44,2	31,40	22,20	18,56	14,43	13,32	12,08	10,77	7,25	8,93

$$\bar{\epsilon}_b \max = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = \frac{22,23 \cdot 10^3}{35 \cdot \frac{7}{8} \cdot 47} = 15,44 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\epsilon}_b \max < \bar{\epsilon}_b \min = 18,3 \text{ kg/cm}^2$$

On adopte un écartement de 10 cm en zone nodale et de 15 cm en zone courante.

$$l' = 0,2h = 9,4 \text{ cm}$$

B/ Poteaux :

Les poteaux sont calculés en flexion composée sous la plus défavorable des combinaisons des efforts en SP_2 ou sous SP_1 et éventuellement vérifiées en SP_3 .

Notation :

- e_0 = excentricité de la force extérieure dans le plan radial passant par le centre de gravité de la section du béton seul.
 - e_1 = rayon vecteur de même signe que e_0 du noyau central situé dans le même plan radial ; $e_1 = ht/6$
 - M_0 = Moment fictif engendré par l'effort normal de compression ou de traction ; $M_0 = N \cdot e_a$.
 - e_a = bras de levier du moment M_0 par rapport à la section tendue.
 - $e_a = e_0 + (ht/2 - d)$ pour une section partiellement comprimée (SPC).
 - $e_a = e_0 - (ht/2 - d)$ " " " " tendue (SPT).
- Si N est l'effort de compression (resp^t de traction) et si on a :
- $e_0 > e_1 \Rightarrow$ la section est dite partiellement comprimée (resp^t tendue)
 - $e_0 < e_1 \Rightarrow$ " " " " entièrement " (" ")

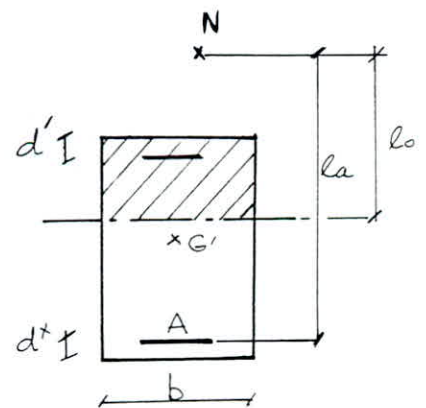
Calcul des armatures longitudinales :

1 - Section partiellement comprimée :

$$A = \frac{M_0}{\beta \alpha \bar{\sigma}_a} \quad \text{et} \quad A = A - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} \quad (\beta a = \frac{7h}{8})$$

$$A' = A' = \frac{M_0 - Mr_b}{(h-d) \bar{\sigma}_a'} \quad (\text{Si } Mr_b < M_0)$$

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

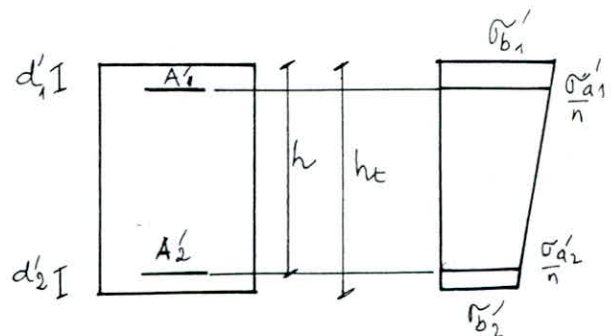


2 - Section entièrement comprimée

$$P = \bar{\sigma}_b' \cdot \frac{bht}{N} ; \quad \beta = \frac{6e_0}{ht} ; \quad s = \frac{d}{ht}$$

$$D = 0,3(P - \beta) - 0,9(1 - P)(1 - 2s)^2$$

$$E = P - 1 - \beta$$

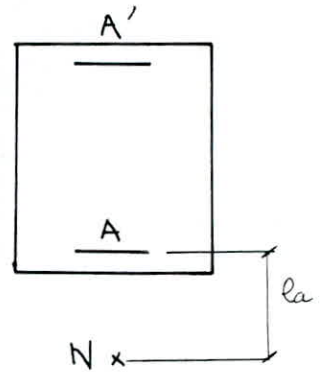


$$c = 0,27(1-2s)^2 \cdot p$$

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

3 - Section partiellement tendue :

Même principe de calcul que pour une section partiellement comprimée avec toutefois : $A = A_0 + N/\bar{\sigma}_a$



4 - Section entièrement tendue :

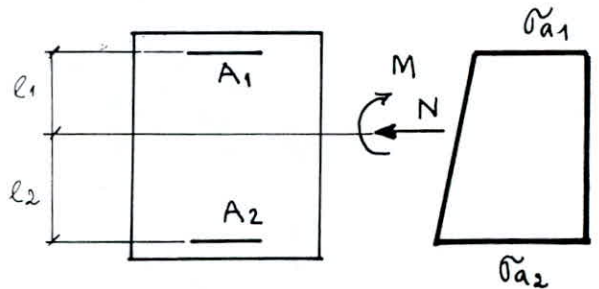
$$z = l_1 + l_2$$

$$F_1 = (Nl_2 - M)/z ; F_1 = A_1 \bar{\sigma}_{a1}$$

$$F_2 = (Nl_1 + M)/z ; F_2 = A_2 \bar{\sigma}_{a2}$$

les sections minimales A_1 et A_2 sont :

$$A_1 = \frac{Nl_2 - M}{z \bar{\sigma}_a} \quad \text{et} \quad A_2 = \frac{Nl_1 + M}{z \bar{\sigma}_a}$$



- Vérification des contraintes :

* Section entièrement comprimée :

$$A'_1 = A'_2$$

$$u_1 = u_2 = ht/2 ; B'_0 = bht + 2nA'$$

$$I_{xx} = b \frac{h^3}{12} + 2nA \left(\frac{ht}{2} - d \right)^2 ; \quad \bar{\sigma}'_b / b_2 = \frac{N}{B'_0} \pm \frac{M}{I} \cdot \frac{ht}{2}$$

$$\bar{\sigma}'_a / a_2 = n \left(\frac{N}{B'_0} \pm M \cdot \frac{a_1 - d'_1}{I} \right)$$

* Section partiellement comprimée (tendue) :

On utilisera les tableaux de DAVIDOVICI

$$A = A'$$

$$K_c = \frac{N}{M} ht ; \quad \omega = \frac{100A}{bht} = \frac{100A'}{bht} \rightarrow K_b ; K$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{1}{K_b} \cdot \frac{M}{bht^2} ; \quad \bar{\sigma}_a = K \bar{\sigma}'_b$$

* Compression Simple :

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

- θ_1 = coef^t qui tient compte des possibilités d'excentricité de la charge d'un plancher nervuré ou non.

$$\theta_1 = \begin{cases} 1,8 & \text{pour un poteau d'angle} \\ 1,4 & \text{" " " de rive} \\ 1,0 & \text{" " " intermédiaire} \end{cases}$$

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

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

a = plus petite dimension transversale.

c = enrobage des armatures longitudinales

$$- \theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}}$$

* Vérification au flambement :

$$l_c = 0,7 l_0 = \begin{cases} 220,5 \text{ cm} & \text{Si } l_0 = 3,15 \text{ m} \\ 420,0 \text{ cm} & \text{Si } l_0 = 6,00 \text{ m} \end{cases}$$

$$i = \frac{I}{B} ; I = b \frac{h^3}{12} ; B = bh \Rightarrow i = \frac{h}{\sqrt{12}}$$

- Niveau 10-7 $\Rightarrow i = 14,43$ et $\lambda = 15,28$

- Niveau 6-3 $\Rightarrow i = 17,32$ et $\lambda = 12,31$

- Niveau 2 $\Rightarrow i = 20,21$ et $\lambda = 10,90$

- Niveau 1 $\Rightarrow i = 20,21$ et $\lambda = 20,78$

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

* Armatures transversales : (RPA 81, P.60)

T = effort tranchant pris égal à :

$$\begin{cases} 2 \times T_{\text{calcul}} & \text{si } \lambda \geq 15 \\ 3 \times T_{\text{calcul}} & \text{si } \lambda < 15 \end{cases}$$

$$t = \text{espacement des armatures} = \frac{A_t h_t \sigma_{\text{en}}}{1,25 T}$$

A_t = Section d'armatures transversales

σ_{en} = contrainte nominale des armatures transversales

- Ecartement admissible :

$$\bar{t} \leq 12\phi \quad \text{en zone courante} \quad (\phi = \text{plus petit diamètre des armatures longitudinales})$$

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

* Sections minimales (RPA 81, P.60)

- Armatures longitudinales :

$$N(10-7) \quad 25 \text{ cm}^2 \leq A_l \leq 100 \text{ cm}^2$$

$$N(6-3) \quad 36 \text{ cm}^2 \leq A_l \leq 144 \text{ cm}^2$$

$$N(2-1) \quad 49 \text{ cm}^2 \leq A_l \leq 196 \text{ cm}^2$$

- Armatures transversales :

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

* longueurs de recouvrement :

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

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

Niv	Nature Section	Nmin (t)	Mcorr (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)
10	P.C	1,948	4,79	2,70	-
9	P.C	2,358	7,52	4,28	-
8	P.C	1,347	10,65	6,14	-
7	P.C	1,216	15,08	8,79	-
6	P.T	-3,360	20,29	10,42	-
5	P.T	-9,250	23,68	12,77	-
4	P.T	-17,035	24,15	13,89	-
3	P.T	-26,660	26,83	15,72	-
2	P.T	-41,080	47,70	24,98	-
1	P.T	-58,080	80,03	40,68	-

Nature Section	Nmax (t)	Mcorr (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)
P.C	4,890	3,59	1,56	-
"	11,397	7,53	3,14	-
"	19,571	10,63	4,06	-
"	28,990	15,03	5,59	-
"	40,770	16,63	3,55	-
"	53,790	19,26	3,36	-
"	66,560	24,30	4,41	-
"	81,180	26,85	4,00	-
"	102,430	35,53	3,34	-
"	120,143	80,03	20,23	-

Nature Section	N (t)	Mcorr (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)	l ₁ (cm)
P.C	3,874	0,748	<0	<0	8,33
E.C	7,735	0,511	"	"	8,33
"	11,624	0,482	"	"	8,33
"	15,420	0,475	"	"	8,33
"	19,084	0,693	"	"	10
"	22,704	0,735	"	"	10
"	25,246	0,531	"	"	10
"	27,790	0,531	"	"	10
"	31,270	0,710	"	"	11,66
"	34,340	0,336	"	"	11,66

Sens Longitudinal - Poteau intermédiaire

Niv	Nature Section	Nmin (t)	M (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)
10	P.C	15,315	2,805	0,63	-
9	"	28,680	5,978	0,26	-
8	"	42,370	9,216	0,64	-
7	"	55,750	12,386	0,97	-
6	"	68,930	13,766	<0	-
5	"	22,270	16,130	<0	-
4	"	95,620	20,335	<0	-
3	"	108,960	22,650	<0	-
2	"	122,120	33,330	0,18	-
1	"	135,270	68,705	13,70	-

Nature Section	Nmax (t)	M (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)
P.C	21,642	4,647	0,28	-
"	42,808	8,762	0,31	-
"	63,570	11,980	<0	-
"	83,930	14,863	<0	-
"	103,510	20,176	<0	-
"	122,860	23,640	<0	-
"	141,770	24,402	<0	4,055
"	160,700	27,178	<0	13,07
"	179,330	39,990	<0	29,54
"	196,814	82,490	12,49	8,25

Nature Section	N (t)	M (tm)	A (cm ²)	A' (cm ²)
C.S	22,142	-	-	1,31
"	44,20	-	-	2,62
"	65,763	-	-	3,89
"	86,950	-	-	5,15
"	107,050	-	-	5,78
"	126,938	-	-	6,85
"	146,300	-	-	7,90
"	165,600	-	-	8,94
"	184,700	-	-	13,09
"	202,430	-	-	30,35

Sens transversal - Poteau intermédiaire

Tableau récapitulatif

Poteau	Sens	Armo	N _{corr}	M _{corr}	Soll
RIVE	TRANS	27,13	16,56	68,013	PC
	LONG	31,03	23,402	66,69	PT
Intermed	TRANS	13,70	135,27	68,705	PC
	LONG	40,70	58,08	80,03	PT
D'ANGLE	TRANS	27,13	10,77	67,63	PC
	LONG	31,03	9,55	71,136	PT

Remarques :

- Ces résultats sont celles du vz de chaussée
- On remarque que les armatures sont plus importantes dans le sens long que dans le sens transv.
- En aucun cas les armatures fournies n'ont atteint le minimum exigé par le RPA.

On adopte pour les poteaux du premier et second niveau.

Ds le sens long $A = A' = 6T25 = 29,45 \text{ cm}^2$.

Ds le sens trans $A = A' = 4T25 + T20 = 22,77 \text{ cm}^2$

Vérification des contraintes

Sens long $\left. \begin{array}{l} K_e = \frac{N}{M} h t = 0,50 \\ \omega = \frac{100 A}{b h t} = 0,60 \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} K_b = 0,16 \\ K = 27,56 \end{array}$

$$\frac{1}{\sigma_b} = \frac{1}{K_b} \cdot \frac{M}{b h t^2} = 145,83 \text{ Kg/cm}^2 < 205,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_a = 27,56 \cdot 145,83 = 4019 \text{ Kg/cm}^2 < 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Sens transversal.

$$\left. \begin{array}{l} K_e = 1,38 \\ \omega = 0,50 \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} K_b = 0,15 \\ K = 15,86 \end{array} \rightarrow \begin{cases} \sigma_b' = 159,75 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_a = 2533 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$$

Armatures transversales

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

$$\bar{t} \leq \min 12 \phi \implies \bar{t} = 19,2 \text{ cm} \quad \text{en zone courante}$$

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

on prend $t_{zc} = 20 \text{ cm}$

$t_{zn} = 15 \text{ cm.}$

CHAPITRE 9

FOUNDATIONS'

Calcul des Fondations

Introduction

Les fondations que nous allons étudier sont des fondations superficielles

La contrainte admissible du sol à 5 m de profondeur est de $2,5 \text{ kg/cm}^2$.

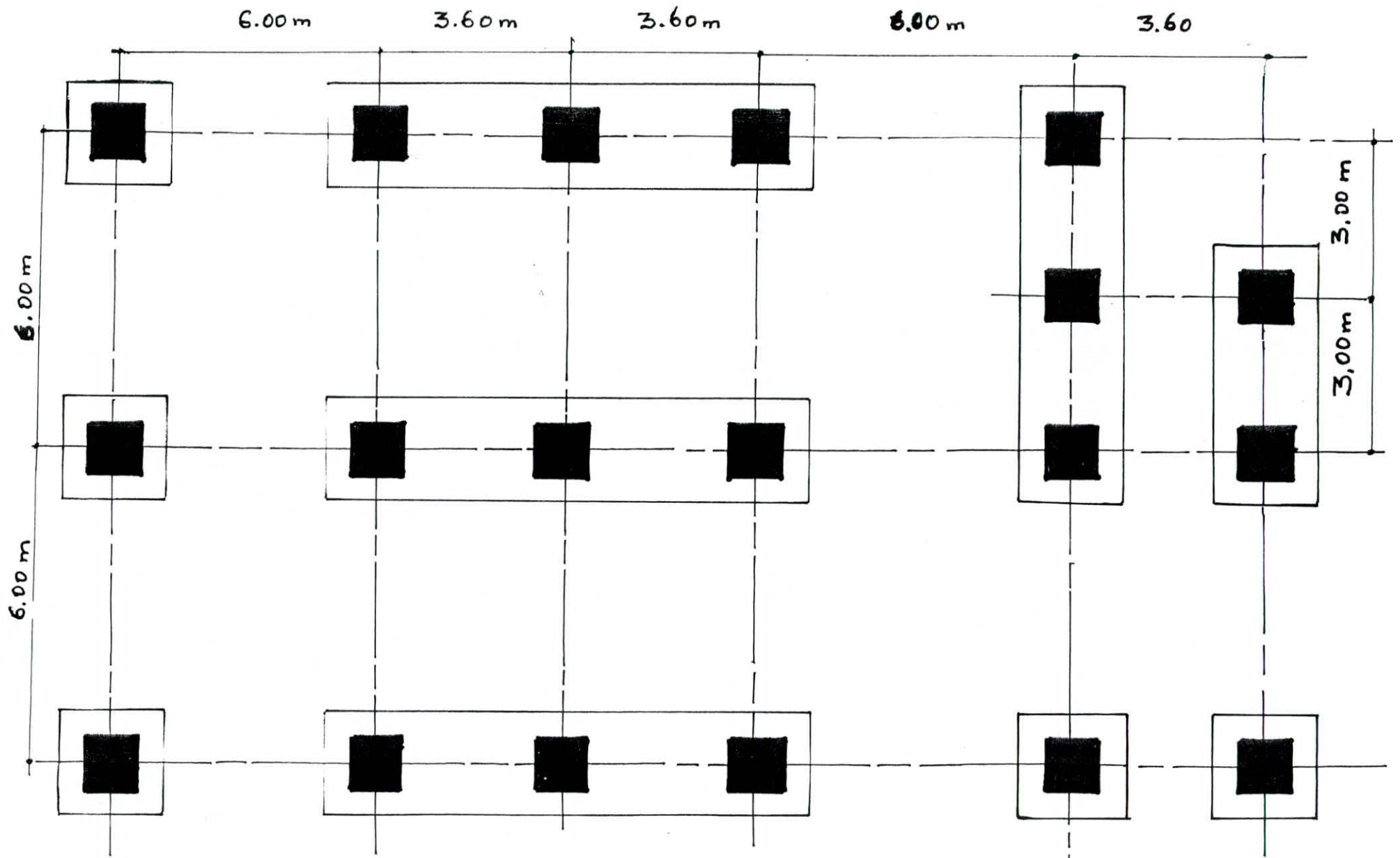
On disposera au dessous des semelles une couche de béton de propreté d'épaisseur 10 cm.

Types de semelles

Nous avons deux types de semelles.

- * Des semelles isolées sous poteau : ce type de semelle a été choisi du fait que les poteaux sont suffisamment espacés qu'on n'a pas à craindre l'interférence des contraintes.
- * Semelles continues sous 2 et trois poteaux : ce type de semelle a été adopté parce que parmi les poteaux, il y a certains qui sont tellement rapprochés qu'il y a risque d'interférence des contraintes.

Le calcul des semelles se fera en compression simple sous S_P , et la vérification sera en flexion composée sous la sollicitation du second genre.

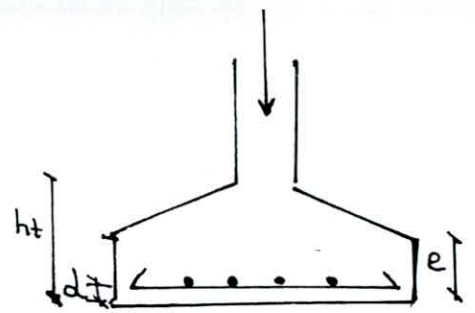


PLAN DE COFFRAGE DE FONDATION

A Semelles isolées

A.1 Semelle S1

$$N = 202,48 \text{ t}$$



A1.1 Dimensionnement

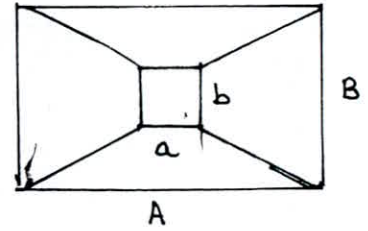
** calcul de B

On a un poteau carré (70x70) donc on choisit une semelle carrée (A=B).

On a la condition

$$\sigma_s = \frac{N}{S} \leq \bar{\sigma}_s \Rightarrow B \geq \sqrt{\frac{N}{\bar{\sigma}_s}} \geq \sqrt{\frac{202,48 \cdot 10^3}{2,5}} = 284 \text{ cm}$$

On choisit A=B=3m.



** calcul de ht:

* Condition de rigidité.

$$h_1 \geq \frac{B-b}{4} = \frac{300-70}{4} = 57,5 \text{ cm}$$

* Condition de non poinçonnement.

$$h_2 \geq 1,44 \cdot \sqrt{\frac{N}{\sigma_{b0}}} = 78,29 \text{ cm}$$

on prendra $h \geq \max(h_1, h_2) = 80 \text{ cm}$

$h = 80 \text{ cm}$ $ht = 85 \text{ cm}$

** calcul de l'épaisseur de la semelle.

l'épaisseur doit vérifier :

$$e \geq 6\phi + 6$$

pour $\phi = 20 \text{ mm}$ $e \geq 18 \text{ cm}$ sont

$e = 20 \text{ cm}$

Verification de la contrainte du sol

$N_{\text{tot}} = N + N(\text{poids de la semelle}) + \frac{1}{2} \text{ poids du poteau}$
 poids de la semelle.

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

$$N_s = 3 \cdot 2,5 \left[3 \cdot 0,20 + \left(\frac{0,70+3}{2} \right) (0,85-0,20) \right] = 13,52 \text{ t}$$

$\frac{1}{2}$ poids du poteau.

$$N_p = 2,5 \cdot 0,70^2 \cdot 1,40 = 1,71 \text{ t}$$

$$N_t = 202,48 + 13,52 + 1,71 = 217,71 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma}_s = \frac{N}{S} = \frac{217,71 \cdot 10^3}{300^2} = 2,41 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s = 2,5 \text{ kg/cm}^2$$

A-1.2 Ferrailage de la semelle

Le calcul des armatures se fera par la méthode des bielles. On aura un a ferrailage symétrique dans les deux sens.

$$A_x = A_y = \frac{Q(B-b)}{8h\sigma_a} = \frac{215,63 \cdot 10^3 \cdot (300-70)}{8 \cdot 80 \cdot 2800}$$

$A_x = A_y = 27,67 \text{ cm}^2$ on adopte 14 HA16 ($A = 28,21 \text{ cm}^2$)
espacement 22 cm.

A.1.3 Vérifications

Sens Transversal

$$N^{\max} = 174,76 \text{ t} \quad M_{\text{corresp}} = 81,98 \text{ tm.}$$

$$N_{\text{Tot}}^{\max} = 174,76 \text{ t} + 13,52 + 1,71 = 189,99 \text{ t}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{S} \mp \frac{M}{I} v = \frac{N}{S} \mp \frac{6M}{A^3}$$

$$\text{soient : } \sigma_1 = 3,93 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 0,29 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma(H/4) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 3,02 \text{ Kg/cm}^2 < 1,5\bar{\sigma}_s = 3,75 \text{ Kg/cm}^2$$

--Vérifiée--

Sens longitudinal

$$N^{\max} = 70,57 \text{ t} \quad M_{\text{corr}} = 27,010 \text{ Kg/cm}^2$$

$$N_t^{\max} = 85,80 \text{ t}$$

$$\sigma_{1,2} = 0,95 \mp 0,60 \rightarrow \sigma_1 = 1,55 \text{ Kg/cm}^2 ; \sigma_2 = 0,35 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma(H/4) = 1,25 \text{ Kg/cm}^2 < 3,75 \text{ Kg/cm}^2$$

--Vérifiée--

A2 Semelle S2

$$N = 134,47 \text{ t}$$

Même principe de calcul que pour "S1".

On obtient:

Dimensionnement: $B = A = 2,50 \text{ m.}$

$$h_t = 70 \text{ cm} ; h = 65 \text{ cm.}$$

$$e = 70 \text{ cm.}$$

Ferrailage:

$$N_s = 7,63 \text{ t} ; N_p = 1,71 \text{ t.} \quad N = 134,47 \text{ t}$$

$$N_t = 143,81 \text{ t.}$$

$$\sigma = \frac{N_t}{S} = 2,30 \text{ Kg/cm}^2 < 2,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A_x = A_y = 17,78 \text{ cm}^2.$$

On adopte 12 T14 ($A = 18,47 \text{ cm}^2$) espacées de 20 cm.

Verifications

sens transversal

$$N^{\max} = 158,80t$$

$$M^{\text{corr}} = 11,13tm$$

$$N^{\text{tot}} = 168,15t.$$

$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 = 3,12 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2,26 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \sigma(A/4) = 2,90 \text{ Kg/cm}^2 < 3,75 \text{ Kg/cm}^2.$$

Verifié.

Sens longitudinal

$$N^{\max} = 89,38t \quad N^{\text{tot}} = 98,72t$$

$$M^{\text{corr}} = 1,15tm.$$

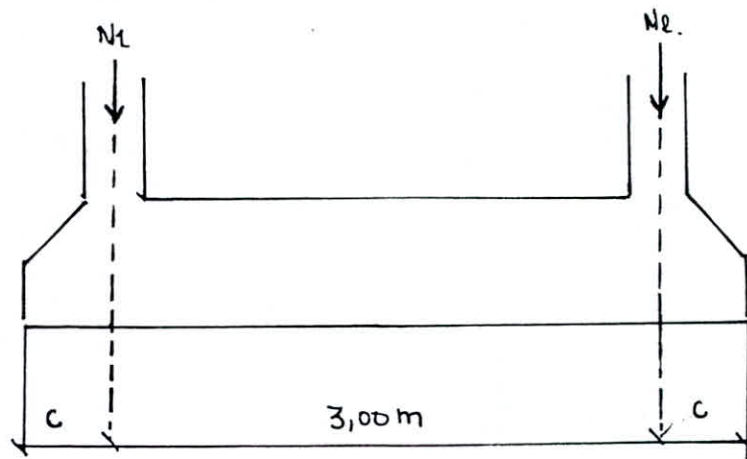
$$\left. \begin{array}{l} \sigma_1 = 1,63 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1,53 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right\} \Rightarrow \sigma(A/4) = 1,61 \text{ Kg/cm}^2 < 3,75$$

Verifiée

Resume

Semelle.	Ax	Ay	espacements
1	14T16	14T16	22
2	12T14	12T14	20

B/ Semelles continues sous deux poteaux



Dimensionnement de la semelle.

$$l = 3,00 \text{ m} ; \quad N_1 = 100 \text{ t} ; \quad N_2 = 175,52 \text{ t}$$

$$N = N_1 + N_2 = 275,52 \text{ t.}$$

$$L = 2c + 3 = 6 \text{ m} \Rightarrow c = 1,50 \text{ m.}$$

$$B \gg \frac{N}{L \sigma_s} = \frac{275,52 \cdot 10^3}{6 \cdot 2,5} = 183,68 \text{ cm.}$$

soit $B = 2,40 \text{ m.}$

Hauteur de la poutre.

* condition de rigidité.

$$h_t = \left(\frac{l}{6} \div \frac{l}{9} \right)$$

$$\text{soit } h_t = \left(\frac{300}{6} \div \frac{300}{9} \right) = (50 \div 33) \text{ cm}$$

* condition de non poinçonnement.

$$h \geq 1,44 \sqrt{N / 0,66} = 1,44 \sqrt{275 / 69,5} = 91,32 \text{ cm.}$$

On prendra $h_t = 1 \text{ m.}$

épaisseur e

$$e \geq 6\phi + 6 ; \quad \phi = 20 \text{ cm} \quad \text{soit } e = 18 \text{ cm.}$$

On prendra $e = 20 \text{ cm.}$

Pour des semelles continues sous poteaux, la répartition des contraintes sur le sol est en fonction de la raideur de la semelle, pour étudier cette dernière, on utilise la Théorie de la poutre sur le sol élastique
Longueur élastique "le"

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

$$I = \frac{B h^3}{12}$$

E : module élastique du béton - $2 \cdot 10^5 \text{ Kg/cm}^2$

k : coefficient de raideur du sol 4 Kg/cm^2 .

$$l_e = 3,59 \text{ m.}$$

si $l < l_e \cdot \frac{\pi}{2}$ le calcul se fera en supposant une répartition linéaire des contraintes sur le sol et il n'y a pas lieu de faire les calculs

relatifs à la poutre sur sol élastique

Dans notre cas $l = 3,00 \text{ m}$; $le \frac{\pi}{2} = 5,64 \text{ m} > l$ condition vérifiée!

Bilou et position des efforts sur la semelle

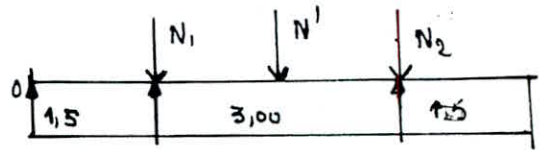
$$N_{\text{Tot}} = N + N_{\text{sem}} + N_{\text{Terre}}$$

$$N_{\text{sem}} = \left[L \cdot e + \frac{b+B}{2} (ht - e) \right] B \cdot 2,5 = 22,08 \text{ t}$$

$$N_{\text{Terre}} = 1,8 B (L \cdot D) = 1,8 \cdot 2,40 (6 \cdot 1,8) = 46,66 \text{ t}$$

$$N_{\text{Tot}} = 344,26 \text{ t}$$

$$N' = N_{\text{sem}} + N_{\text{Terre}} = 68,74 \text{ t}$$



$$\sum M/0 = 0 \Rightarrow 1,50 N_1 + 3 N' + 4,5 N_2 = N_{\text{Tot}} \cdot x$$

$$\text{soit } x = 3,33 \text{ m}$$

Nt se trouve à 3,33 m de 0.

$$l'excetricite \quad e = |3,00 - 3,33| = 33 \text{ cm}$$

$$e < \frac{L}{4} = \frac{6}{4} = 1,5 \text{ m} \text{ la semelle est stable.}$$

Vérification de la contrainte du sol.

$$\bar{\sigma}_s = \frac{Q_t}{L \cdot B} = \frac{344,4 \cdot 10^3}{600 \cdot 240} = 2,39 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s$$

Terrage de la semelle.

On suppose une répartition uniforme des contraintes. $q = \frac{275,52}{L} = 45,92 \text{ t/ml}$.

Diagrammes des efforts

Armatures longitudinales.

$$T_{\text{max}} = 51,69 \text{ tm}$$

$$T_{\text{min}} = 68,88 \text{ t}$$

$$h = 95 \text{ cm}, B = 240 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15M}{\sigma_a \cdot b \cdot h} = 0,013$$

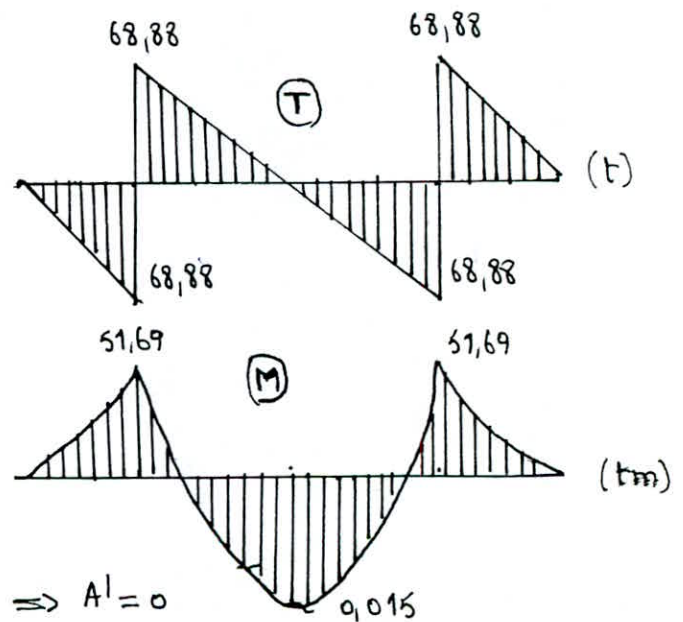
$$\rightarrow \epsilon = 0,949$$

$$\kappa = 83,5$$

$$\frac{1}{\sigma_b} = \frac{\sigma_a}{\sigma_b} = 33,53 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M \cdot \kappa}{\sigma_a \cdot \epsilon \cdot h} = 20,58 \text{ cm}^2$$

On prévoit 12 T 20 (A = 26,45 cm²).



Vérifications Diverses

condition aux oppois: $A \bar{\sigma}_a = 74,06 \cdot 10^3 > T + \frac{M}{z} = 66,96 \cdot 10^2 \text{ t}$

Entraînement des barres

$$\varepsilon_d = \frac{T_{\max}}{npz} \leq \bar{\varepsilon}_d$$

p : périmètre utile d'adhérence. $p = \pi \phi$ barre isolée.

$$\varepsilon_d = \frac{68,88 \cdot 10^3}{8} = 10,99 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\varepsilon}_d = 2\psi \bar{\sigma}_b = 12 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 95 \quad \bar{\varepsilon}_d = 3\bar{\sigma}_b = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$$

Donc $\varepsilon_d < \bar{\varepsilon}_d$.

Armatures transversales

$$\varepsilon_b = T/bz = 3,45 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 33,53 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow \bar{\varepsilon}_b = 3,5\bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$$

La condition de non usaillement est vérifiée.

$\varepsilon_b < \bar{\varepsilon}_b$ on utilise des cadres et étriers à la ligne moyenne.

Espacement.

$$t = \frac{Atz\bar{\sigma}_b}{T}$$

On choisit trois cadres $\phi 10$. = 2,35 cm².

$$t \leq \frac{2,35 \cdot 7 \cdot 95 \cdot 2400}{8 \cdot 68,88 \cdot 10^3} = 7,34 \text{ cm.}$$

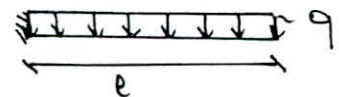
Ecartement admissible

$$\bar{t} = \max \left\{ 0,2h; 1 - 0,3 \frac{\varepsilon_b}{\bar{\sigma}_b} \right\} = 19 \text{ cm.}$$

On optera pour $t = 12 \text{ cm.}$

Calcul d'armatures dans le sens transversal

Le calcul se fera pour une bande de 7 m., la section de calcul est celle de l'encastrement.



$$q = \bar{\sigma}_b \cdot 7 \text{ m} = 23,9 \text{ t/ml.}$$

$$\eta = \frac{ql^2}{2} = 8,63 \text{ t/ml.}$$

$$l = \frac{B-b}{2} = 85 \text{ cm.}$$

$$T_{\max} = ql = 20,31 \text{ t/ml}$$

$$\mu = 15M / \bar{\sigma}_b b h^2 = 0,006 \rightarrow \eta = 140; \varepsilon_s = 0,969.$$

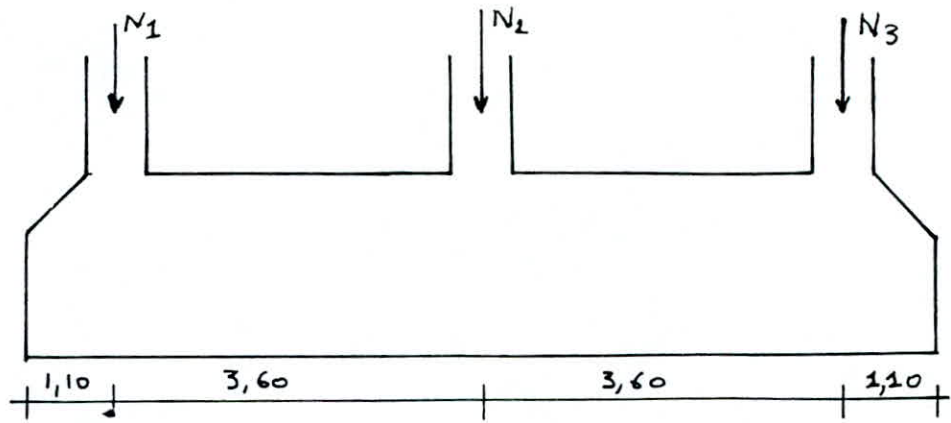
$$\bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_b b h} = 3,35 \text{ cm}^2 \text{ soit } \frac{6510 \text{ ml.}}{t = 16 \text{ cm.}}$$

Vérification de la contrainte de usaillement

$$\varepsilon_b = T/bz = 20,31 \cdot 10^3 / 100 \frac{7}{8} 95 = 2,44 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\varepsilon}_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$$

Semelle continue sur 3 poteaux



$$\left. \begin{aligned} N_1 &= 238,86 \text{ t} \\ N_2 &= 189,71 \text{ t} \\ N_3 &= 238,86 \text{ t} \end{aligned} \right\} \text{ Sous SP1.}$$

- Dimensionnement de la semelle :

L = Longueur de la semelle ; B = Largeur de la semelle

$$L = 9,40 \text{ m}$$

* Calcul de B :

$$S = B \cdot L \geq \frac{\sum N_i}{\sigma_s} = \frac{667,43}{25} = 26,69 \text{ m}^2 \Rightarrow B \geq 2,84 \text{ m}$$

On prend $B = 3,50 \text{ m}$.

Le fonctionnement de la semelle qui doit être assez rigide se fait dans les deux sens.

* Calcul de h_t :

- Condition de rigidité

$$h_t = \frac{l}{6} \div \frac{l}{9}$$

l : entre axes des poteaux

$$h_t = \frac{360}{6} \div \frac{360}{9} = (60 \div 40).$$

- Condition de non poinçonnement :

$$h \geq 1,44 \sqrt{\frac{R}{\sigma_{60}}} = 1,44 \sqrt{\frac{267,43 \cdot 10^3}{68,5}}$$

$$\text{On prend } \underline{h = 1,45 \text{ m}} ; \underline{h_t = 1,50 \text{ m}}$$

* épaisseur e :

$$e \geq 6\phi + 6 ; \text{ avec } \phi = 20 \text{ cm} \Rightarrow e \geq 28 \text{ cm}$$

$$\text{On prend } \underline{e = 20 \text{ cm}}$$

* pour les semelles continues sous poteaux, la répartition des contraintes sur le sol est en fonction de la raideur de la semelle, pour étudier

la raideur nous utilisons la théorie de la poutre sur sol élastique.

- Calcul de la longueur élastique de la semelle " l_e "

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4E \cdot I}{K \cdot B}}$$

I : moment d'inertie de la semelle ; $I = \frac{B \cdot h_t^3}{12} = \frac{350 \cdot 150^3}{12} = 98437500 \text{ cm}^4$

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

K : coefficient de raideur du sol ; $K = 4 \text{ Kg/cm}^2$

B : Largeur de la semelle ; $B = 3,50 \text{ m}$

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot 2 \cdot 98437500}{4 \cdot 350}} = 487,00 \text{ cm}$$

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

l : entre-axes des poteaux.

$l = 3,60 \text{ m} < \frac{\pi}{2} \cdot l_e = 7,65 \text{ m} \Rightarrow$ Condition vérifiée.

On peut supposer une répartition linéaire des contraintes sur le sol.

Bilan et position des efforts sur la semelle:

$$N_{\text{tot}} = N_1 + N_2 + N_3 + (\text{Poids de la semelle}) + \text{poids des terres}$$

- poids de la semelle :

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

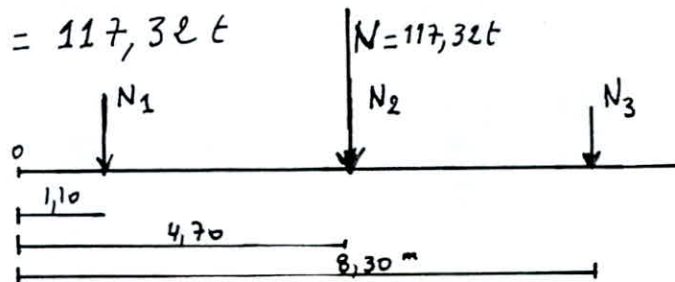
$$N_s = 3,50 \cdot 2,5 \left[9,40 \cdot 0,20 + \frac{0,70+3,50}{2} (1,50 - 0,20) \right] = 40,34 \text{ t}$$

- poids des terres :

$$N_t = 1,8 \cdot B (1,30 \times 9,40) = 76,98 \text{ t}$$

$$N_{\text{tot}} = 784,75 \text{ t}$$

$$N = N_s + N_t = 117,32 \text{ t}$$



* Résultante des efforts normaux et position de cette résultante :

$$\Sigma M/O = 0 \Rightarrow 1,10N_1 + N_2 \cdot 4,70 + N \cdot 4,70 + N_3 \cdot 8,30 - R \cdot x = 0$$

$$x = \frac{N_1 (1,10 + 8,30) + 4,70 (N_2 + N)}{R}$$

$$x = 4,69 \text{ m}$$

donc la résultante $R = 761,78 \text{ t}$ se trouve à $4,69 \text{ m}$ /à 0.

l'excentricité : $e = |4,70 - 4,68| = 0,02 \text{ m}$

$$e = e_{cm} < \frac{L}{4} = \frac{9,40}{4} = 2,35 \text{ m} \rightarrow \text{La semelle est stable.}$$

* Calcul de (σ_1, σ_2)

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{tot}}{L \cdot B} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 2,42 \text{ Kg/cm}^2 < 2,5 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2,35 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s \end{cases}$$

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

$$\sigma(A/4) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 2,4 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s.$$

* ferraillage de la semelle :

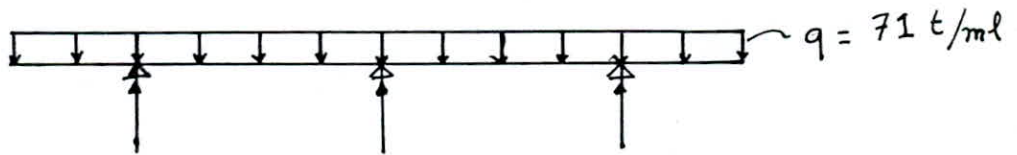
- Sens longitudinal :

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

Remarque :

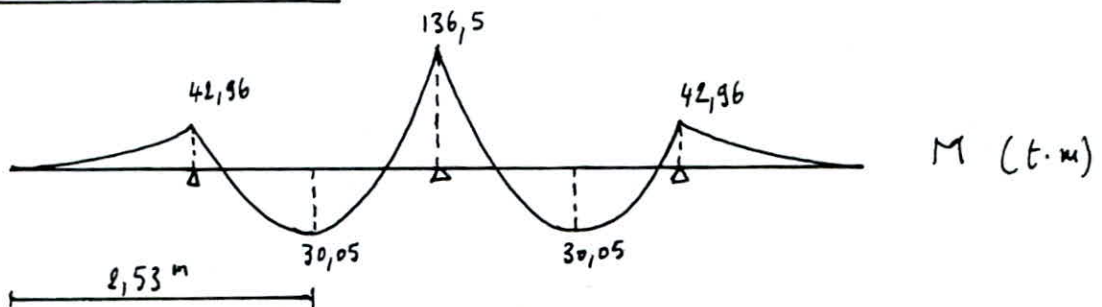
dans le calcul des efforts le poids propre de la semelle doit être retranché de la réaction du sol.

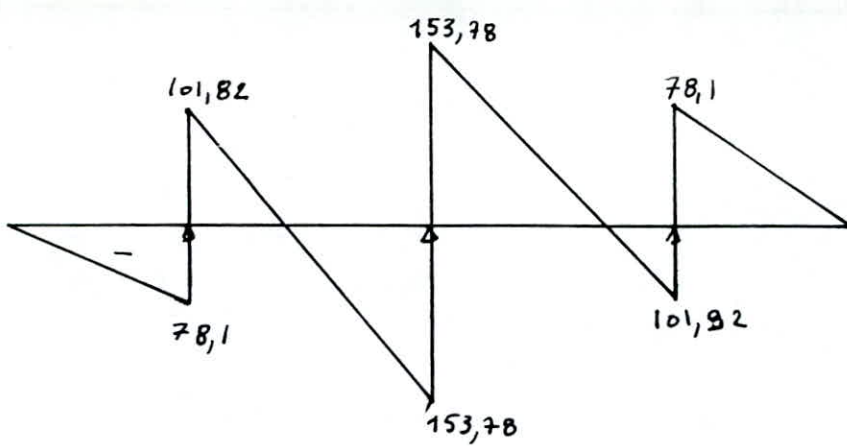
$$q = \frac{N_{tot}}{L} = 71 \text{ t/ml}$$



On utilise l'équation des 3 moments. on aura :

Diagramme de M et T





* En travée

$$M_t = 30,05 \text{ t.m}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h} = 0,0045 \rightarrow \begin{matrix} K = 118 \\ \epsilon = 0,9693 \end{matrix}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}}{K} = 18,18 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 7,63 \text{ cm}^2 \text{ on adoptera } 3 \text{ T} \varnothing 0 = 9,42 \text{ cm}^2$$

* En Appui

$$\begin{cases} M_t = 136,5 \text{ t.m} \\ T = 153,78 \text{ t} \end{cases}$$

$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0099 \rightarrow \begin{matrix} K = 97 \\ \epsilon = 0,955 \end{matrix}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 28,87 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} = 35,21 \text{ cm}^2 \text{ soit } 1 \varnothing \text{ T} \varnothing 0 = 37,71 \text{ cm}^2$$

Vérfications :

* Condition aux appuis :

$$\begin{cases} A \bar{\sigma}_a \geq (T + \frac{M}{2}) = 46193 \text{ t} \\ A \bar{\sigma}_a = 105588 \text{ t} \end{cases} \left. \vphantom{\begin{cases} A \bar{\sigma}_a \geq (T + \frac{M}{2}) = 46193 \text{ t} \\ A \bar{\sigma}_a = 105588 \text{ t} \end{cases}} \right\} \begin{matrix} A \bar{\sigma}_a > T + M/2 \\ \text{Vérifiée} \end{matrix}$$

* Condition de non entrainement des barres.

$$\sigma_d = \frac{T}{n p \xi} = \frac{8 \cdot 153,78 \cdot 10^3}{12 \cdot \pi \cdot 145,7} = 16,07 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_d = 17,7 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

* Armatures transversales

$$\sigma_b = \frac{T^{\max}}{b \cdot \xi} = \frac{153,78 \cdot 10^3 \cdot 8}{350,7 \cdot 145} = 3,46$$

$$\sigma'_b = 28,87 < \bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow \bar{\sigma}_b = 3,5 \bar{\sigma}'_b = 20,65 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b \quad \text{Verifiée}$$

On utilise des cadres et étriers perpendiculairement à la ligne moyenne.

- Calcul des espacements :

$$t \leq \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T}$$

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

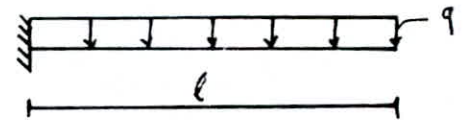
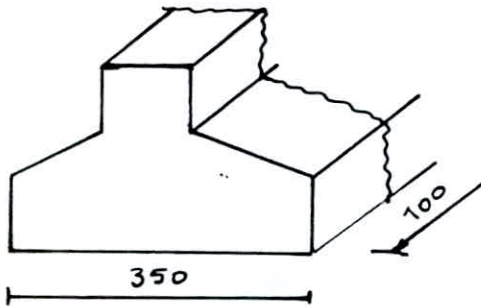
On choisit des cadres $\varnothing 10 = 3,14 \text{ cm}$

$$t \leq 7,25 \text{ cm}$$

$$\bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2h = 29 \text{ cm} \\ (1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b}) = 86 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \text{On prend } t = 30 \text{ cm}$$

- Calcul d'armatures transversales :

pour une bande de 1 m



$$q = \sigma \cdot 1 = 24,2 \text{ t/ml}$$

$$l = \frac{8-b}{2} = 1,40 \text{ m}$$

$$M^{\max} = q \cdot \frac{l^2}{2} = 23,72 \text{ t.m/ml}$$

$$T^{\max} = q \cdot l = 33,88 \text{ t/ml}$$

$$\mu = 0,006 \rightarrow \begin{cases} K = 91,5 \\ E = 0,953 \end{cases}$$

$$\sigma_b' < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A = 6,13 \text{ cm}^2 \text{ soit } 6 \text{ T } 12 = 6,78 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

$$t = 28 \text{ cm.}$$

Verification au cisaillement

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T^{\max}}{b \cdot z} = 2,67 < 3,5 \bar{\sigma}_b$$

Verifiée, pas de risque de cisaillement

c) Semelles continues sous trois poteaux.

me principe de calcul que pour des semelles continues sous deux poteaux.

$$N_1 = 168,43 \text{ t}; N_2 = 153,56 \text{ t}; N_3 = 165,43 \text{ t}.$$

Dimensions

$$L = 9,40 \text{ m}; B = 2,50 \text{ m}; h_t = 1,30 \text{ m}; h = 1,25$$

$$e = 20 \text{ cm}.$$

Armatures transversales.

(Ds le sens transversal)

$$q = 2,08 \text{ kg/cm} = 20,8 \text{ t/ml}.$$

$$l = 90 \text{ cm}. \quad \eta^{\max} = 8,42 \text{ t/ml}$$

$$A = 2,67 \text{ cm}^2 \quad \underline{\text{soit (6T12)}} \quad A = 6,78 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

Armatures longitudinales

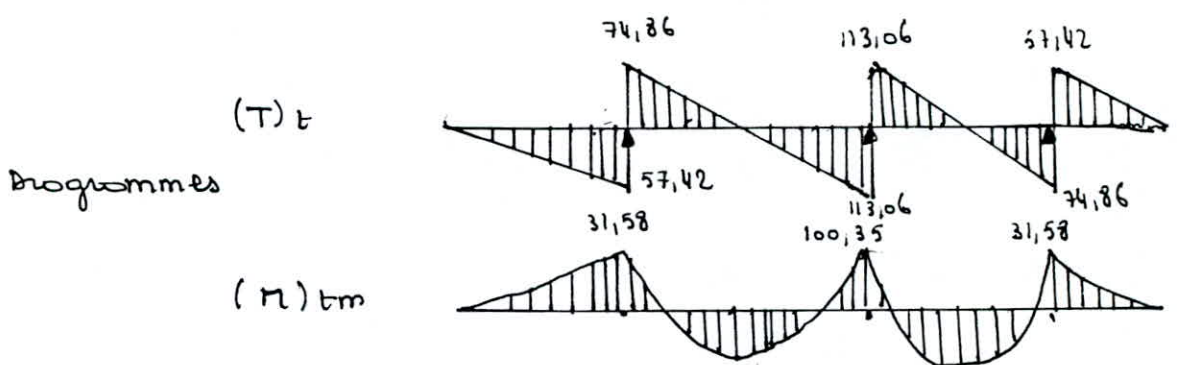
En appui

$$\tau^{\max} = 43,06 \text{ t}; \quad \eta^{\max} = 100,35$$

$$A = 12 \text{ T}20 \quad A = 37,4 \text{ cm}^2 \quad t = 20 \text{ cm}.$$

En travée

$$\eta = 22,10 \text{ t.m.} \quad \underline{A = 4 \text{ T}16} = 8,09 \text{ cm}^2$$



Resumé Semelle continue

sous poteaux.

Type de Semelles	A sens long	A sens trans	t 6 pos. At.
Semelles sous 2 pot	12 T 20	6 T 10	16
Semelles sous 3 pot	4 T 16	6 T 12	16

CHAPITRE 10

LONGINES'

Calcul des longrines

des longrines sont prévues entre les semelles dans les 2 sens du bâtiment pour reprendre les moments à la base des poteaux.

Ces longrines doivent être calculées conformément à l'article 42.3.3 (RPA 81) pour résister à la traction sous l'action d'une force égale à :

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

* $N/10$ " " " meubles.

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

N: désigne l'effort axial du poteau en question.

Dimensionnement et ferraillement des longrines :

$$N_{max} = 238,86 \text{ t}$$

$$N/10 = 23,88 \text{ t}$$

la section d'aciers nécessaires à la traction est : $A \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{23,88 \cdot 10^3}{2800} = 8,53 \text{ cm}^2$

On prendra donc $A = 8T12 = 9,04 \text{ cm}^2$

Condition de non fragilité :

$$B_f \leq \frac{A \bar{\sigma}_m}{\bar{\sigma}_{28}} = \frac{9,04 \cdot 4200}{23,2} \Rightarrow \sqrt{B_f} \leq 41 \text{ cm}$$

On prendra donc des longrines $(35 \times 45) \text{ cm}^2$

* Vérification à la fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{9,04}{35 \times 45} = 0,006$$

$$\sigma_1 = \frac{k_n}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10\bar{\omega}_f} = 970,35 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k_n \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2607 \text{ kg/cm}^2$$

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

la condition de non fissuration n'est pas vérifiée ; on doit changer donc la contrainte admissible $\bar{\sigma}_a$.

$$\bar{\sigma}_a = N/A = \frac{23,88 \cdot 10^3}{9,04} = 2641,59 \text{ kg/cm}^2$$

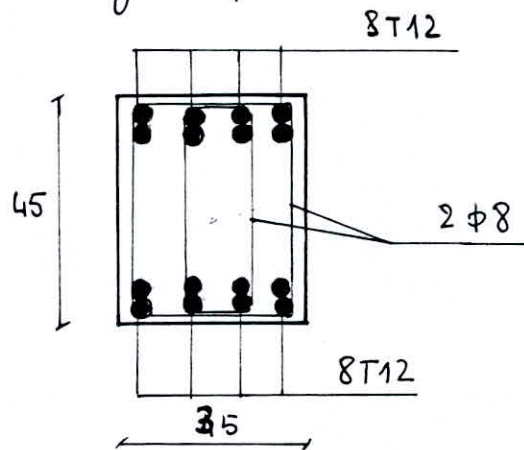
$\Rightarrow \bar{\sigma}_a$ est toujours $> \bar{\sigma}_2$ donc on change de contrainte

On prendra finalement $\bar{\sigma}_a = \bar{\sigma}_2 = 2607 \text{ kg/cm}^2$

Armatures transversales :

On prendra 2 cadres $\phi 8 = 1 \text{ cm}^2$ espacés de 15 cm

les longrines doivent être armées Symétriquement :





CHAPITRE 11

VOILE

PÉRIPHÉRIQUE

Voile périphérique

Prescriptions "RPA 81" :

des ossatures au dessous du niveau de base, formées de poteaux courts, vides Sanitaires ou sous sols doivent comporter un voile périphérique continu entre le niveau des fondations et le niveau de base en zones II et III.

Pour assurer un bon chaînage et une bonne stabilité de l'ensemble du bâtiment ce voile doit avoir les caractéristiques minimales suivantes :

- 1- hauteur du voile $\geq \max \left(\frac{1}{10} \text{ de la hauteur totale du bâtiment ; } 0,80 \text{ m} \right)$
la hauteur pour notre cas sera de 4m.
- 2- d'épaisseur du voile doit être $\geq 15 \text{ cm}$; on prendra donc $e = 20 \text{ cm}$.
- 3- Ferrailage du voile :

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

$$A_e \geq 0,20\% \cdot h \cdot e = 0,20\% \cdot 400 \cdot 20 = 16 \text{ cm}^2$$

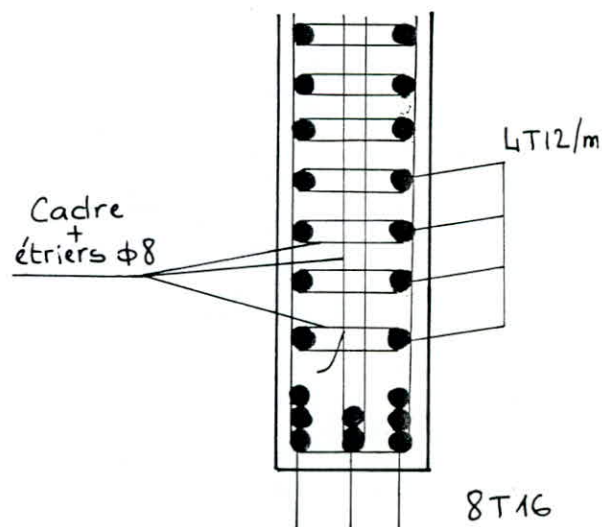
$$\text{Soit donc } A_e = 8T16 = 16,13 \text{ cm}^2$$

* Armatures longitudinales de peau :

$$A \geq 2 \text{ cm}^2 / \text{ml} \quad \text{Soit } 4T12$$

c'est à dire $4,52 \text{ cm}^2 / \text{ml}$ et par face

* Dans les angles du voile, on met des équerres de renforcement.



BIBLIOGRAPHIE

- R.P.A 81
- Règles C.C.B.A 68
- Règles Neige et vent 65
- Calcul et verification des ouvrages de béton armé (P.Charon)....
- Tables pour le calcul des dalles et des parois (R.BARRES).....
- Traité de B.A tome 3 et4 (GUERRIN)
- Traité de béton armé tome 2 (BELLAZOUGUI)
- Conception et calcul des structures soumises aux seisme (C.P.U).
- Bultins C.T.C n° 5 et 6
- Analyse sismique des batiments en B.A.....(KIYOSHI-MUTO).....
- Aide mémoire béton armé (V. DAVIDOVICI)
- Aide mémoire R.D.M (J. GOULET)

Conclusion

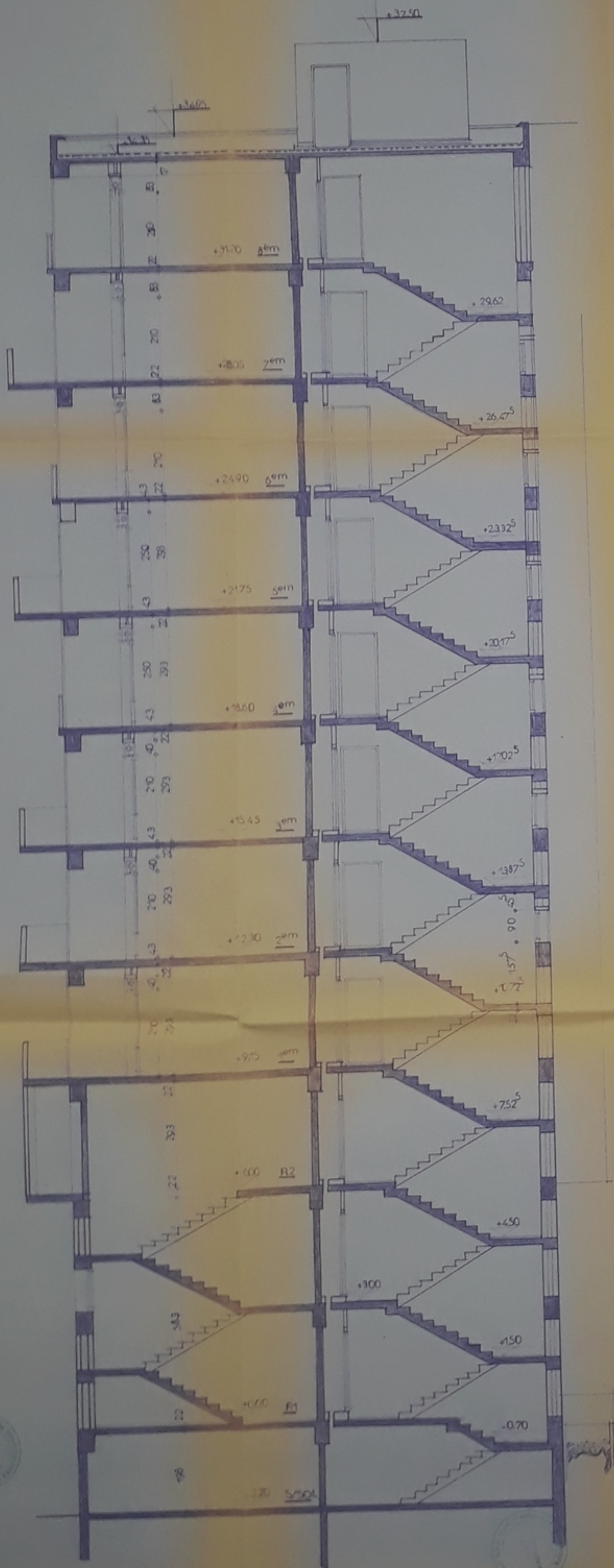
● On peut dire qu'un projet de fin d'étude est une mise en évidence et une application des toutes les connaissances acquises le long de notre scolarité .

Nous les avons appliqués au calcul d'un bâtiment à ossature autostable , dont l'objectif à été de calculer les éléments résistants .

La remarque qu'on peut donner est que le calcul manuel de ces structures de grande hauteur est très laborieux , et les risques d'erreurs sont très grandes .

Les difficultés rencontrées dans notre travail nous ont amenées à apprendre beaucoup de chose , et à reconsevoir partiellement le projet vu le temps qui nous à été imparti .

Nous sommes heureux et animés d'être en fin du cycle étudiantin et dans ce même contexte , quoi que modeste , nous souhaitons que ce projet représentera une aide précieuse , on encourageant les futurs promotions .




PB01387
- 1 -

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
BUREAU D'ETUDES D'ARCHITECTURE DE BLIDA
ROUTE NATIONALE N°5 BAB ELZOUAR ALGER
Tel. 76 34 07 A 99

**RENOVATION
CENTRE VILLE DE BLIDA**



ILOT 3
C3
2 R+8

COUPE

A

MAITRE D'OUVRAGE EPLF BLIDA	
WILAYA BLIDA	VILLE BLIDA
PROMOTION: JANVIER 87	
ECHELLE: 1/50	DATE: AOUT 1986
ETUDIE PAR	- BOUCHELAREM - Med - BOUALI - RACHID
DIRIGE PAR	- MME. BAUCHE

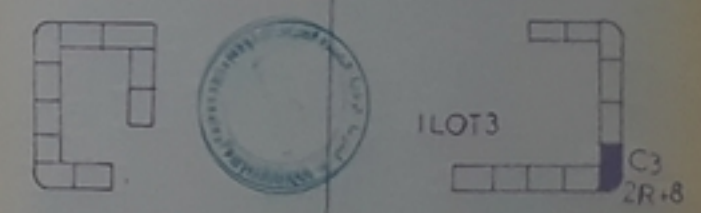


PB01387
-2-

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
BUREAU D'ETUDES D'ARCHITECTURE DE BLIDA
ROUTE NATIONALE N°5 BAZZOUAR, ALGER
Tel: 76 34 07 4 09

**RENOVATION
CENTRE VILLE DE BLIDA**

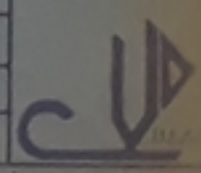


PLAN DE SOUS-SOL

MAITRE D'OUVRAGE : EPLF BLIDA
WILAYA : BLIDA | VILLE : BLIDA
PROMOTION : JANVIER 87
ECHELLE : 1/50 | DATE : AOUT 86

ETUDIE PAR : BOUCHELAREM - Med
BOUALI - RACHID
DIRIGE PAR : M. SAOUDHE

A





PB01387
- 3 -

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

BUREAU D'ETUDES D'ARCHITECTURE DE BLIDA
ROUTE NATIONALE N°5 BABEZZOUAR, ALGER
Té. 76.34.07 A.08

**RENOVATION
CENTRE VILLE DE BLIDA**

LOT 3
C3 2R+8

PLAN 2^{ème} R.D.C

A

MAITRE DOUVRE EPLF BLIDA

WILAYA BLIDA VILLE BLIDA

PROMOTION: JANVIER 87

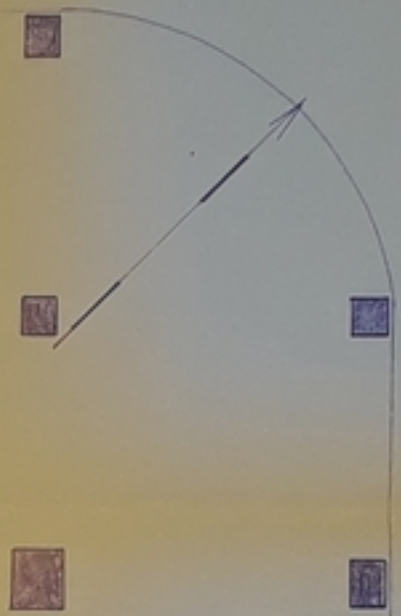
ECHELLE: 1/50 DATE: AOUT 86

ETUDIE PAR: - BOUCHELAREM - MOHAMED

DIRIGE PAR: - BOUALI - RACHID

- M^{me}. BAUCHE



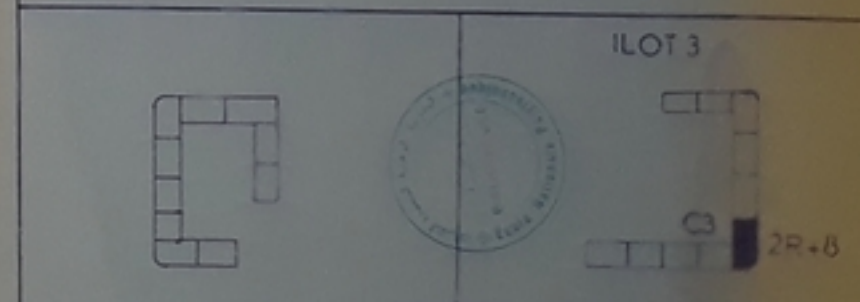


PB01387
- 4 -

الجمهورية الجزائرية لاديمقراطية الشعبية

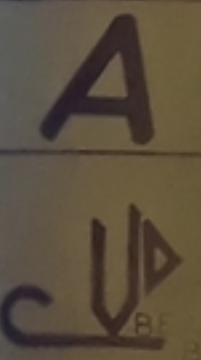
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
BUREAU D'ETUDES D'ARCHITECTURE DE BLIDA
ROUTE NATIONALE N°5 BABEZZOUAR ALGER
Tél. 76.34.07 A 09

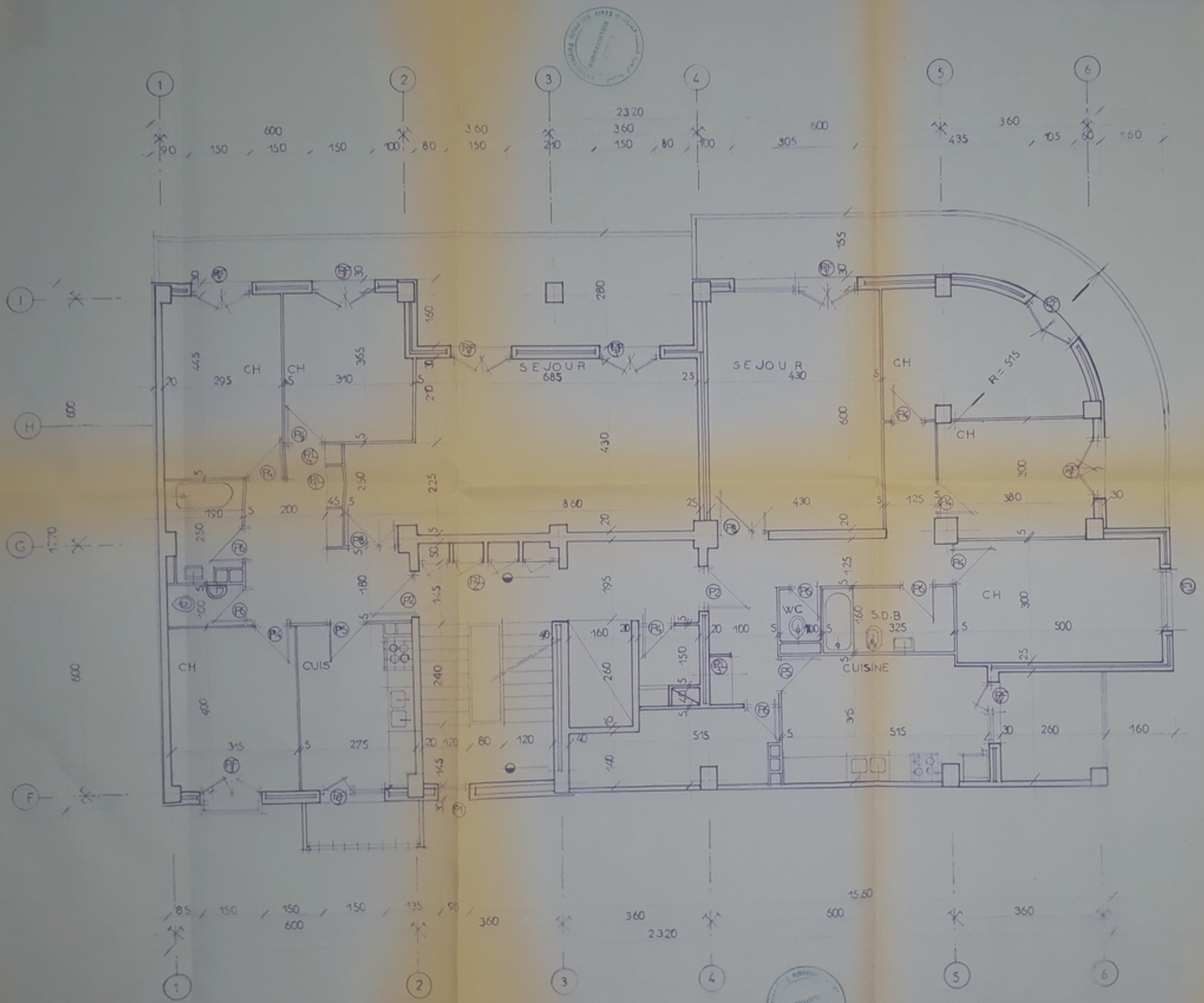
**RENOVATION
CENTRE VILLE DE BLIDA**



PLAN 1^{er} R. D. C

MAITRE D'OUVRAGE	EPLF BLIDA
VILATA	BLIDA
VILLE	BLIDA
PROMOTION:	JANVIER 87
ECHELLE:	1/50
DATE:	AOUT 86
ETUDIE PAR	- BOUCHELAREM-M ^{ed}
	- BOUALI RACHID
	- Mme BACHCHE





PB01387
-5-

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

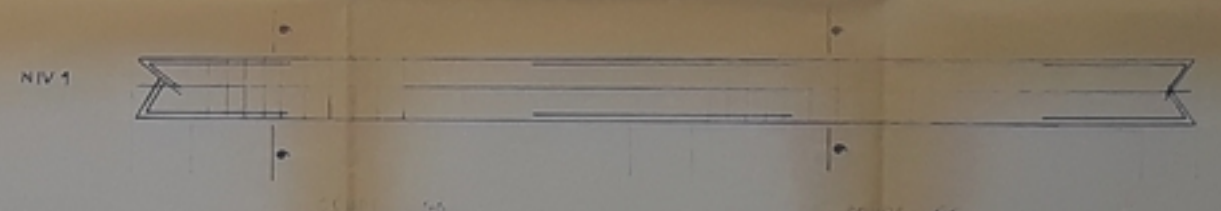
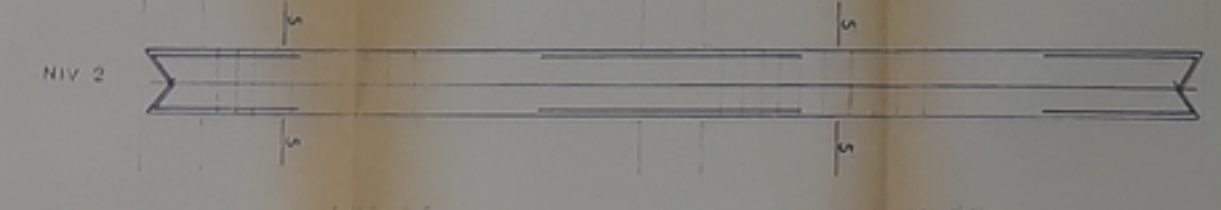
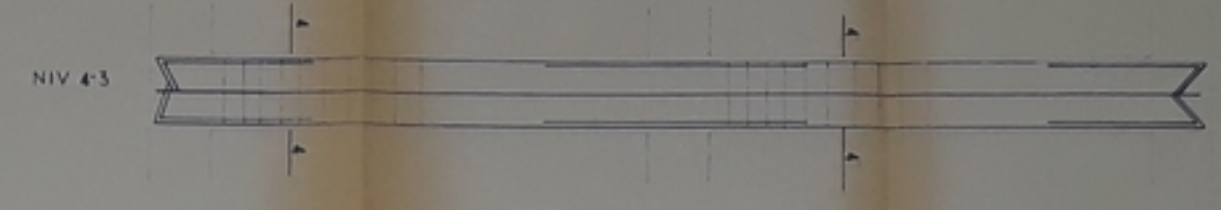
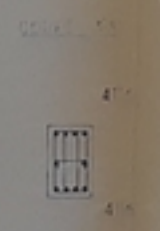
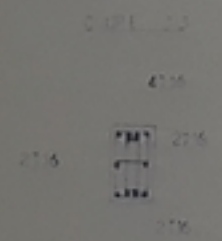
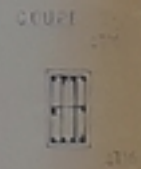
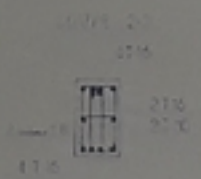
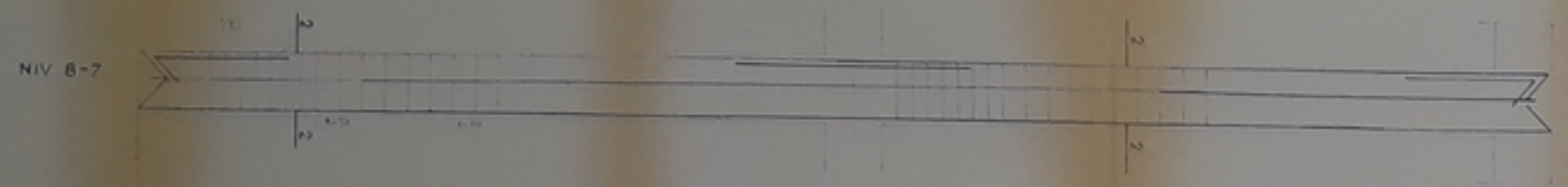
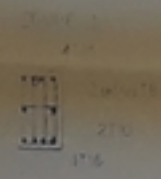
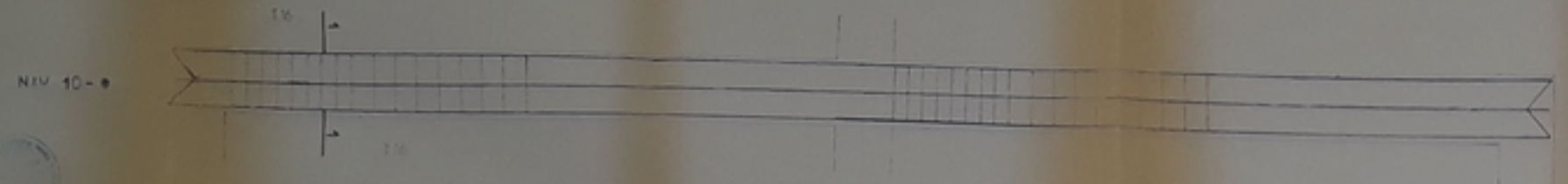
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
BUREAU D'ETUDES D'ARCHITECTURE DE BLIDA
ROUTE NATIONALE N°5, BABEZZOUAR ALGER
Tel. 24 34 07 A 09

RENOVATION
CENTRE VILLE DE BLIDA



ETAGE COURANT

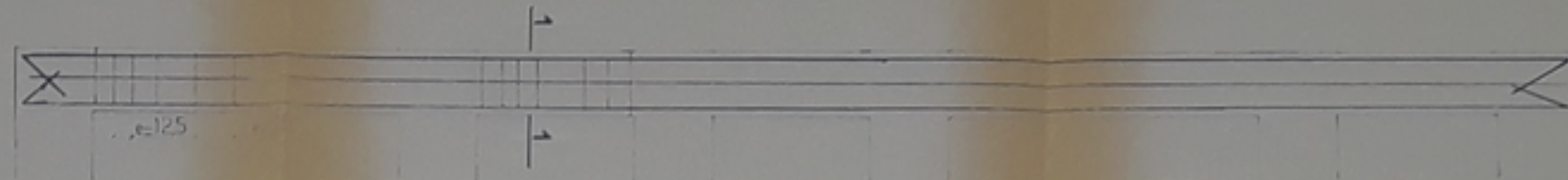
Maitre d'ouvrage: EPLF BLIDA		A
WILAYA: BLIDA	VILLE: BLIDA	
PROMOTION: JANVIER 87		
ECHELLE: 1/50	DATE: AOUT 86	
ETUDE: BOUCHELAREM-M...		
PAR: BOUALI RACHID		
PAR: Mme. B. A...		



جمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية
 REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
 ET POPULAIRE
 ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE
 PROJET DE FIN D'ETUDES
 BATIMENT D'HABITATION
 R+9
 PORTIQUES AUTOSTABLES
 FERRAILLAGE DES
 POUTRES
 LONGITUDINALES

ETUDIE PAR	BOUCHELAREM M ^{me} BOUALI RACHID	DEPARTEMENT	GENIE CIVIL
DIRIGE PAR	Mme BAUCHE	PROMOTION	JANVIER 87
PROPOSE PAR	B-A-E-B	ECHELLE	1/20 1/30

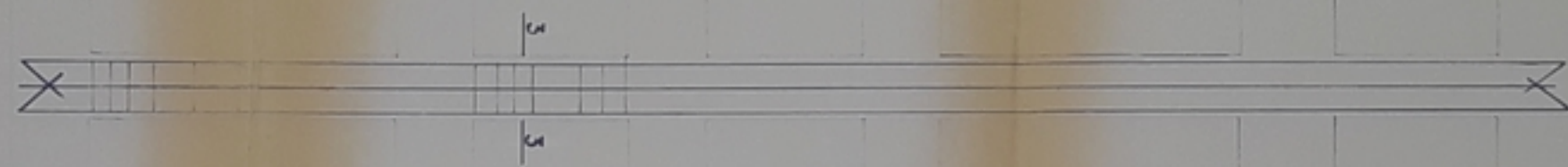
COUPE 11
4112
NIV 10-9
2110
2111



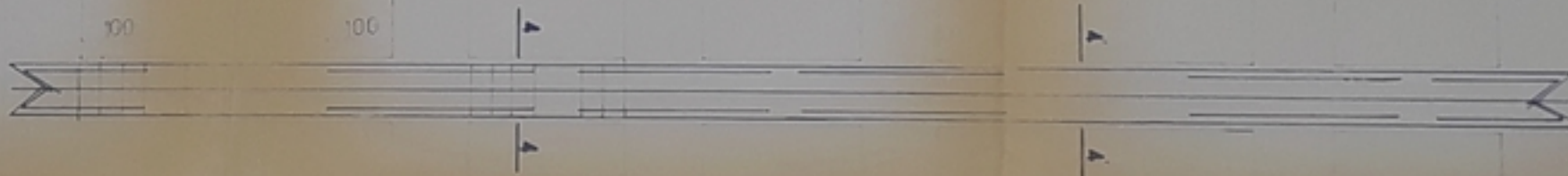
COUPE 22
2120+2116
NIV 8-7
2120+2116



COUPE 33
4120
NIV 6-5
4120

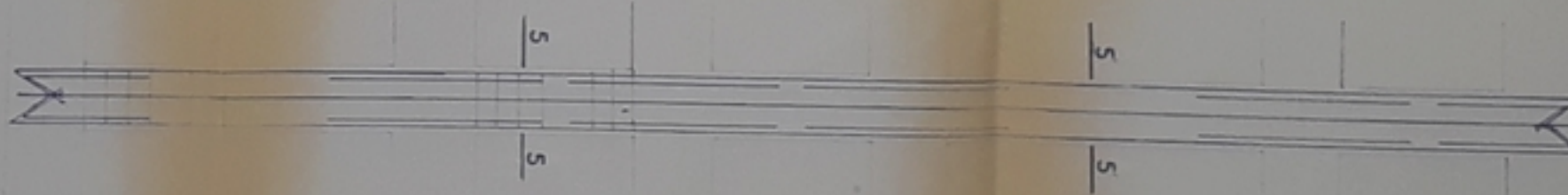


COUPE 44
8116
NIV 4-3
8116
COUPE 44
2116
2116



PE 01387
-2-

COUPE 55
8120
NIV 2-1
8120
COUPE 55
4120
4120



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES
BATIMENT D'HABITATION

R+9

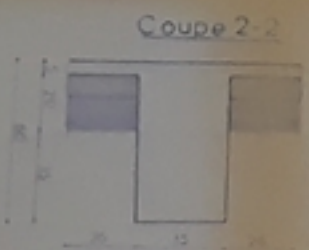
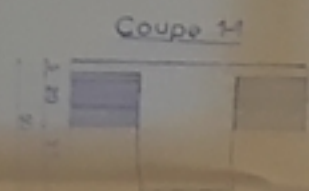
PORTIQUES AUTOSTABLES

FERRAILLAGE DES
POUTRES
TRANSVERSALES

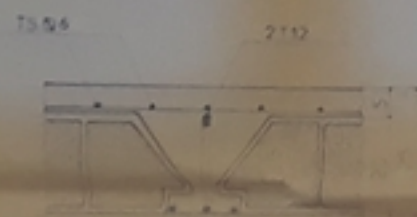
E TUDIE PAR :	BOUCHELAREM-M ^{me} BOUALI RACHID	LE PAR- TEMENT	GENIE CIVIL
DIRIGE PAR :	Mme BAUCHE	PROMO- TION	JANVIER 87
PROPOSE PAR :	B-A-E-B	ECHELLE	1/50

ETAGE COURANT

ETAGE COURANT



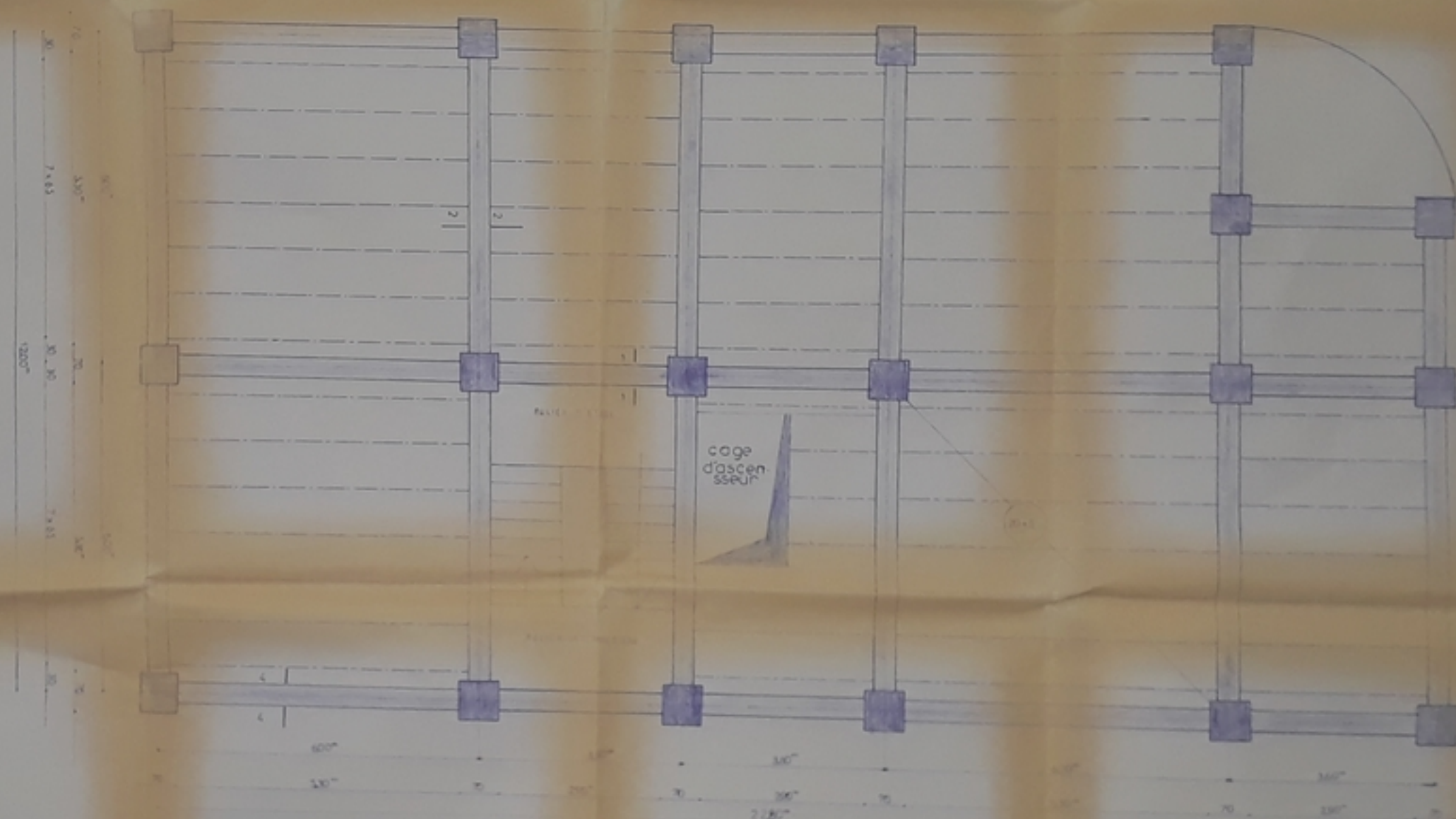
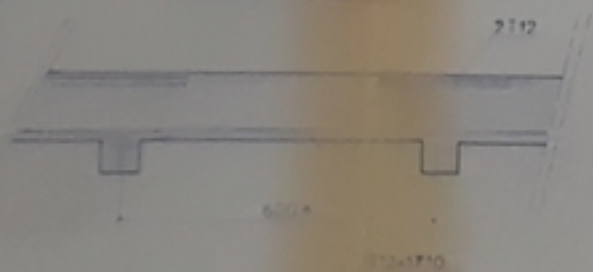
Ferraillage Poutrelle



Coupe 7-8



Coupe Long



cage d'ascenseur

Coupe 4-4



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
 ET POPULAIRE

PROJET DE FIN D'ETUDES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

BATIMENT D'HABITATION

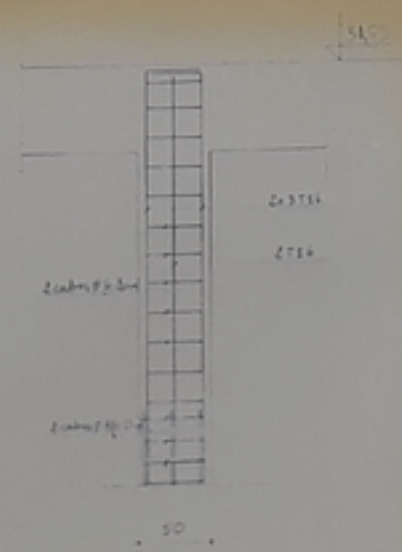
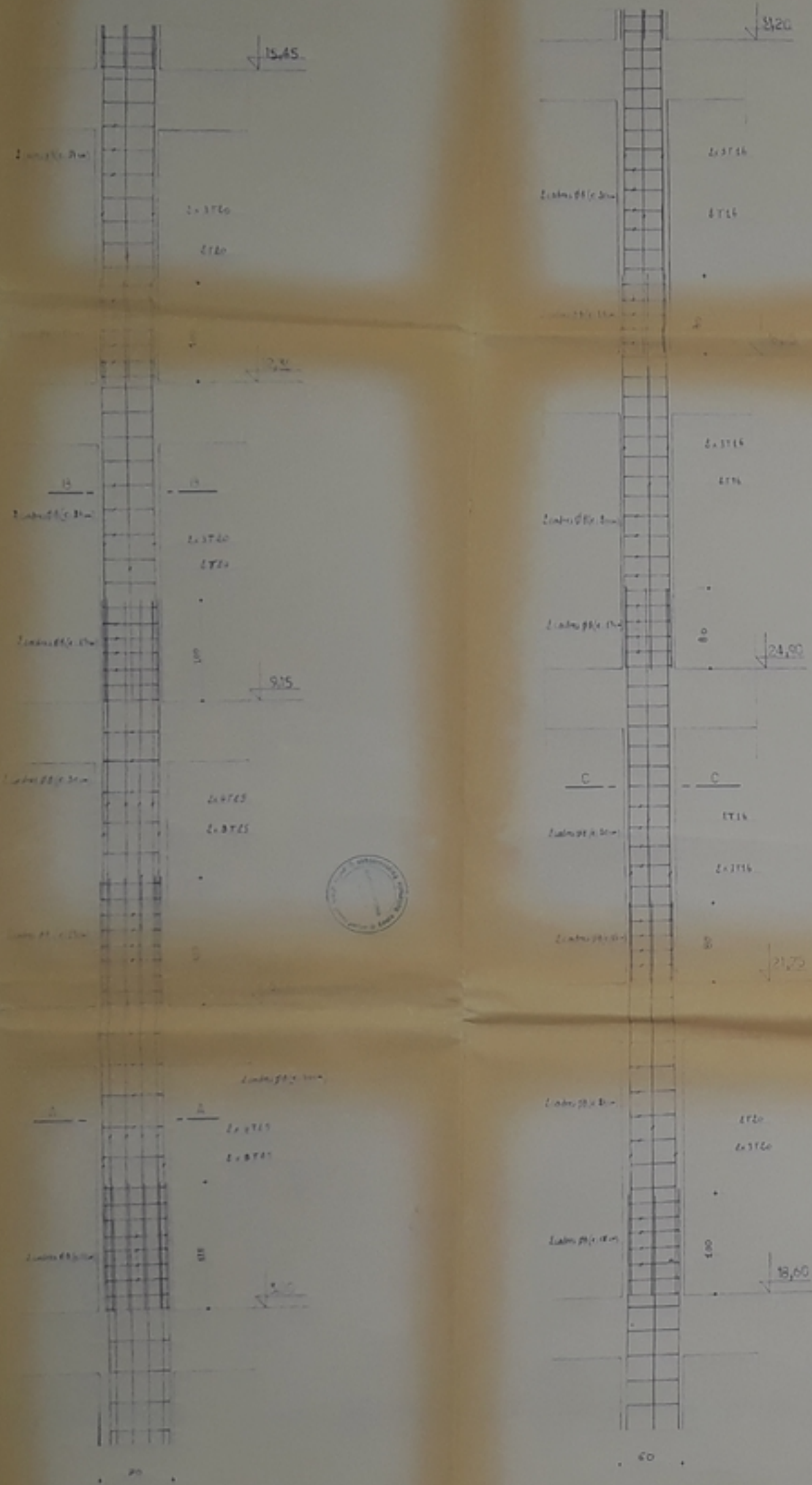
R+9

PORTIQUES AUTOSTABLES

COFFRAGE: PLANCHERS
 POUTRES

FERRAILLAGE: POUTRE

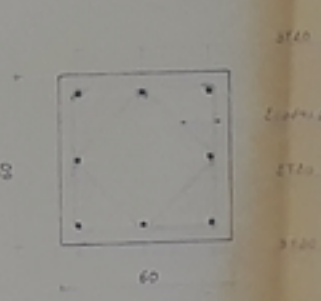
ETUDIE PAR	BOUHELAREM-M	DEPARTEMENT	GENIE CIVIL
DIRIGE PAR	Mme SAOUCHE	PROMOTION	JANVIER 1987
PROPOSE PAR	B-A-E-B	ECHELLE	1/30 1/50



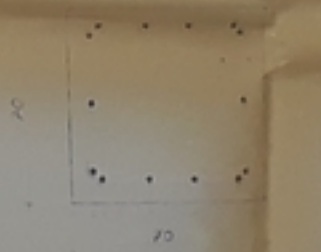
- COUPE C-C -



- COUPE B-B -



- COUPE A-A -



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

BATIMENT D'HABITATION

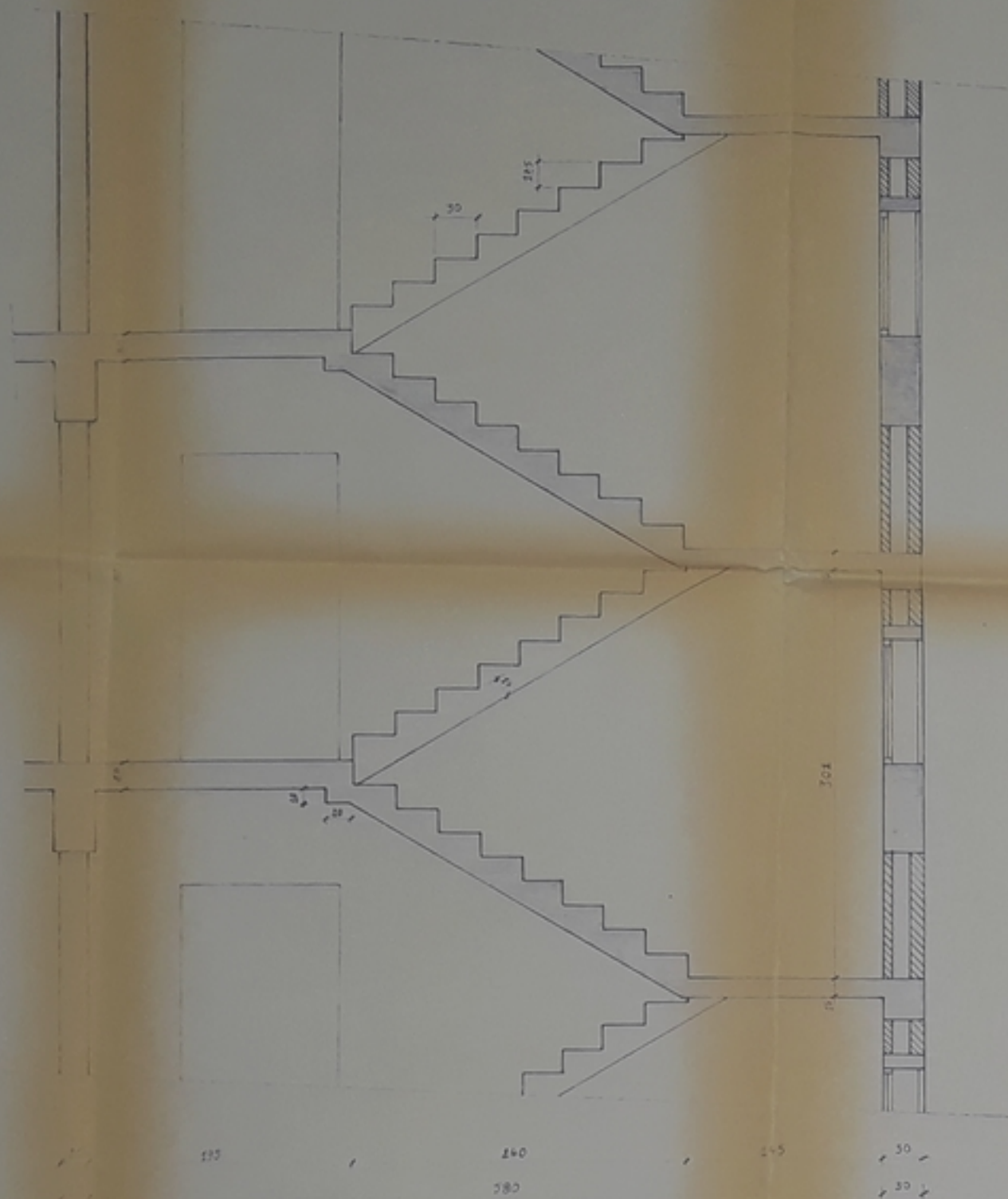
R+9

PORTIQUES AUTOSTABLES

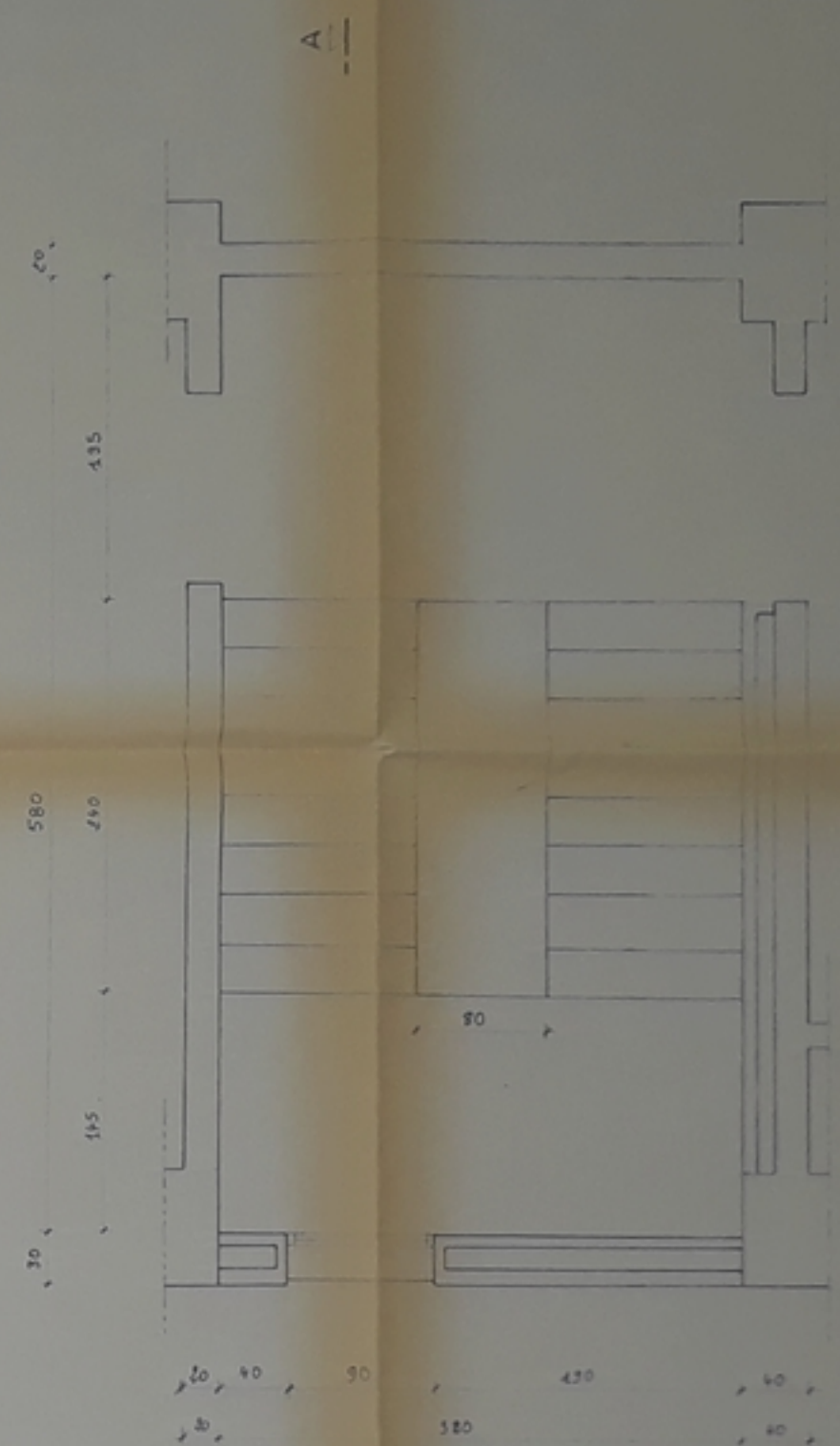
COFFRAGE
 FERRAILLAGE
 DES POTEUX

ETUDIE PAR	BOUCHELAR M. BOUALI - RACHID	DEPART.EMENT	GENIE CIVIL
PROPOSE PAR	B-A-E-B	PROMOTION	JANVIER 87
DIRIGE PAR	Mme BAUCHE	ECHELLE	1/50

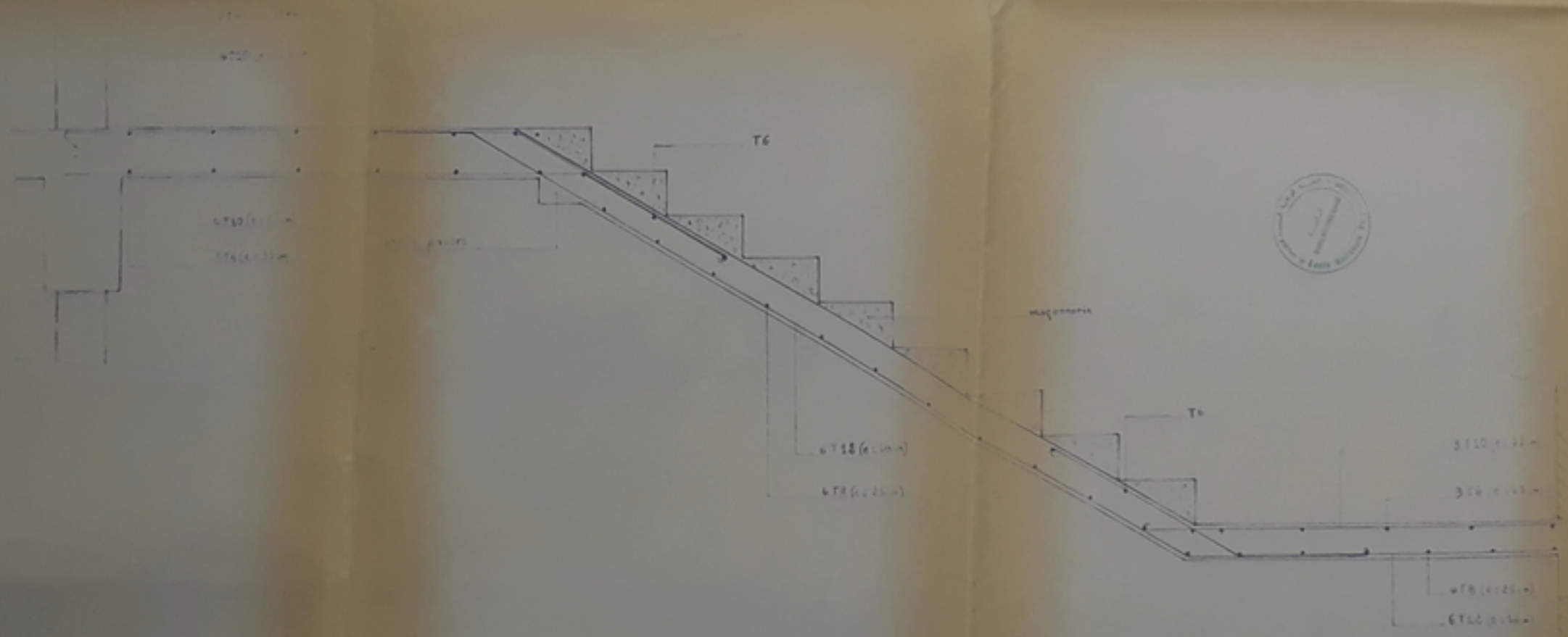
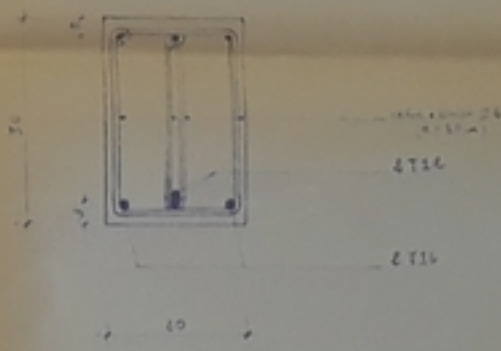
COUPE A-A



VUE EN PLAN



POUTRE PALIERE



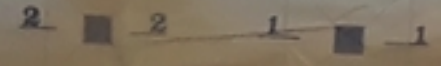
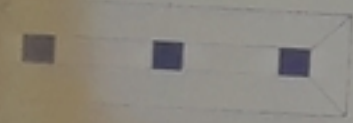
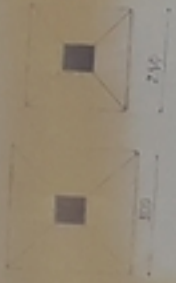
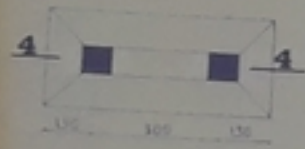
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLICQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
PROJET DE FIN D'ETUDES
BATIMENT D'HABITATION
R + 9
PORTIQUES AUTOSTABLES

COFFRAGE
FERRAILLAGE
DES ESCALIERS

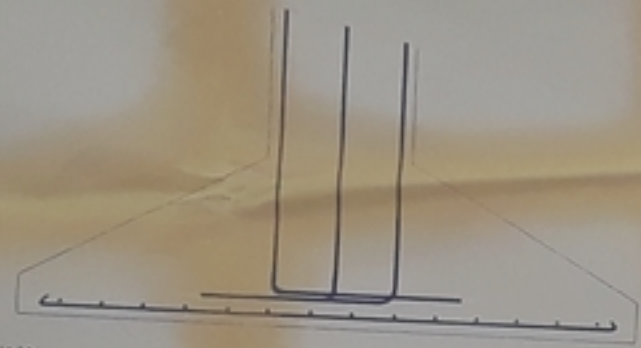
ETUDIE PAR :	ROUCHELAREM-M ^{me} BOUALI-RACHID	DEPART EMENT :	GENIE CIVIL
DIRIGE PAR :	Mme BAOUCHE	PROMOTION :	JANVIER 87
PROPOSE PAR :	B-A-E-B	ECHELLE :	1/20 1/50

180/387
100

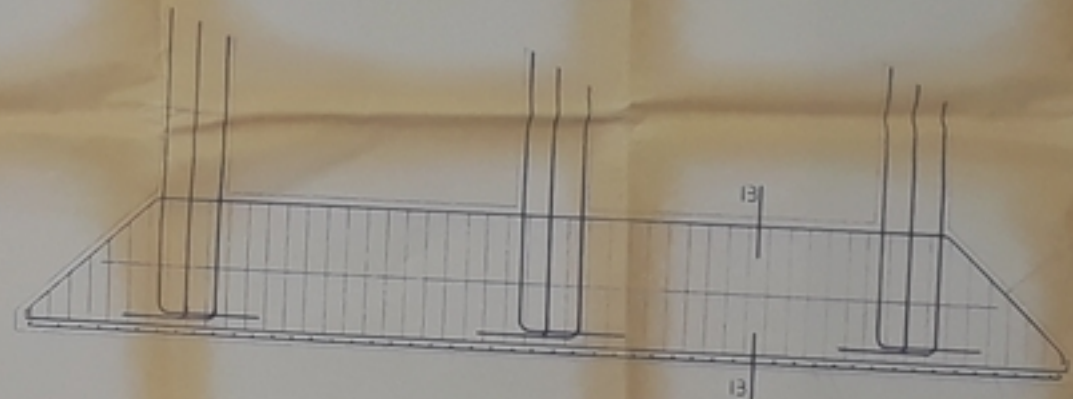


PLAN DE COFFRAGE

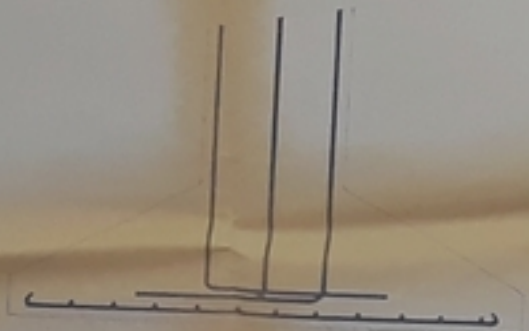
coupe 1-1
ECH: 1/10



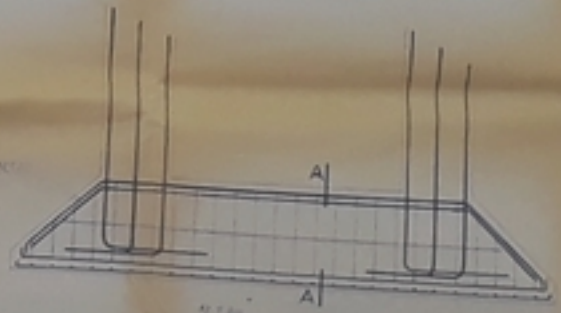
coupe 3-3
ECH: 1/20



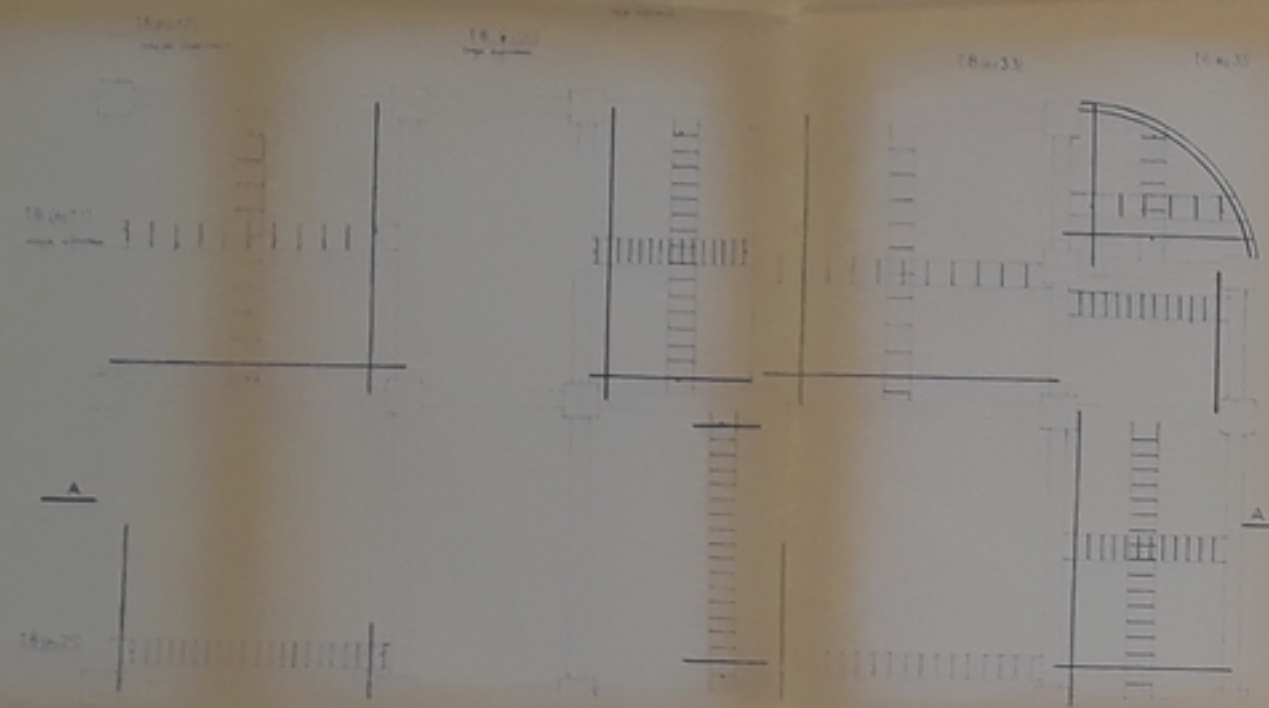
coupe 2-2
ECH: 1/10



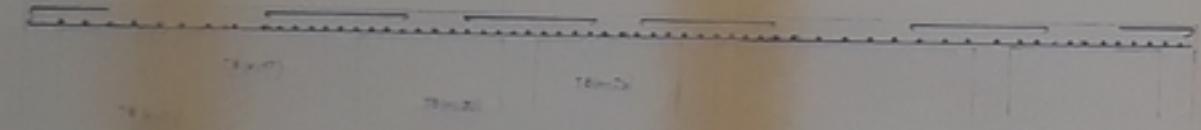
coupe 4-4
ECH: 1/20



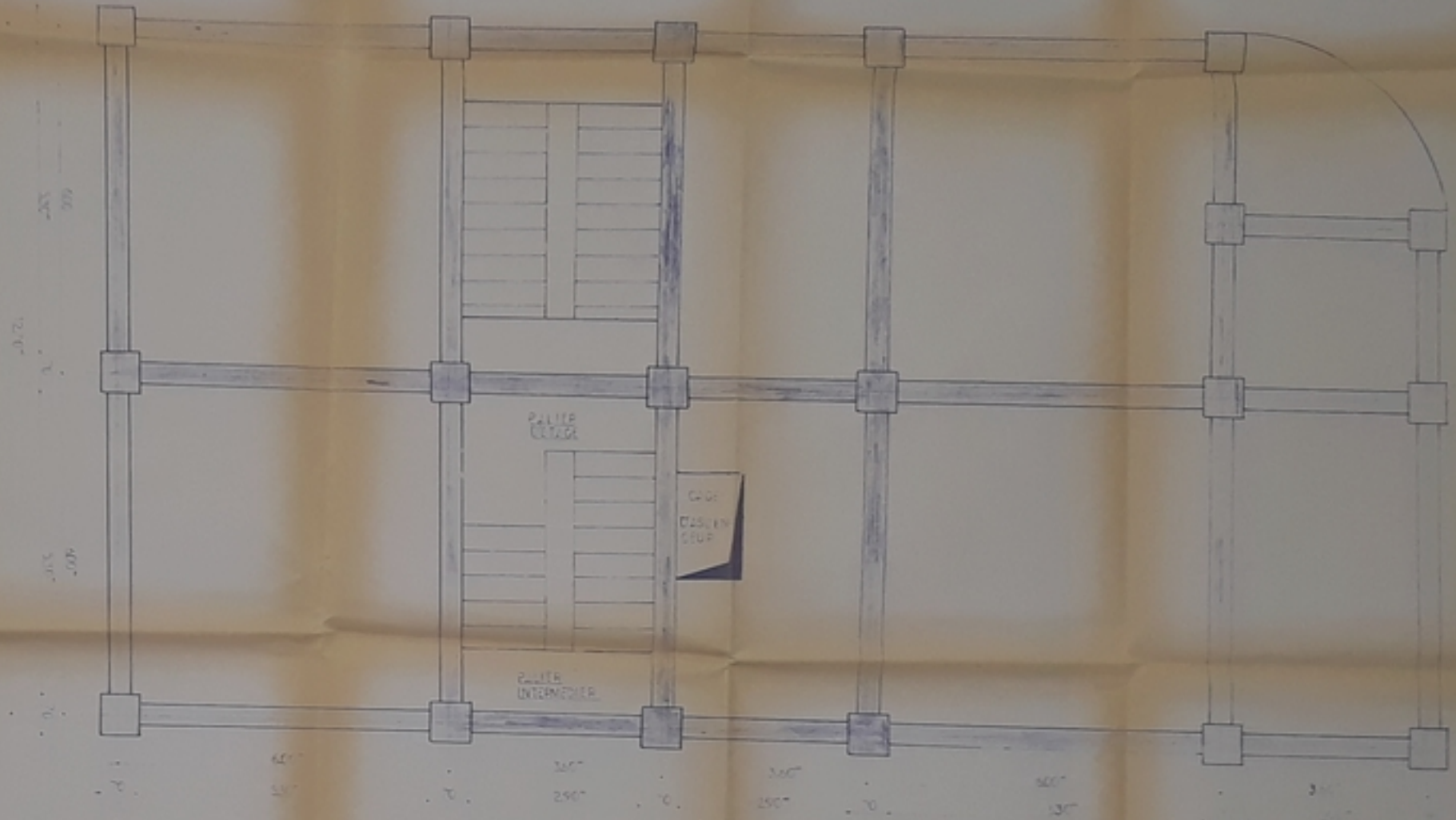
الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 REPUBLIQUE ALGERIENNE
 DEMOCRATIQUE
 & POPULAIRE
 ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 PROJET DE FIN D'ETUDES
 BATIMENT D'HABITATION
 R+9
 PORTIQUES - AUTOSTABLE
 COFFRAGE
 FERRAILLAGE
 DES FONDATIONS
 ETUDE PAR BOUCHELARAWI OUSAL RACHID OULPAK TEMAM DENIS CIVIL
 DIRIGE PAR M. BACHOU FOUAD ANVYON 07
 PROPOSÉ PAR B.A-E-8 EQUILIBRE 07



COUPE A-A



R.D.C



جمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
 ET POPULAIRE
 ECOLE NATIONAL POLYTECHNIQUE
 PROJET DE FIN D'ETUDES
 BATIMENT D'HABITATION
 R+9
 PORTIQUES AUTOSTABLES
**COFFRAGE
 FERRAILLAGE
 PLANCHER DALLES**

ETUDE PAR	BOUCHELAREN BOUALI-RACHID	DEPARTE MENT	GENIE CIVIL
DEPOSE PAR	Mme SAOUCHE	PROMOT ION	JAN 27
PROPOSE PAR	B-A-E-B	ESSELLE	1990 12

