

29/87

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : Génie Civil

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE D'UN BATIMENT (R+9)

EN PORTIQUES

Proposé Par :

C.T.C Blida

Etudié par :

Meguenni A.
Lehalali M.

Dirigé par :

Mr. Laribi

PROMOTION : Janvier 87

S o m m a i r e

Introduction:

- Présentation de l'ouvrage
- Caractéristique mécanique
- Charges et Surcharges
- Prédimensionnement

Calcul des éléments:

- Calcul de l'acrotère
- Plancher
- Escaliers

Calcul des rigidités

Etude au séisme

Calcul des efforts sous les charges horiz..

Calcul des efforts sous les charges vert...

Superposition des sollicitations

Ferraillage des portiques

Poutres

Poteaux

Fondations

Voile périphérique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
École Nationale Polytechnique

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Dedicaces

Je dedie ce modeste travail.

A mes Parents pour leurs sacrifices.

A mes Frères et Soeurs en leur souhaitant
tout le bonheur.

A toute ma Famille.

A tous ceux qui me sont chers (es).

Ilakim.

Je dédie ce modeste travail à :

- Mon père et ma mère.

- Mes frères et soeurs.

- Toute ma famille.

- Tous mes frères et soeurs croyants.

Mohamed

~ Remerciements ~

- Nous tenons à remercier notre promoteur M^r LARIBI pour son aide.
- Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à M^r IMESSAOUDENE (CTC de BLIDA) et à M^r YAVARY (CTC H.Dey) pour leurs conseils fructueux.
- Nos remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.
- Nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce projet.

M. LEHALALI

A. MEGUENNI

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

المدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Le projet qui nous a été proposé par le CTC (Blick)

"Organisation de contrôle technique de la construction";

Consiste à l'étude et au calcul des éléments résistants

d'un immeuble à usage d'habitation (et 1^{er} niv: Bureau,

et RDC pour commerce). Il est implantée en zone de

moyenne sismicité. Il est composés de 10 planchers

à corps creux (20+5). La hauteur d'étage est de 3,00m

saut pour le RDC, 4 m.

La longueur du bâtiment prise entre-axe est de 22,8m,

sa largeur de 12 m.

Notre bloc est contreventé par des portiques auto-stables

dans les 2 sens : 3 longitudinaux et 7 transversaux.

Les escaliers seront construits étage par étage en

même temps que l'ossature de façon à limiter l'emploi

des échelles. les murs extérieurs seront en double cloisons + vide San

les murs intérieurs seront des cloisons en briques creuses.

L'immeuble comporte un vide sanitaire de 4m de hauteur

au dessous du niveau de base.

Béton armé:

Le béton utilisé sera conforme aux règles techniques de

conception et de calcul des ouvrages et constructions en

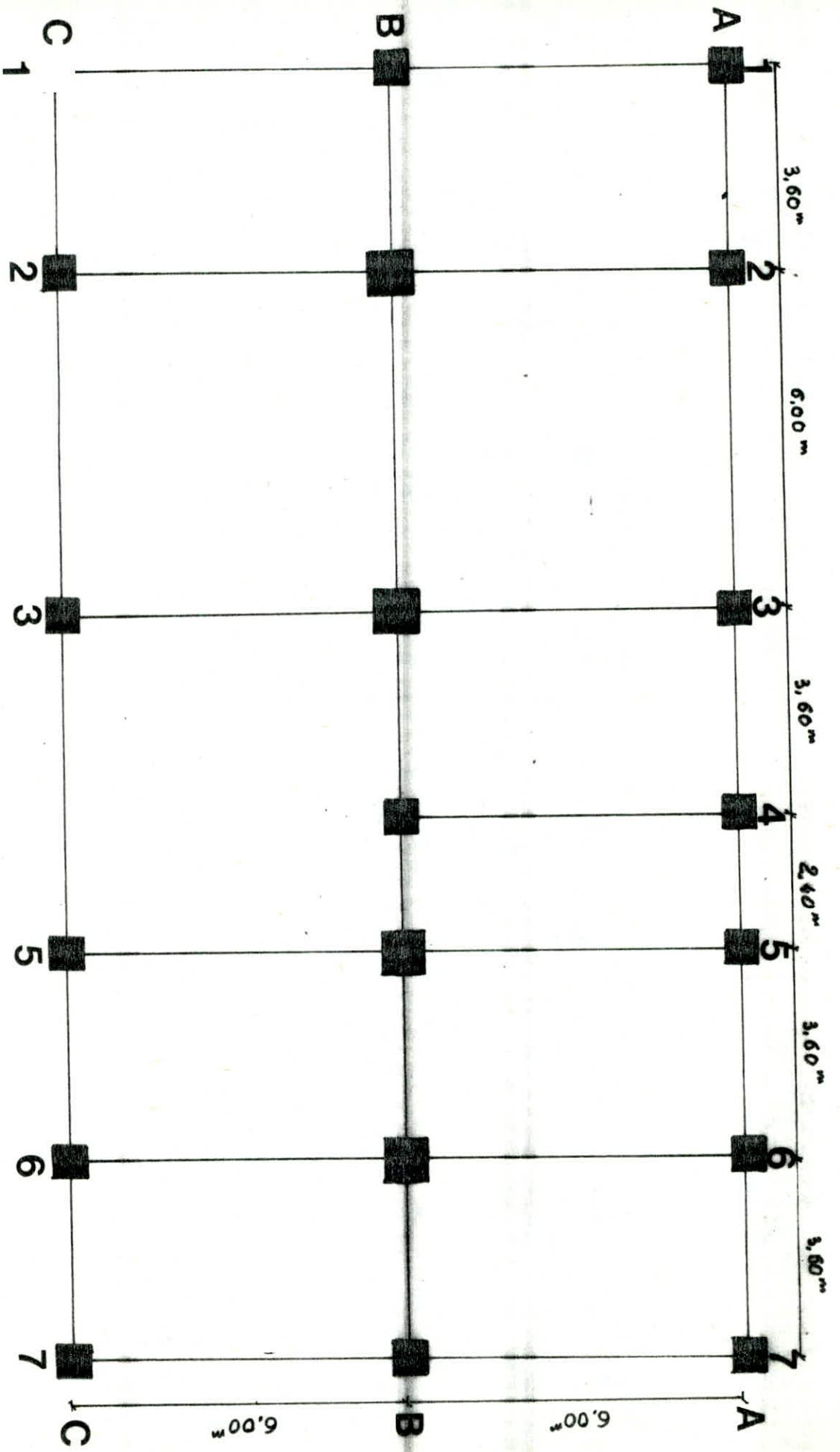
béton armé (CCBA 68), ainsi qu'à tous les règlements en

vigueur applicables en Algérie (RPA 81)

Aciers:

On utilisera de l'acier à haute adhérence (HA) et de l'acier

doux (Ad).



Caracteristiques des matériaux

I) Beton:

Ciment CPA 325 dose à 350 kg/m³.

Résistance nominale à 28 jours:

- à la compression : $\sigma_{28}^c = 270 \text{ kg/cm}^2$

- à la traction : $\sigma_{28}^t = 23,2 \text{ ''}$

Contrainte de compression admissible (art 9.4 CBA 68)

$$\bar{\sigma}_b = \alpha \beta \gamma \delta \epsilon \sigma_{28}^c \quad (\alpha=1 ; \beta=5/6 ; \delta=1)$$

$$\bar{\sigma}_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

$$\bar{\sigma}_{b0} = 1,5 \cdot 68,5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP2})$$

} compression simple

$$\bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

$$\bar{\sigma}_b = 1,5 \cdot 137 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP2})$$

} Flexion simple, composée avec section rectangulaire.

Contrainte de traction de référence:

$$\bar{\sigma}_t = \alpha \beta \gamma \theta \sigma_{28}^t = f_{\theta} \sigma_{28}^t$$

$$\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma_{28}^t} = 0,0257$$

$$\bar{\sigma}_t = 5,9 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

$$\bar{\sigma}_t = 8,85 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP2})$$

II) Acier:

1) Aciers doux: Fe E 24 $\sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

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

2) Aciers HA: Fe E 40

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

$$\bar{\sigma}_a = \sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP2})$$

} $\phi \leq 20$

$$\bar{\sigma}_a = 2667 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP1})$$

$$\bar{\sigma}_a = \sigma_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{SP2})$$

} $\phi > 20$

III Contraintes de tractions:

Imposée par la condition de fissuration.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= K \frac{n}{\phi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} \\ \sigma_2 &= 2,4 \sqrt{\frac{K_n}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_0} \end{aligned} \right\} \sigma_f = \max (\sigma_1, \sigma_2)$$

$$\bar{\sigma}_0 \leq \min \left(\frac{2}{3} \sigma_{cn}, \sigma_f \right).$$

Charges et Surcharges

A) Charges permanentes:

1) Plancher terrasse:

- Gravier de protection.....	85	Kg/m ²
- Etanchéité (multicouche).....	10	"
- Forme de pente.....	200	"
- Isolation thermique.....	10	"
- Pare vapeur.....	5	"
- Pl... "corps creux".....	325	"
- Enduit au plâtre.....	21	"
	<hr/>	
	856	Kg/m ²

2) Plancher courant:

- Carrelage : (2cm).....	44	Kg/m ²
- Mortier de pose (2cm).....	40	"
- Sable.....	36	"
- Corps creux (20x5).....	325	"
- Enduit au plâtre.....	21	"
- cloisons.....	75	"
	<hr/>	
	541	Kg/m ²

3) Escaliers:

- Paillasse: (voir calcul des escaliers)
- Pallier: (voir calcul des escaliers)

B) Surcharges d'exploitation:

Plancher terrasse	100	Kg/m ²
Plancher habitation	175	"
Plancher commerce	250	"
Plancher Bureaux	250	"

<u>Murs extérieurs</u> :	Brique creuse (15cm)	180	Kg/m ²
	Brique creuse (10cm)	120	"
	Enduit de ciment	20	"
	Enduit de plâtre	10	"
		<hr/>	

$$G = 310 \text{ Kg/m}^2$$

ACROTÈRE:

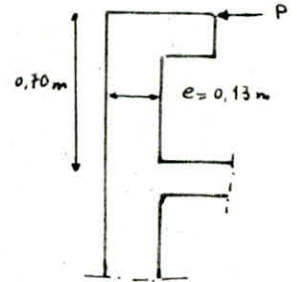
L'acrotère est un élément assimilable à une console encastrée au plancher terrasse. JP est soumis à son poids propre et à une force horizontale due à une main courante. Le calcul se fait par mètre linéaire.

Dimensions:

Largeur: $b = 100 \text{ cm}$

Hauteur: $H = 70 \text{ cm}$

Épaisseur: $e = 13 \text{ cm}$



Efforts à prendre en compte:

Poids propre: $G = 0,13 \cdot 0,70 \cdot 2500 = 227,5 \text{ Kg/m}$

Surcharge: $P = 100 \text{ Kg}$ (main courante horizontale).
 $1,2P = 120 \text{ Kg}$.

Pour le calcul, on considère une section rectangulaire $(0,13 \times 1) \text{ m}^2$ soumise à la flexion composée sous un effort normal N et un moment de flexion M .

$N = G = 227,5 \text{ Kg/m}$

$M = 1,2P \cdot h = 120 \cdot 0,7 = 84 \text{ Kg}\cdot\text{m/m}$

La section dangereuse se trouve au niveau de l'encastrement.

Excentricité: $e_0 = \frac{M}{N} = 0,37 \text{ m} = 37 \text{ cm}$

$$e_1 = \frac{h_0}{6} = 2,16 \text{ cm}$$

$e_0 > e_1 \Rightarrow$ la section est partiellement comprimée.

Moment fictif: $M_f = N(e_0 + \frac{h_0}{2} - d) = 94,41 \text{ Kg}\cdot\text{m}$

$$e_0 > \frac{h_0}{2} = 6,5 \text{ cm} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = 2\bar{\sigma}'_{b_0} = 2 \times 68,5 = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

Ferraillage de la section:

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

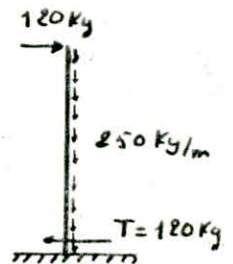
$$b = 100 \text{ cm}$$

$$h = 13 - 2 = 11 \text{ cm}$$

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

$$\alpha = \frac{n\bar{\sigma}'_b}{n\bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}_a} = 0,423 \rightarrow \gamma = 0,858$$

$$\kappa = 24,9$$



$$M_{2b} = K b h^2 = 3013 \text{ Kg.m}$$

$M_{2b} > M_f \Rightarrow$ les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.

Armatures tendues:

On calcul la section à la flexion simple sous l'effet du moment M_f puis on déduit la section en flexion composée.

$$\mu = \frac{15 M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,00418 \rightarrow E = 0,9704 \quad K = 154$$

$$A_{fA} = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 0,316 \text{ cm}^2 \quad \text{d'où } A_{fL} = A_{fA} \rightarrow \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,235 \text{ cm}^2$$

Cette section étant faible, on adoptera la section d'armature minimale donnée par la condition de non Fragilité.

Condition de non Fragilité:

$$A \geq 0,69 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cm}} b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 100 \cdot 11 = 1,066 \text{ cm}^2$$

On adoptera 5T6/m1 $\rightarrow A = 1,41 \text{ cm}^2$ avec un espacement de 20cm on prévoit également des armatures de montage (sens \perp aux principaux).

Condition de non Fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = 0,00352$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 < \max(\sigma_1, \sigma_2) = 3010 \text{ Kg/cm}^2$$

\rightarrow Vérifiée.

Condition aux appuis:

$$A_a \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{\delta} \quad T + \frac{M}{\delta} = 120 - \frac{8400}{\frac{7}{8} \cdot h} < 0$$

\rightarrow vérifiée.

Vérification de contrainte de compression du béton.

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{154} = 18,18 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

Vérification au seisme local:

On doit vérifier que l'acrotère est capable de résister à une sollicitation horizontale agissant seule donnée par la formule :

$$F_p = 2 \cdot I \cdot C_p \cdot W_p$$

$$Z = \frac{A \text{ (Groupe d'usage du bâtiment)}}{A \text{ (Groupe d'usage en zone III)}} = \frac{0,15}{0,25} = 0,6$$

$$I = \frac{A \text{ (Groupe d'usage du bâtiment)}}{A \text{ (Groupe d'usage en zone II)}} = \frac{0,15}{0,15} = 1$$

A: coef d'accélération de zone. Les valeurs de A sont tirées du tableau 1 (RPA p.14)

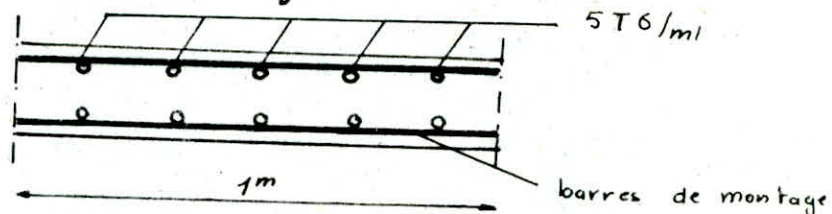
$C_p = 0,8$ valeur tirée du tableau 4 (RPA p.37)

$W_p = 227,5 \text{ Kg/m}$ poids de l'acrotère.

$$F_p = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 227,5 = 109,2 \text{ Kg/m} < 1,2P = 120 \text{ Kg/m}$$

→ vérifiée

schéma du Ferrailage:



PLANCHERS:

Tous les planchers sont à corps creux et poutrelles préfabriquées associées aux corps creux de dimension 20×65 et la table de compression a une épaisseur de 5 cm.

Tous les poutrelles seront calculées sous SP1 (G+1,2P) sous les charges et surcharges les plus défavorable (plancher bureaux), et le calcul se fait en deux étapes:

1^{ère} Etape:

Avant le coulage de la table de compression, la poutrelle est considérée simplement appuyée. Elle supporte son poids propre, le corps creux et la surcharge due à l'ouvrier qui pose le corps creux. En général, on prévoit des échafaudages pour aider la poutrelle à supporter les charges et surcharges avant coulage de la table.

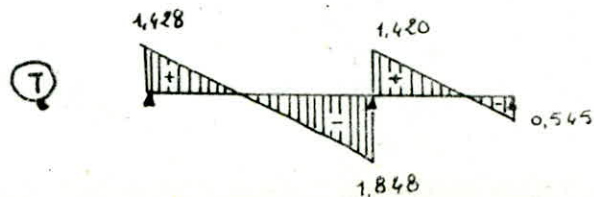
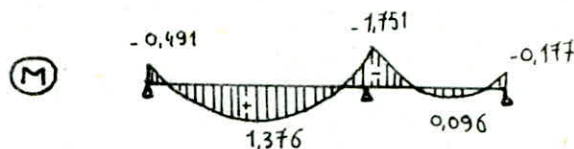
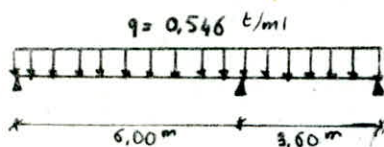
2^{ème} Etape:

Après coulage, la résistance du béton est atteinte après 28 jours. La poutrelle travaille comme une poutre continue. Elle sera calculée comme une section en T en travée, et une section rectangulaire en appuis.

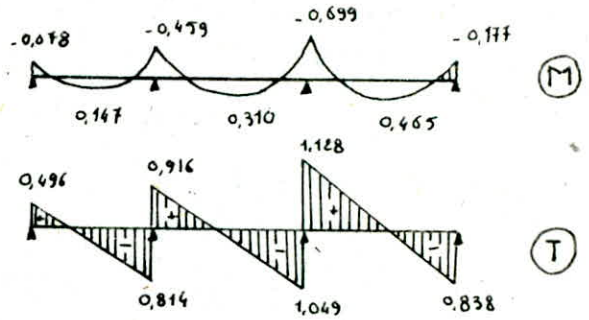
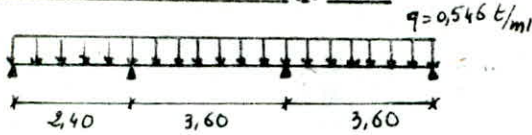
Evaluation des moments dans les poutrelles:

Dans notre plancher nous distinguons 3 types de poutrelles: poutrelles sur 3 appuis, sur 4 appuis et sur 6 appuis. Les moments seront calculés par la méthode de "Caquot".

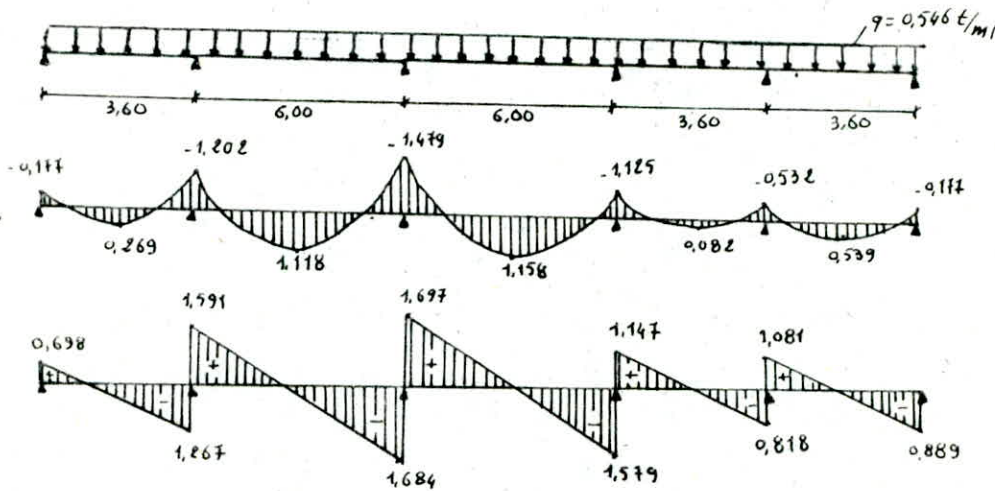
a) Poutrelle sur 3 appuis: $q = 2(G+1,2P) = 0,546 \text{ t/m}$ (plancher bureaux)



b) Poutrelle sur 4 appuis:



c) Poutrelle sur 6 appuis:



Ferraillage des poutrelles:

a) Poutrelle de 6,00m:

$$M_t^{max} = 1,376 \text{ t.m}$$

$$b = 65 \text{ cm} \quad h = 23 \text{ cm}$$

$$h_c = 25 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 M}{\sigma_a b h^2} = \frac{15 \cdot 1,376 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 23^2} = 0,0124 \rightarrow E = 0,9359$$

$$d = 0,1923 \quad \text{et } K = 63$$

$\mu h = 4,42 < h_0 = 5 \text{ cm} \rightarrow$ le calcul de la poutrelle sera considéré comme le calcul d'une section rectangulaire ($b \cdot h$).

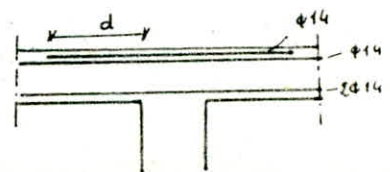
$$A = \frac{M}{\sigma_a \cdot E \cdot h} = \frac{1,376 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9359 \cdot 23} = 2,28 \text{ cm}^2 \rightarrow 2T14 (3,08 \text{ cm}^2)$$

$$A_{sup} = 0,5 A_{inf} = 1,14 \text{ cm}^2 (1T14)$$

En appui on a un moment $M = 1,479 \text{ t.m} \rightarrow A_a = 3,08 (2T14)$

donc sur l'appui on ajoute une barre de $\Phi 14$ (chapeau)

$$d = 40 \Phi = 56 \text{ cm.}$$



Verifications:

① Condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 65 \cdot 23 \frac{5,9}{4200} = 1,45 \text{ cm}^2$$

$$A = 3,08 \text{ cm}^2 > 1,45 \text{ cm}^2$$

② Verification à la fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = 0,0118$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 > \max(\sigma_1, \sigma_2) = 2413,6 \text{ kg/cm}^2$$

→ on prend $\bar{\sigma}_a = 2413,6 \text{ kg/cm}^2$ et on calcul la nouvelle section.
on trouve $A = 2,66 \text{ cm}^2 \rightarrow$ toujours 2T14 (3,08 cm²)

③ Verification à la flèche:

$$a) \frac{h_e}{l} > \frac{1}{22,5} \quad ; \quad \frac{h_e}{l} = \frac{25}{570} = 0,043 < \frac{1}{22,5}$$

La 1^{ère} des 3 conditions (connues) n'est pas vérifiée donc la vérification de la flèche est nécessaire.

(ECBA 68 art 58.4)

$$l = 5,70 \text{ m} > 5 \text{ m} \rightarrow \text{la flèche admissible} : \bar{f} = 0,5 + \frac{570}{1000} = 1,07 \text{ cm}$$

$$f_{ad} = \frac{M l^2}{10 E_v I_{fv}}$$

M: moment fléchissant sollicitant la section considérée

f_{ad} : flèche sous charge de longue durée.

E_v : module de déformation longitudinale.

$$E_v = 7000 \sqrt{f_c} = 7000 \sqrt{1,2 \cdot 0,18} = 126 \cdot 10^3$$

I_{fv} : moment d'inertie correspondant à $\bar{\omega}$.

I_e : moment d'inertie de la section total (béton homogénéisé)

$$I_e = 158858 \text{ cm}^4$$

$$\lambda_v = \frac{\bar{\sigma}_s}{180 (2 + 3 \frac{b_0}{b_e}) \bar{\omega}} = 1,166$$

$$\bar{\omega} = \frac{A}{b_e h}$$

$$\mu = 1 - \frac{5 \bar{\sigma}_s}{4 \bar{\omega} \bar{\sigma}_a + 3 \bar{\sigma}_s} = 84119 \text{ cm}^4$$

$$I_{fv} = \frac{I_e}{1 + \lambda \mu} = 84119 \text{ cm}^4 \rightarrow f_{ad} = \frac{1,376 \cdot 10^5 \cdot 570^2}{10 \cdot 126 \cdot 10^3 \cdot 84119} = 0,422 \text{ cm} < \bar{f}$$

donc la flèche n'est pas à craindre

Vérifications des contraintes:

$$\frac{bh_0^2}{2} - 15A(h-h_0) = -19,1 < 0 \quad \text{l'axe neutre tombe dans la nervure}$$

$$D = \frac{(b-b_0)h_0 + 15A}{b_0} = 25,93 \quad E = \frac{(b-b_0)h_0^2 + 30Ah}{b_0} = 287,5$$

$$y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E} = 5,05 \quad \alpha = \frac{y_1}{h} = 0,2196$$

$$\rho = \frac{D}{y_1} = 0,98 \quad \text{et } \beta = \frac{b_0}{b} = 0,18 \quad \text{d'où } C = 0,159$$

$$z = \left(1 - \frac{\rho}{2} + C\alpha\right)h = 19,7$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A_z} = \frac{1,376 \cdot 10^5}{3,08 \cdot 19,7} = 2267,8 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2413,6 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2267,8}{59,5} = 37,9 < \bar{\sigma}_b = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

b) Poutrelle de 3,60m: $M_0^{max} = 0,539 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0084 \rightarrow E = 0,9587 \quad ; \quad \alpha = 0,1241 \quad ; \quad k = 106$$

$\alpha h = 2,85 < h_0 = 5 \text{ cm} \rightarrow$ l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 9,87 \text{ cm}^2$$

La condition de non fragilité ne sera pas vérifiée si on prend 2TB (1,00 cm²) donc il faut augmenter la section et on prendra 2T10 (1,57 cm²) pour les armatures inférieures et 1T10 pour l'armature supérieure.

c) Poutrelle de 2,40m: $M_0^{max} = 0,147 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0023 \rightarrow E = 0,9778 \quad ; \quad \alpha = 0,0667 \quad k = 210$$

$$\alpha h = 1,53 < 5 \text{ cm}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 0,23 \text{ cm}^2$$

Pour que la condition de non fragilité soit vérifiée il faut qu'on ait $A_{min} = 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_c}{\bar{\sigma}_{en}} = 445 \text{ cm}^2$.

donc on prend $A = 4,57 \text{ cm}^2$ soit 2T10 pour les armatures inf. et 1T10 pour les armatures supérieures.

Vérifications:

① Vérification à la fissuration:

- Poutrelle de 3,60m et celle de 2,40m: $\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = 0,006$

$$\bar{\sigma}_a < \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) = 2856 \text{ Kg/cm}^2$$

② Vérification de la flèche: A) Poutrelle de 3,60m:

a) $\frac{h_e}{l} = \frac{25}{330} = 0,075 > \frac{1}{22,5}$

b) $\frac{h_e}{l} = 0,075 > \frac{1}{15} \cdot \frac{M_k}{M_0} = \frac{1}{15} \cdot \frac{9539}{4884} = 0,040$

c) $A < \frac{36bh}{\bar{\sigma}_{en}} \rightarrow A = 4,57 < 2,36 \text{ cm}^2$

B) Poutrelle de 2,40m:

a) $\frac{h_e}{l} = 0,105 > \frac{1}{22,5} = 0,044$

b) $\frac{h_e}{l} = 0,105 > \frac{1}{15} \cdot \frac{0,147}{9393} = 0,025$

c) $A = 4,57 < 2,36 \text{ cm}^2$

donc pour les 2 cas, la vérification de la flèche est inutile.

③ Vérification des contraintes:

Pour les 2 poutrelles on a:

$$\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a \quad \text{et} \quad \bar{\sigma}'_b < \bar{\sigma}'_b$$

- Poutrelle de 3,60m:

$$\bar{\sigma}_a = 1577,8 < \bar{\sigma}_a \quad \text{et} \quad \bar{\sigma}'_b = 20,3 < \bar{\sigma}'_b$$

- Poutrelle de 2,40m:

$$\bar{\sigma}_a = 456 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \bar{\sigma}'_b = 36,1 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

Condition d'adhérence:

On doit vérifier que $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$

$$T^{\max} = 1,848 \text{ t} \quad (\text{pour toutes les poutrelles})$$

$$\tau_d = \frac{T^{\max}}{n \pi \cdot z} = \frac{1,848 \cdot 10^3}{2 \cdot \pi \cdot \frac{7}{8} \cdot 23} = 14,6 \text{ kg/cm}^2$$

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

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

Armatures transversales:

Pour les 3 types de poutrelles on a : $T^{\max} = 1,848 \text{ t}$

Les armatures transversales seront constituées d'un cadre en $\Phi 6$ ($0,56 \text{ cm}^2$). Leur écartement sera déterminé à l'aide

de la formule : $t = \frac{\bar{\sigma}_{at} \cdot z \cdot A_t}{T^{\max}}$

En appui où $T^{\max} = 1,848 \text{ t}$ on a $\sigma'_b = 60,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$

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

$$\tau_b = \frac{1,848 \cdot 10^3}{b \cdot z} = \frac{1,848 \cdot 10^3}{12 \cdot \frac{7}{8} \cdot 23} = 7,65 \text{ kg/cm}^2 < 20,65 \text{ kg/cm}^2 = \bar{\tau}_b$$

$\bar{\sigma}_{at} = f_{at} \bar{\sigma}_b$ (on suppose qu'il y a reprise de bétonnage) donc :

$$f_{at} = 1 - \frac{\tau_b}{\bar{\tau}_b} = 0,86 \quad \Rightarrow \quad \bar{\sigma}_{at} = 0,86 \cdot 2400 = 2064 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{d'où } t = \frac{2064 \cdot \frac{7}{8} \cdot 23 \cdot 0,56}{1848} = 12,58 \text{ cm}$$

$$\bar{t} = \max \begin{cases} 0,2h = 4,6 \text{ cm} \\ (1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\tau}_b}) h = 14,65 \text{ cm} \end{cases}$$

$t < \bar{t}$ on adoptera un espacement de 12 cm sauf que le premier plan d'armature sera placé à une distance $\frac{t}{2}$ du nu d'appui et les plans seront disposés conformément à la suite de Caquot.

Ferrailage de la table de compression :

Pour faire répartir les charges et pour limiter les risques de fissuration on prévoit un treillis soudé (quadrillage) dont les dimensions de maille ne doivent pas dépasser :

20 cm pour les armatures \perp aux nervures.

33 cm pour les armatures \parallel aux nervures.

L'écartement l_n entre axes des nervures étant compris entre 50 et 80 cm, la section d'armatures \perp aux nervures est au moins égale à : $\frac{43 l_n}{\sigma_{cm}} = \frac{43 \cdot 65}{2400} = 1,16 \text{ cm}^2/\text{ml}$ on prend $5\phi 6 = 1,41 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Pour les armatures \parallel aux nervures on prend des $\phi 6$ espacés de 30 cm.

ESCALIERS :

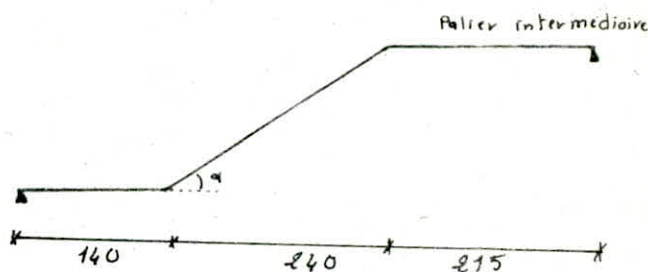
① Escalier des bureaux :

$$H = 1,50 \quad h = 16,6 \text{ cm}$$

$$n = 9 \text{ marches} \quad g = 30 \text{ cm}$$

$$L = (n-1)g = 2,40 \text{ m}$$

$$\tan \alpha = \frac{H}{L} = 0,625 \rightarrow \alpha = 32^\circ$$



Vérification à la condition de BLONDEL :

$$g + 2h = 30 + 2 \cdot 16,6 = 63,2$$

Dimensionnement de la paillasse :

$$\frac{l}{30} \leq e_p \leq \frac{l}{20}$$

$$l = \frac{9g}{\cos \alpha} = 319$$

$$10,6 \leq e_p \leq 16$$

La paillasse et le palier auront une même épaisseur.

Évaluation des charges :

a) Paillasse :	Poids propre	$2500 \cdot \frac{e_p}{\cos \alpha}$	$471,6 \text{ kg/m}^2$
	Poids des marches	$2200 \cdot \frac{h}{2}$	$182,6 \text{ ''}$
	Poids du revêtement	84 ''
	Garde corps	100 ''

$$\text{Surcharge d'exploitation} = 600 \text{ kg/m}^2$$

$$G = 838,2 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{d'où } q_2 : \text{ charge totale révenante à la paillasse : } q_2 = G + 1,2P = 1318 \text{ kg/m}^2$$

b) Palier:

Poids propre $\varrho 500$ ep 400 kg/m^2
 Revêtement 84 kg/m^2 } $G = 484 \text{ kg/m}^2$

Soit q_1 : charge totale revenante au palier : $q_1 = G + 1,2P = 964 \text{ kg/m}^2$

Détermination des efforts:

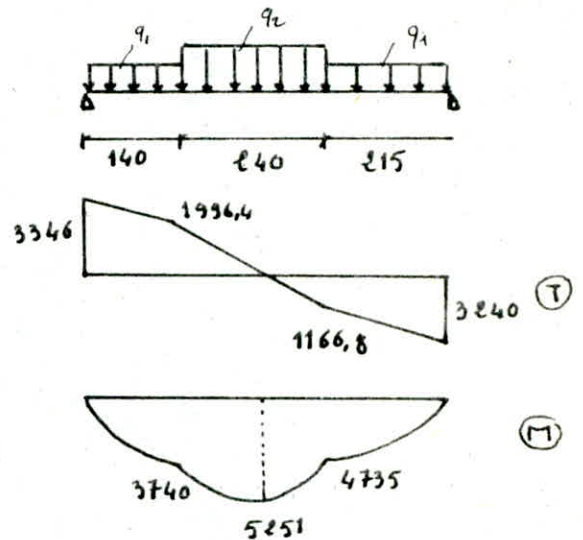
$$M_{\text{iso}}^{\text{max}} = 5251 \text{ kg}\cdot\text{m/m}$$

$$T^{\text{max}} = 3346 \text{ kg}$$

Moments hyperstatiques dus au semi-encastrement.

$$M_t = 0,85 M_{\text{iso}}^{\text{max}} = 4463 \text{ kg}\cdot\text{m/m}$$

$$M_a = 0,3 M_{\text{iso}}^{\text{max}} = 1575,3 \text{ kg}\cdot\text{m/m}$$



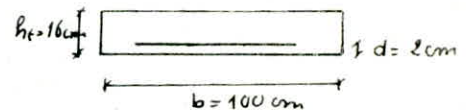
Ferraillage:

a) En travée:

$$\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 446300}{2800 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,1219 \rightarrow E = 98638 \rightarrow K = 21,7$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 129 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_t = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 13,18 \text{ cm}^2 \quad \text{on prend} \quad 9T14 = 13,85 \text{ cm}^2$$



9T14/m₁ avec un espacement de 12 cm ; dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartition qui sont données par $A_r \geq A_{r4} = 3,46 \text{ cm}^2$; soit 7T8/m₁ avec un espacement de 14 cm.

b) En appui:

$$\mu = \frac{15 M_a}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,043 \rightarrow E = 0,9123 \quad \text{et} \quad K = 42$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 66,67 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \quad A_a = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 4,4 \text{ cm}^2 \quad \text{soit} \quad (9T10 = 7,06 \text{ cm}^2)$$

Armatures de répartition on adoptera des 5T8/m₁ espacé de 17 cm.

Choix des armatures : $\left\{ \begin{array}{l} 9T14/m_1 \text{ en travée avec un espacement de } 12 \text{ cm} \\ 9T10/m_1 \text{ en appui avec un espacement de } 12 \text{ cm} \end{array} \right.$

Vérification:

- Condition de non fragilité: $A \geq 0,69 b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cn}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 14 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,35 \text{ cm}^2$

$$A_t = 13,85 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

$$A_a = 7,06 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

- Condition de non fissuration:

travée: $w_f = 0,034 \quad \bar{\sigma}_a < \max(\sigma_1, \sigma_2) = 4349,7 \text{ kg/cm}^2$

appui: $w_f = 0,0176 \quad \bar{\sigma}_a < \max(\sigma_1, \sigma_2) = 3600 \text{ kg/cm}^2$

- Vérification de la flèche:

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

$$\frac{A}{bh} = \frac{13,85}{100 \cdot 14} = 0,98 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{43}{\bar{\sigma}_{cn}} = \frac{43}{4200} = 1,02 \cdot 10^{-2}$$

} vérifiée

- Vérification des contraintes:

En travée: équation des moments statiques.

$$\frac{1}{2} \cdot b x^2 - n A (h - x) = 0 \rightarrow \frac{1}{2} \cdot 100 x^2 - 15 \cdot 13,85 (14 - x) = 0 \rightarrow x = 5,83 \text{ cm}$$

équation du moment d'inertie:

$$I = \frac{1}{2} b x^3 + n A (h - x)^2 = 23774,8 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_b = \frac{M}{I} x = \frac{446300}{23774,8} \cdot 5,83 = 109,4 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_b$$

$$\sigma_a = n \frac{M}{I} (h - x) = 15 \frac{446300}{23774,8} (14 - 5,83) = 2308,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

En appui:

$$x = 3,8 \text{ cm} \rightarrow I = 10094 \text{ cm}^4$$

$$\sigma_b = 59,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b$$

$$\sigma_a = 2387 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

- Condition aux appuis: on doit vérifier que $A_u \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$

$$T + M/3 = 3346 - \frac{157530}{3 \cdot 14} < 0 \quad \text{donc les armatures inférieures au niveau des appuis ne sont soumises à aucun effort de traction.}$$

- Les armatures transversales:

La contrainte de cisaillement est donnée par: $\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z}$

$$\tau_b = \frac{3346}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 14} = 2,73 < 4,15 \bar{\sigma}_b = 6,785 \text{ kg/cm}^2$$

donc on a pas besoin d'armatures transversales.

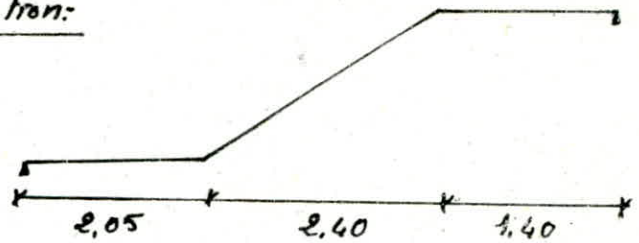
2) Escalier des étages d'habitation:

$H = 1.50\text{m}$ $h = 16,6\text{cm}$

$n = 9$ marches $g = 30\text{cm}$

$L = (n-1)g = 2,40\text{m}$

$\text{tga} = \frac{H}{L} \rightarrow a = 32^\circ$



Condition de BLONDEL : $g + 2h = 63,2$ $59 < g + 2h < 64$ vérifié

Dimensionnement de la pailleuse:

$\frac{l}{30} \leq e_p \leq \frac{l}{20}$ avec $l = \frac{L}{\cos a} = 319 \rightarrow e_p = 16\text{cm}$

épaisseur de la pailleuse = épaisseur du palier = $e_p = 16\text{cm}$.

Evaluation des charges:

a) Pailleuse: (même chose que pour les escaliers de bureaux).

$G = 838,2 \text{ Kg/m}^2$ et $P = 250 \text{ Kg/m}^2$

q_2 : charge totale revenant à la pailleuse : $q_2 = G + 1,2P = 1138,2 \text{ Kg/m}$

b) Palier : $q_1 = 784 \text{ Kg/m}^2$

Détermination des efforts:

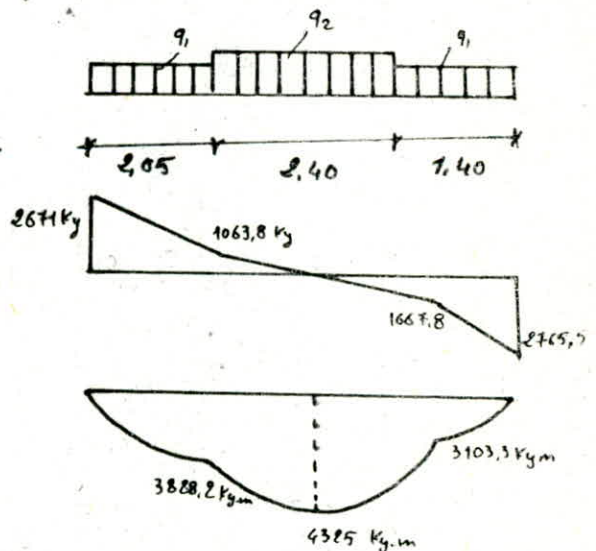
$M_{\text{encast}}^{\text{max}} = 4325 \text{ Kg.m/m}$

$T^{\text{max}} = 2765,5 \text{ Kg}$

Moments hyperstatique dus au semi-encastrement.

$M_e = 0,85 M_{\text{encast}}^{\text{max}} = 3676,25 \text{ Kg.m/m}$

$M_a = 0,3 M_{\text{encast}}^{\text{max}} = 1297,50 \text{ Kg.m/m}$



Ferrailage:

a) En travée:

$\mu = \frac{15M_e}{\sigma_a \cdot b \cdot h^2} = 9100 \rightarrow E = 0,8741$ et $K = 26,7$

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

$A_s = \frac{M_e}{\sigma_a \cdot E \cdot h} = 10,72 \text{ cm}^2$ on prend $7T10/m$ = 10
espacement = 15cm

Dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartitions $A_{r2} \approx \frac{A_s}{4} = 2,69 \text{ cm}^2$ soit $6T8/m$ avec un espacement de 16cm.

b) En appui: $\mu = \frac{15 \cdot 129750}{2800 \cdot 100 \cdot 14^2} = 0,035$ $E = 0,9199$ $K = 47,4$

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

$$A_a = \frac{129750}{2800 \cdot 0,9199 \cdot 14} = 3,59 \text{ cm}^2$$

on prend $7T10 = 5,49 \text{ cm}^2$

$A_r \approx \frac{A}{4} = 0,98 \rightarrow$ on choisit des $6T8$ espacement de 16 cm

Choix des armatures: $\left\{ \begin{array}{l} 7T10/m \text{ en appui} \text{ espacement de } 15 \text{ cm} \\ 7T14/m \text{ en travée} \text{ espacement de } 15 \text{ cm} \end{array} \right.$

Verification:

- Condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{bc}} = 1,35 \text{ cm}^2$$

$$A_e > A$$

$$A_a > A$$

verifiées.

- Condition de non fissuration:

Travée: $w_f = \frac{A}{2bd} = \frac{10,77}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,027$

$$\bar{\sigma}_a < \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) = 3644 \text{ kg/cm}^2$$

Appui: $w_f = \frac{A}{2bd} = 0,0137$

$$\bar{\sigma}_a < \max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) = 2856 \text{ kg/cm}^2$$

- Verification de la flèche:

$$\frac{A}{bh} \leq \frac{43}{\bar{\sigma}_a}$$

$$\frac{A}{bh} = 0,77 \cdot 10^{-2}$$

$$\frac{43}{\bar{\sigma}_a} = 1,02 \cdot 10^{-2}$$

} verifiée.

Verification des contraintes:

En travée:

Equation des moments statiques: $\frac{1}{2} b x^2 - n A (h-x) = 0 \rightarrow x = 5,3 \text{ cm}$

Equation du moment d'inertie: $I = 19671,57 \text{ cm}^4$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{M}{I} \cdot x = 99 < \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\sigma}_a = n \frac{M}{I} (h-x) = 2438,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

En appui:

Equation des moments statique $\rightarrow x = 351 \text{ cm}$

Equation du moment d'inertie $\rightarrow I = 8632,53 \text{ cm}^4$

$$\bar{\sigma}_b = 52,75 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\sigma}_a = 2365 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

Condition aux appuis: $A_a \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{\delta}$

$$T + \frac{M}{\delta} = 2765,5 \cdot \frac{12950}{7,16} < 0$$

Les armatures inférieures aux niveaux des appuis ne sont soumises à aucun effort de traction.

Les armatures transversales

$$\bar{\sigma}_b^{\text{max}} = \frac{T^{\text{max}}}{b \cdot s} = 2,25 < 1,15 \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{on a pas besoin d'armatures transversales.}$$

Poutre palière: la poutre palière est supposée appuyée aux poteaux à mi-hauteur d'étage, son rôle est de supporter le palier intermédiaire, la section de cette poutre sera estimée à $(25 \times 30) \text{ cm}^2$
Charge revenant à cette poutre:

Poids propre de la poutre $187,5 \text{ kg/m}$
Réaction du palier $2765,5 \text{ kg/m}$
Poids de $\frac{1}{2}$ mur 465 kg/m
 $q = 3418 \text{ kg/m}$

$M_{\text{travée}} \text{ et } M_0 = \frac{q l^2}{8} = 5537,6 \text{ kg.m}$
 $M_{\text{travée}}: M_t = 0,85 M_0 = 4706,6 \text{ kg.m}$
 $M_a = 0,3 M_0 = 1661,28 \text{ kg.m}$

Ferrailloge:

$\mu = \frac{15 M_t}{\sigma_a \cdot b \cdot h^2} = 0,1318 \rightarrow E = 0,8596 \quad b = 25 \text{ cm} \quad h = 27 \text{ cm}$
 $K = 20,6$

$\sigma_b = \frac{\sigma_a}{K} = 135 < 137 \text{ kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_b \quad \text{et} \quad A_t = \frac{4706,6 \cdot 10^2}{2800 \cdot 27 \cdot 0,8596} = 7,24 \text{ cm}^2$

choix des armatures

{ en travée 5T14 (7,09 cm²)
{ en appui 3T12 (3,39 cm²)

Vérification:

- Condition de non fragilité (vérifiée en travée et en appui)
- Condition de non fissuration: $\bar{\sigma}_a < \max(\sigma_{t1}, \sigma_{t2}) = 5809 \text{ kg/cm}^2$
- flèche $\frac{A_t}{b h} = 0,0101 < \frac{43}{\bar{\sigma}_a} = 0,0103$

Armatures transversales:

$T = \frac{q l}{2} = 6152,4 \text{ kg} \quad \tau_0 = \frac{T}{b \cdot s} = 10,39 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_0 < \bar{\sigma}_0 \Rightarrow \bar{\tau}_0 = 3,5 \bar{\sigma}_0 = 20,65 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{donc } \tau_0 < \bar{\tau}_0$

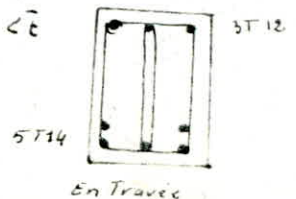
$f_{at} = 987 \cdot 4200 = 3854 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{pas de reprise de bétonnage})$

espacement $t \leq \frac{3 \sigma_{at} \cdot A_t}{T} = 26 \text{ cm} \quad \text{avec } A_t = 2,01 \text{ cm}^2 \text{ (chaque + étré)$

$\bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2h = 5,4 \text{ cm} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\tau_0}{\bar{\sigma}_0} \right) = 17 \text{ cm} \end{array} \right. \quad \text{on prend } t = 16 \text{ cm} < \bar{E}$

on prend un espacement de $\frac{t}{2} = 8 \text{ cm}$ au vu d'appui
et on applique la suite de Caquot

$t < h_0 = 30 \text{ cm}$



Prédimensionnement.

I) les poutres:

Elles sont prédimensionnées d'après la prescription du RPA 81 par les conditions suivantes:

$$b \geq 20 \text{ cm}$$

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

(zone II)

Les limites sont données par les règles classiques

de P. Charron $\frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10}$ L : plus grande portée de poutre de la structure

on adoptera une hauteur de 60 cm.

$$0,3 h_t \leq b \leq 0,7 h_t \rightarrow \text{on prend } b = 30 \text{ cm.}$$

les poutres : $b \times h_t = 30 \times 60$

II) les poteaux :

Les poteaux sont prédimensionnés selon le processus de descente de charge. Ils sont vérifiés conformément aux règles RPA 81. On a adopté des poteaux 80×80 cm (poteaux centraux sauf B4) et de 60×60 pour les autres poteaux.

CALCUL DES RIGIDITÉS

Règlement utilisé : Règles Parasismiques Algériennes R.P.A (81/83)

Le calcul de la rigidité sera fait selon la méthode de 'MUTO'

Condition d'application:

- Elle est applicable pour les bâtiments à usage rigides dans les plans ayant une ossature composée de poutres supportant la totalité des charges.
- Les charges sont supposées concentrées au niveau des planches.
- La raideur (I_p) des poutres ne soit pas trop faible devant celles des poteaux ; on doit avoir $k \geq 0.2$ pour tous les nœuds de l'ossature.
- La raideur (I_p) d'un poteau ne doit pas trop varier entre deux étages adjacents (rapport compris entre 0.5 et 2)
- On ne doit pas avoir de variation brusque de rigidité entre deux niveaux adjacents.

Etapes de calcul:

1) Calcul des raideurs des poteaux et des poutres:

$$K_{Pot} = \frac{I_p}{h}$$

$$K_{Pout} = \frac{I_p}{l}$$

I : inertie de l'élément considéré (poteau ou poutre)
 h : hauteur du poteau considéré.
 l : portée de la poutre considérée.

2) Calcul des coefficients \bar{k} relatifs aux poutres transversaux et longitudinaux

3) Calcul des coefficients correcteurs α_j dans les 2 sens:

- niveau courant $\alpha_j = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$

- 1^{er} niveau (R.D.C) avec poteaux encastrés: $\alpha_j = \frac{0.5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$

4) Calcul des raideurs corrigées des poteaux $\alpha_j k_j$ dans les deux sens:

5) Calcul des rigidités relatives des niveaux dans les deux sens

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

$$R_j = \frac{12E \sum \alpha_j k_p}{h^2}$$

avec $D_j = \sum \alpha_j k_{p,t}$

$R_{j,x}$: rigidité relative de niveau des poutres longitudinales
 $R_{j,y}$: rigidité relative de niveau des poutres transversales.

A / Portiques longitudinaux:

		Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	$R_{jx} K_{j/m}$
Portique longitudinal B-B	10° 9° 8° et 7°		B ₁	0,417	0,173	3600	622,80	6573,60	331309,44
			B ₂	0,667	0,250	3600	900,00		
			B ₃	0,667	0,250	3600	900,00		
			B ₄	1,042	0,343	3600	1234,80		
			B ₅	1,042	0,343	3600	1234,80		
			B ₆	0,833	0,294	3600	1058,40		
			B ₇	0,417	0,173	3600	622,80		
	6° 5° et 4°		B ₁	0,417	0,173	3600	622,80	7208,73	363319,99
			B ₂	0,360	0,153	6669	1020,36		
			B ₃	0,360	0,153	6669	1020,36		
			B ₄	1,042	0,343	3600	1234,80		
			B ₅	0,562	0,219	6669	1460,51		
			B ₆	0,450	0,184	6669	1227,10		
			B ₇	0,417	0,173	3600	622,80		
	2° et 3°		B ₁	0,417	0,173	3600	622,80	7589,13	382492,15
			B ₂	0,211	0,095	11378	1080,91		
			B ₃	0,211	0,095	11378	1080,91		
			B ₄	1,042	0,343	3600	1234,80		
			B ₅	0,330	0,142	11378	1615,68		
			B ₆	0,264	0,117	11378	1331,23		
			B ₇	0,417	0,173	3600	622,80		
	1°		B ₁	0,555	0,413	2700	1115,10	16234,96	560267,12
			B ₂	0,281	0,342	8533	2918,29		
			B ₃	0,281	0,342	8533	2918,29		
			B ₄	1,389	0,557	2700	1503,90		
			B ₅	0,439	0,419	8533	3575,33		
			B ₆	0,352	0,362	8533	3088,95		
			B ₇	0,555	0,413	2700	1115,10		

		Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	R_{jx}
Portique longitudinal A-A	10° 9° 8° 7° 6° 5° 4° 3° 2°		A ₁	0,417	0,173	3600	622,80	6571,6	331208,64
			A ₂	0,667	0,250	3600	900,00		
			A ₃	0,667	0,250	3600	900,00		
			A ₄	1,042	0,343	3600	1234,80		
			A ₅	1,042	0,343	3600	1234,80		
			A ₆	0,833	0,294	3600	1058,40		
			A ₇	0,417	0,173	3600	622,80		
	1°		A ₁	0,556	0,413	2700	1115,10	9234	261783,90
			A ₂	0,889	0,481	2700	1298,70		
			A ₃	0,889	0,481	2700	1298,70		
			A ₄	1,389	0,557	2700	1503,90		
			A ₅	1,389	0,557	2700	1503,90		
			A ₆	1,111	0,518	2700	1398,60		
			A ₇	0,556	0,413	2700	1115,10		

	Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	R_{jx}
Portique longitudinal C-C	10,9° 8,7° 6,5° 4,3° et 2°	C ₁	0,417	0,173	3600	622,80	4824	243129,60
		C ₂	0,667	0,250	3600	900,00		
		C ₃	0,500	0,200	3600	720,00		
		C ₄	0,667	0,250	3600	900,00		
		C ₅	0,833	0,294	3600	1058,40		
		C ₆	0,417	0,173	3600	622,80		
	1°	C ₁	0,556	0,413	2700	1115,10	7408,8	210039,48
		C ₂	0,889	0,481	2700	1298,70		
		C ₃	0,667	0,438	2700	1182,60		
		C ₄	0,889	0,481	2700	1298,70		
		C ₅	1,111	0,518	2700	1398,60		
		C ₆	0,556	0,413	2700	1115,10		

B1 Portiques transversaux:

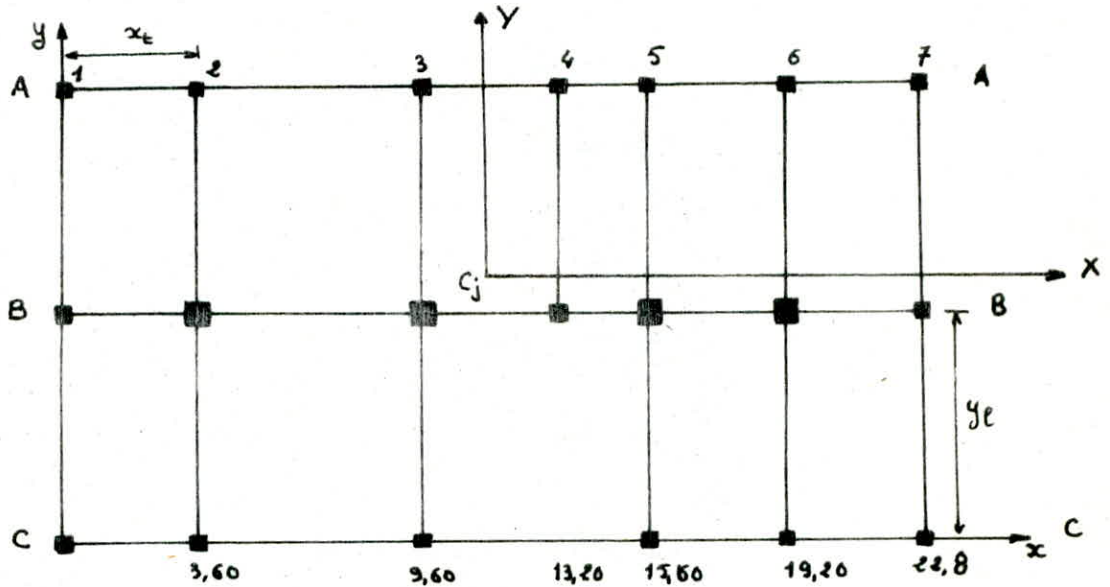
	Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	R_{jy}
Portiques 1-1 et 7-7	10,9° 8,7° 5,43° 2°	A	0,250	0,111	3600	399,60	1519,20	76567,68
		B	0,500	0,200	3600	720,00		
		C	0,250	0,111	3600	399,60		
	1°	A	0,333	0,357	2700	963,90	3110,40	88179,84
		B	0,667	0,438	2700	1182,60		
		C	0,333	0,357	2700	963,90		

	Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	R_{jy}
Portiques 2-2; 3-3; 5-5 et 6-6	10,9° 8,7°	A	0,250	0,111	3600	399,60	1519,20	76567,68
		B	0,500	0,200	3600	720,00		
		C	0,250	0,111	3600	399,60		
	6,5° et 4°	A	0,250	0,111	3600	399,60	1592,18	80245,84
		B	0,270	0,118	6669	792,98		
		C	0,250	0,111	3600	399,60		
	3° 2°	A	0,250	0,111	3600	399,60	1629,79	82141,42
		B	0,160	0,073	11378	830,59		
		C	0,250	0,111	3600	399,60		
	1°	A	0,333	0,357	2700	963,90	4675,43	132548,44
		B	0,211	0,322	8533	2747,63		
		C	0,333	0,357	2700	963,90		

	Niv	File	\bar{K}	q_j	K_p	$q_j K_p$	D_j	R_{jy}
Portique 4-4	10,9° 8 et 7°	A	0,250	0,111	3600	399,60	799,20	40279,68
		B	0,250	0,111	3600	399,60		
	6,5° et 4°	A	0,250	0,111	3600	399,60	799,20	40279,68
		B	0,250	0,111	3600	399,60		
	2° 3°	A	0,250	0,111	3600	399,60	799,20	40279,68
		B	0,250	0,111	3600	399,60		
	1°	A	0,333	0,357	2700	963,90	1927,8	54653,13
		B	0,333	0,357	2700	963,90		

Calculs du centre de masse et de torsion

A / Calcul du centre de torsion: (C.T)



Dans le repère (x, y) , les coordonnées du centre de torsion à l'étage j sont données par:

$$\begin{cases} x_{Cj} = \frac{\sum R_{jt} \cdot x_t}{\sum R_{jt}} & t: \text{ sens transversal.} \\ y_{Cj} = \frac{\sum R_{jl} \cdot z_l}{\sum R_{jl}} & l: \text{ sens longitudinal.} \end{cases}$$

* Valeurs de $\sum R_{jt}$ et $\sum R_{jl}$: ($R_{jt} = R_{jy}$ et $R_{jl} = R_{jx}$)

Niv	10, 9, 8, 7	6, 5, 4	3, 2	1
$\sum R_{jt}$	499686	514398	521981	746833
$\sum R_{jl}$	905648	937658	956830	932084

* Calcul de $\sum R_{jt} \cdot x_t$ et $\sum R_{jl} \cdot z_l$:

- Partique Longitudinaux:

Niv.	Port	A-A	B-B	C-C	$\sum R_{jl} \cdot y_l$
10, 9	$y_l(m)$	12,00	6,00	0,00	5962360,32
	R_{jl}	331208,64	331309,44	243129,60	
6, 5	$y_l(m)$	12,00	6,00	0,00	6754423,63
	R_{jl}	331208,64	363379,99	243129,60	
3	$y_l(m)$	12,00	6,00	0,00	6269456,58
	R_{jl}	331208,64	382492,15	243129,60	
1	$y_l(m)$	12,00	6,00	0,00	5902973,52
	R_{jl}	261783,90	460261,12	210039,48	

Portiques transversaux:

Niv _i	Port	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	$\sum R_{jt} x_t$
10,9	$x_t(m)$	0,00	3,60	9,60	13,20	15,60	19,20	22,80	595268352
8,7	R_{jt}	76567,68	76567,68	76567,68	40279,68	76567,68	76567,68	76567,68	
6,5	$x_t(m)$	0,00	3,60	9,60	13,20	15,60	19,20	22,80	612923664
4	R_{jt}	76567,68	80245,87	80245,87	40279,68	80245,87	80245,87	76567,68	
3,2	$x_t(m)$	0,00	3,60	9,60	13,20	15,60	19,20	22,80	6220223,04
	R_{jt}	76567,68	82141,42	82141,42	40279,68	82141,42	82141,42	76567,68	
1	$x_t(m)$	0,00	3,60	9,60	13,20	15,60	19,20	22,80	909424673
	R_{jt}	88179,84	132548,44	132548,44	54653,73	132548,44	132548,44	88179,84	

Coordonnées du centre de torsion:

Niv	10, 9, 8, 7	6, 5, 4	3, 2	1
$x_c(m)$	11,913	11,915	11,917	12,177
$y_c(m)$	6,583	6,564	6,552	6,333

Calcul des coordonnées des patiques par rapport au C.T.:

Portiques longitudinaux:

Y (m)	Port Niv	A-A	B-B	C-C
	10,9 8,7		5,417	-0,583
6,5 4		5,436	-0,564	-6,564
3,2		5,448	-0,552	-6,552
1		5,667	-0,333	-6,333

Portiques transversaux:

X (m)	Port Niv	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7
	10,9, 8, 7		-11,913	-8,313	-2,313	1,287	3,687	7,287
5, 4, 6		-11,915	-8,315	-2,315	1,285	3,685	7,285	10,885
3, 2		-11,917	-8,317	-2,317	1,283	3,683	7,283	10,883
1		-12,177	-8,577	-2,577	1,023	3,423	7,023	10,623

Calcul de la rigidité à la torsion: (à l'étage j)

La rigidité à la torsion à l'étage j est donnée par la formule suivante :

$$R_{j0} = \sum_{i=1}^k R_{ji} (x_i)^2 + \sum_{i=1}^m R_{ji} (y_i)^2$$

où : x_i : distance d'un poteau transversal à l'axe Cy.
 y_i : distance d'un poteau longitudinal à l'axe Cx.

Niv	10, 9, 8, 7	6, 5, 4	3, 2	1
R_{j0}	51183816	51713537	51987058	58687448

B1 Calcul du centre de masse : (C.M)

Niveau	Element	Masse (t)	Masse Totale (t)	y_k (m)	x_k (m)	y_G (m)	x_G (m)
10	Plancher Terrasse	162,279	349,537	5,690	11,408	6,375	11,215
	Acrotère	14,616		6,000	11,400		
	Poteaux (y_c)	27,000		6,300	11,940		
	Murs Ext.	32,364		6,000	11,400		
	Poutres longit.	27,810		6,000	11,351		
	Poutres Transv.	31,590		6,230	11,969		
	Local sur Terrasse	38,646		9,000	8,892		
	Escalier	9,754		9,000	11,400		
	Surcharge $P/5$	5,472		6,000	11,400		
9, 8 et 7	Plancher	133,830	338,344	5,690	11,408	6,354	11,550
	Poteaux	54,000		6,300	11,940		
	Murs ext.	64,728		6,000	11,400		
	Poutres longit.	27,810		6,000	11,351		
	Poutres Transv.	38,646		6,230	11,969		
	Surcharge $P/5$	9,576		6,000	11,400		
	Escalier	9,754		9,000	11,400		

$$x_{G_k} = \frac{\sum_i m_k^{(i)} \cdot x_k^{(i)}}{\sum_i m_k^{(i)}}$$

avec i : élément

$$y_{G_k} = \frac{\sum_i m_k^{(i)} \cdot y_k^{(i)}}{\sum_i m_k^{(i)}}$$

k : niveau

Niveau	Element	Masse (t)	Masse Total	y_k (m)	z_k (m)	y_G (m)	z_G (m)
4, 5 et 6	Plancher	133,830	350,110 t	5,690	11,408	5,885	11,551
	Poteaux	57,900		6,279	11,944		
	Mur Ext.	64,728		6,000	11,400		
	Poutres Long.	27,810		6,000	11,351		
	Poutres Trans.	38,646		6,230	11,969		
	Surcharge q_k	9,576		6,000	11,400		
	Escalier	9,754		9,000	11,400		
	Balcons	7,866		-0,600	11,400		

Niveau	Element	Masse (t)	Masse Total	y_k (m)	z_k (m)	y_G (m)	z_G (m)
2 ^{me} et 1 ^{er}	Plancher	133,830	360,602 t	5,690	11,408	5,954	11,554
	Poteaux	62,400		6,259	11,948		
	Mur Ext.	64,728		6,000	11,400		
	Poutres Long.	27,810		6,000	11,351		
	Poutres Trans.	38,646		6,230	11,969		
	Surcharge q_k	13,680		6,000	11,400		
	Escalier 1	9,754		9,000	11,400		
	Escalier 2	9,754		3,000	11,400		

Niveau	Element	Masse (t)	Masse Total	y_k (m)	z_k (m)	y_G (m)	z_G (m)
3 ^{me}	Plancher	133,830	354,610 t	5,690	11,408	5,889	11,557
	Poteaux	62,400		6,259	11,948		
	Mur ext.	64,728		6,000	11,400		
	Poutres Long.	27,810		6,000	11,351		
	Poutres Trans.	38,646		6,230	11,969		
	Surch. q_k	9,576		6,000	11,400		
	Escalier	9,754		9,000	11,400		
	Balcons	7,866		-0,600	11,400		

Excentricités:

Niveaux	coordonnées du C.M		coordonnées du C.T		Excentricités de calcul		Excentricité accidentelle
	y_G (m)	x_G (m)	y_C (m)	x_C (m)	$e_x = x_C - x_G$	$e_y = y_C - y_G$	e_a (m)
10	6,315	11,215	6,583	11,913	0,698	0,268	1,17
7,8 et 9	6,354	11,556	6,583	11,913	0,357	0,229	1,17
4,5 et 6	5,888	11,551	6,564	11,915	0,364	0,676	1,17
3	5,889	11,557	6,552	11,917	0,360	0,663	1,17
2	5,954	11,554	6,552	11,917	0,363	0,598	1,17
1	5,954	11,554	6,333	11,947	0,393	0,379	1,17

D'après le "R.P.A.81 art 3.3.5"

La résultante des forces horizontales appliquées au centre de masse G (dans chaque sens) a une excentricité par rapport au centre de torsion C égale à la plus grande des deux valeurs:

- . 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau (excentricité accidentelle $\rightarrow e_a$).
- . Excentricité théorique résultant des plans (e_x, e_y).

ETUDE AU SEISME

I/ Généralité:

Les secousses sismiques imposent aux constructions une accélération particulière pouvant atteindre l'ordre de grandeur de la pesanteur. Il en résulte des efforts pouvant s'exercer suivant des directions quelconques. Le but est de prévoir les mesures nécessaires à l'exécution des constructions de façon à fournir un degré de protection acceptable aux vies humaines et aux biens matériels.

II/ Détermination des charges sismiques:

Les charges sismiques sont supposées concentrées aux niveaux des planchers.

La charges sismiques est : $W = G + P/5$ $P/5$: poids des équipements fixes.

Niveau Element	9, 8 et 7	6, 5 et 4	3	2 et 1
Plancher	133, 830	133, 830	133, 830	133, 830
Poteaux	54, 000	57, 900	62, 400	62, 400
Murs ext.	64, 728	64, 728	64, 728	64, 728
Poutres longit.	27, 810	27, 810	27, 810	27, 810
Poutres transv.	38, 646	38, 646	38, 646	38, 646
Sanct. $P/5$	9, 576	9, 576	9, 576	13, 680
Escalier	9, 754	9, 754	9, 754	19, 080
Balcon	/	7, 866	7, 866	/
Ascenseur (cage)	10, 900	10, 900	10, 900	10, 900
Poids Total: W	349, 244 t	361, 010 t	365, 510 t	371, 502 t

Niveau Element	10
Acrotère	14, 616 t
Plancher	162, 279 t
$1/2$ Poteaux	27, 000 t
Poutres longit.	27, 310 t
Poutres transv.	31, 590 t
Murs ext.	32, 364 t
Local sans étage	38, 646 t
Escalier	9, 754 t
Ascenseur (cage)	5, 450 t
Sanct. $P/5$	5, 472 t
Poids total: W	354, 981 t

III / Evaluation des périodes:

Le calcul dynamique des périodes propres d'oscillation se fera par la méthode de HÖLZER qui se prête bien pour les bâtiments contreventés par des poteaux.

C'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative.

Procède de la méthode:

. On se fixe ω

. On calcul la forme propre associée à ω par la formule:

$$x_{j-1} = x_j - \frac{\omega^2}{R_j} \sum_k m_k x_k$$

. Si $x_n = 0$ ω est la pulsation recherchée, sinon on change ω .

Sens longitudinal:

. $\omega_1^2 = 59,2 \text{ (rad/s)}^2 \rightarrow 1^{\text{er}} \text{ mode:}$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_k	354981	349244	349244	349244	361010	361010	361010	365510	371502	371502
$R_j (10^3)$	90,5648	90,5648	90,5648	90,5648	93,7658	93,7658	93,7658	95,6830	95,6830	93,2084
x_k	1,0000	0,9768	0,9313	0,8645	0,7780	0,6767	0,5600	0,4306	0,2939	0,1506
$\frac{W_k}{R_j} \sum W_k x_k$	90232	90455	0,0667	0,0865	0,1013	0,1167	0,1295	0,1366	0,1434	0,1507

$x_n = 0,0001$ accepté

. $\omega_2^2 = 507 \text{ (rad/s)}^2 \rightarrow 2^{\text{eme}} \text{ mode:}$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
x_k	1,0000	0,8012	0,4459	0,0033	-0,4398	-0,7821	-0,9716	-0,9715	-0,7832	-0,4408
$\frac{W_k}{R_j} \sum W_k x_k$	0,1987	0,3554	0,4425	0,4432	0,3422	0,1895	-0,0001	-0,1882	-0,3424	-0,4406

$x_n = 0,0002$ accepté

. $\omega_3^2 = 1367,5 \text{ (rad/s)}^2 \rightarrow 3^{\text{eme}} \text{ mode:}$

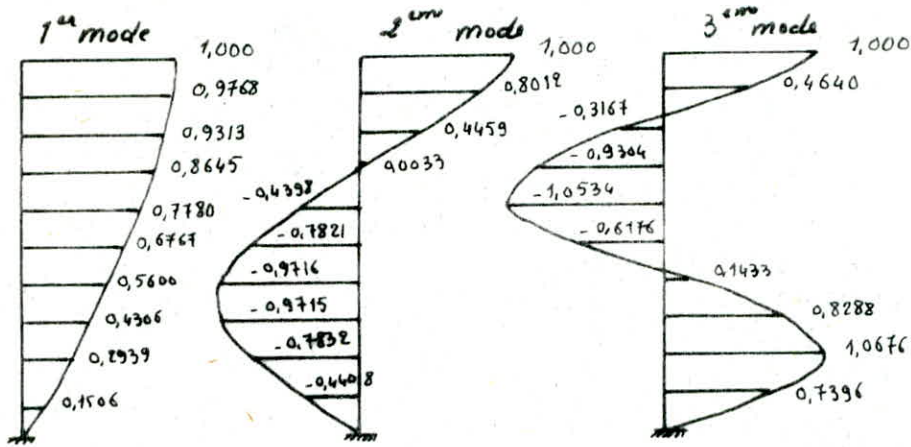
Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
x_k	1,0000	0,4640	-0,3167	-0,9304	-1,0534	-0,6176	0,1433	0,8288	1,0676	0,7396
$\frac{W_k}{R_j} \sum W_k x_k$	0,5360	0,7807	-0,6137	0,1230	-0,4358	-0,7609	-0,6855	-0,2388	0,3281	0,7398

$x_n = 0,0002$ accepté

1^{er} mode : $\omega_1 = \sqrt{59,2} = 7,694 \text{ rad/s} \rightarrow T_1 = 0,816 \text{ s}$

2^{eme} mode : $\omega_2 = \sqrt{507} = 22,516 \text{ rad/s} \rightarrow T_2 = 0,279 \text{ s}$

3^{eme} mode : $\omega_3 = \sqrt{1367,5} = 36,979 \text{ rad/s} \rightarrow T_3 = 0,170 \text{ s}$



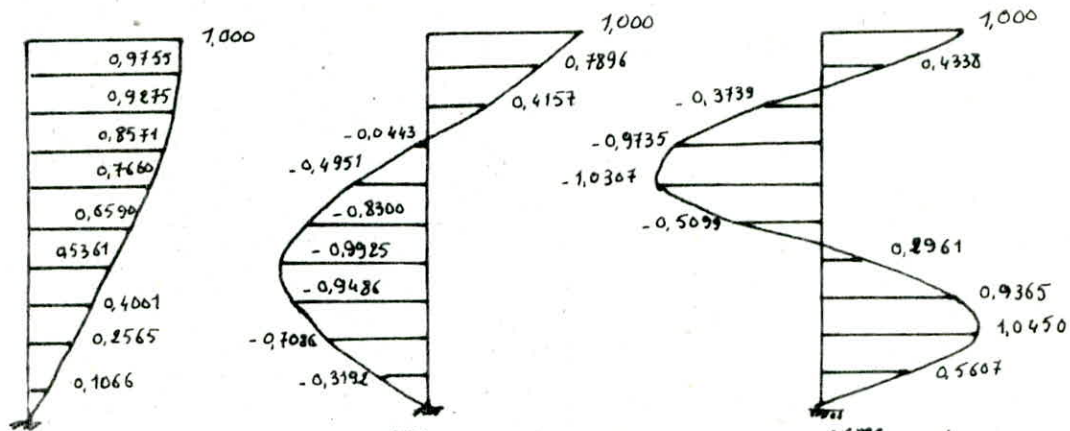
Sena horizontal:

Niv	W_k (Kj)	R_j (10^7)	1^{ma} mode $\omega_1^2 = 34,49$		2^{ma} mode $\omega_2^2 = 296,21$		3^{ma} mode $\omega_3^2 = 796,93$	
			x_k	B_1	x_k	$\frac{W_k}{R_j} \sum m_k x_k$	x_k	$\frac{W_k}{R_j} \sum m_k x_k$
10	354981	49,9686	1,0000	0,0245	1,0000	0,2105	1,0000	0,5661
9	349244	49,9686	0,9755	0,0480	0,7896	0,3739	0,4338	0,8078
8	349244	49,9686	0,9275	0,0703	0,4157	0,4599	-0,3739	0,5995
7	349244	49,9686	0,8571	0,0910	-0,0663	0,4508	-0,9735	0,0573
6	361010	51,4398	0,7660	0,1069	-0,4951	0,3349	-1,0307	-0,5208
5	361010	51,4398	0,6590	0,1229	-0,8300	0,1624	-0,5099	-0,8060
4	361010	51,4398	0,5361	0,1359	-0,9925	-0,0439	0,2961	-0,6404
3	365510	52,1981	0,4001	0,1436	-0,9486	-0,2400	0,9365	-0,1086
2	371502	52,1981	0,2565	0,1499	-0,7086	-0,3894	1,0450	0,4842
1	371502	74,6833	0,1066	0,1066	-0,3192	-0,3192	0,5607	0,5607

$$x_0 = 0,000007$$

$$x_0 = 0,00002$$

$$x_0 = 0,000002$$



1^{ma} mode:

$$\begin{cases} \omega_1 = 5,873 \text{ rad/s} \\ T_1 = 1,070 \text{ s} \end{cases}$$

2^{ma} mode:

$$\begin{cases} \omega_2 = 17,211 \text{ rad/s} \\ T_2 = 0,365 \text{ s} \end{cases}$$

3^{ma} mode:

$$\begin{cases} \omega_3 = 28,230 \text{ rad/s} \\ T_3 = 0,222 \text{ s} \end{cases}$$

IV Calcul des forces sismiques:

Pour le mode fondamental on a des périodes $T_1 \approx 0,75s$ dans les deux sens, donc d'après les règlements parasismiques on doit prendre en considération les 3 premiers modes d'oscillations (w_1, w_2, w_3).

Les forces sismiques correspondant à chaque mode sont données par l'expression:

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

Ainsi la sollicitation totale agissant à chaque niveau résulte de la combinaison des réponses modales. Sachant que les différents modes ne sont pas en phase, une addition arithmétique des modes conduirait à des valeurs assez élevées, afin de tenir compte de cette différence de phase on procédera à une superposition quadratique. Nous avons à calculer la force sismique suivante:

$$F_k = \sqrt{\sum F_{ki}^2} = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + F_{k3}^2}$$

k : indice de niveau
 i : mode de vibration

Γ_i : Facteur de contribution du mode i .

A : coefficient d'accélération de zone.

B : facteur de comportement de la structure.

D_i : facteur d'amplification dynamique.

Q : facteur de qualité.

W_k : Poids revenant au plancher k .

x_{ki} : vecteurs propres correspondant aux modes propres w_i .

- Calcul des différents coefficients:

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

$$B = 0,25 \quad (\text{Structure en portiques autoportants})$$

$$Q = 1 + \varepsilon P_g$$

$$Q = 1,3 \quad (\text{sens longitudinal}).$$

$$Q = 1,4 \quad (\text{sens transversal}).$$

Facteur d'amplification dynamique: "D_i"

Sens longitudinal:

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,816 \text{ s} \longrightarrow D_1 = 1,565 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode}) \\ T_2 &= 0,279 \text{ s} \longrightarrow D_2 = 2 \quad (2^{\text{eme}} \text{ mode}) \\ T_3 &= 0,170 \text{ s} \longrightarrow D_3 = 2 \quad (3^{\text{eme}} \text{ mode}) \end{aligned}$$

Sens transversal:

$$\begin{aligned} T_1 &= 1,070 \text{ s} \longrightarrow D_1 = 1,367 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode}) \\ T_2 &= 0,365 \text{ s} \longrightarrow D_2 = 2 \quad (2^{\text{eme}} \text{ mode}) \\ T_3 &= 0,222 \text{ s} \longrightarrow D_3 = 2 \quad (3^{\text{eme}} \text{ mode}) \end{aligned}$$

Calcul du facteur de contribution Γ_i:

Sens longitudinal:

W _k (t)	1 ^{er} mode				2 ^{eme} mode				3 ^{eme} mode			
	x _{k1}	x _{k1} ²	W _k x _{k1}	W _k x _{k1} ²	x _{k2}	x _{k2} ²	W _k x _{k2}	W _k x _{k2} ²	x _{k3}	x _{k3} ²	W _k x _{k3}	W _k x _{k3} ²
354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981
349,244	0,9768	0,9541	341,142	333,227	0,8012	0,6419	279,814	224,187	0,4640	0,2153	162,049	75,191
349,244	0,9313	0,8673	325,251	302,906	0,4459	0,1988	155,728	69,439	-0,3167	0,1003	-110,605	35,029
349,244	0,8645	0,7474	301,921	261,011	0,0033	0,00001	1,1520	0,0038	-0,9304	0,8656	-324,936	302,321
361,010	0,7780	0,6053	280,866	218,574	-0,4398	0,1934	-158,772	69,828	-1,0534	1,1097	-380,288	400,595
361,010	0,6767	0,4579	244,295	165,375	-0,7821	0,6117	-222,346	220,823	-0,6176	0,3814	-222,960	137,700
361,010	0,5600	0,3136	202,166	113,213	-0,9716	0,9440	-350,757	340,796	0,1433	0,0205	51,733	7,413
365,518	0,4306	0,1854	157,388	67,772	-0,9715	0,9438	-355,093	344,973	0,8288	0,6869	302,934	251,072
371,502	0,2939	0,0864	109,184	32,089	-0,7832	0,6134	-290,960	277,880	1,0676	1,1398	396,615	423,427
371,502	0,1506	0,0226	55,948	8,426	-0,4408	0,1943	-163,758	72,184	0,7396	0,5470	274,763	203,215
	Σ =		2373,143	1857,453	Σ =		-810,011	1925,095	Σ =		504,286	2190,944

$$\Gamma_1 = 1,2776 \quad (1^{\text{er}} \text{ mode})$$

$$\Gamma_2 = -0,42076 \quad (2^{\text{eme}} \text{ mode}) \quad \Gamma_3 = 0,2302 \quad (3^{\text{eme}} \text{ mode})$$

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n W_k x_{ki}}{\sum_{k=1}^n W_k x_{ki}^2} \quad (n=10)$$

Sens transversal:

$$\omega_1 = 5,873 \text{ rad/s}$$

$$\omega_2 = 17,211 \text{ rad/s}$$

$$\omega_3 = 28,230 \text{ rad/s}$$

Niv	$w_k(t)$	1 st mode				2 nd mode				3 rd mode			
		x_{k1}	x_{k1}^2	$w_k x_{k1}$	$w_k x_{k1}^2$	x_{k2}	x_{k2}^2	$w_k x_{k2}$	$w_k x_{k2}^2$	x_{k3}	x_{k3}^2	$w_k x_{k3}$	$w_k x_{k3}^2$
10	354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981	1,0000	1,0000	354,981	354,981
9	349,244	0,9755	0,9516	340,687	332,340	0,7896	0,6235	275,763	217,743	0,4338	0,1882	151,502	65,722
8	349,244	0,9275	0,8602	323,923	300,439	0,4157	0,1728	145,181	60,352	-0,3739	0,1398	-130,582	48,825
7	349,244	0,8571	0,7346	299,337	256,561	-0,0443	0,0019	-15,472	0,685	-0,9735	0,9477	-339,989	330,979
6	361,040	0,7660	0,5867	276,533	211,824	-0,4951	0,2451	-178,736	88,492	-1,0307	1,0623	-372,093	383,516
5	361,010	0,6590	0,4342	237,905	156,779	-0,8300	0,6889	-299,638	246,700	-0,5099	0,2600	-184,079	93,862
4	361,010	0,5361	0,2874	193,537	103,755	-0,9925	0,9851	-358,302	355,615	0,2961	0,0876	106,895	31,652
3	365,510	0,4001	0,1600	146,240	58,510	-0,9486	0,8998	-346,723	328,901	0,9365	0,8770	342,300	320,564
2	371,502	0,2565	0,0657	95,290	24,441	-0,7086	0,5021	-263,246	186,536	1,0450	1,0920	388,220	405,690
1	371,502	0,1066	0,0113	39,602	4,221	-0,3192	0,1019	-118,583	37,582	0,5607	0,3144	208,301	116,795
		$\Sigma =$		2308,039	1803,857	$\Sigma =$		-804,776	1879,857	$\Sigma =$		525,455	2152,524

Calcul des forces inimiques:

Sens longitudinal:

K	Γ_{ABDQW}	x_{K_1}	$F_{K_1}(t)$
10	34,601	1,0000	34,601
9	34,042	0,9768	33,252
8	34,042	0,9313	31,703
7	34,032	0,8645	29,429
6	35,188	0,7780	27,377
5	35,188	0,6767	23,812
4	35,188	0,5600	19,705
3	35,627	0,4306	15,341
2	36,211	0,2939	10,642
1	36,211	0,1506	5,453

K	Γ_{ABDQW}	x_{K_2}	$F_{K_2}(t)$
10	-14,563	1,0000	-14,563
9	-14,327	0,8012	-11,479
8	-14,327	0,4459	-6,388
7	-14,327	0,0033	-0,0473
6	-14,810	-0,4398	6,513
5	-14,810	-0,7821	11,583
4	-14,810	-0,9716	14,389
3	-14,994	-0,9715	14,567
2	-15,240	-0,7832	11,936
1	-15,240	-0,4408	6,718

K	Γ_{ABDQW}	x_{K_3}	$F_{K_3}(t)$
10	7,967	1,0000	7,967
9	7,838	0,4640	3,637
8	7,838	-0,3167	-2,482
7	7,838	-0,9304	-7,293
6	8,102	-1,0534	-8,535
5	8,102	-0,6176	-5,004
4	8,102	0,1433	1,161
3	8,203	0,8288	6,799
2	8,338	1,0676	8,902
1	8,338	0,7396	6,167

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_{K_1}	34,601	33,252	31,703	29,429	27,377	23,812	19,705	15,341	10,642	5,453
F_{K_2}	-14,563	-11,479	-6,388	-0,0473	6,513	11,583	14,389	14,567	11,936	6,718
F_{K_3}	7,967	3,637	-2,482	-7,293	-8,535	-5,004	1,161	6,799	8,902	6,167
$F_K(t)$	38,377	35,365	32,436	30,319	29,407	25,948	24,428	22,221	18,302	10,625

Sens transversal:

K	P.A.B.O.Q.M	x_{K_1}	$F_{K_1}(t)$
10	32,596	1,0000	32,596
9	32,070	0,9755	31,284
8	32,070	0,9275	29,745
7	32,070	0,8571	27,487
6	33,150	0,7660	25,393
5	33,150	0,6590	21,846
4	33,150	0,5361	17,772
3	33,563	0,4001	13,428
2	34,114	0,2565	8,750
1	34,114	0,1066	3,636

K	ABDQWP	x_{K_2}	$F_{K_2}(t)$
10	-15,956	1,0000	-15,956
9	-15,699	0,7896	-12,395
8	-15,699	0,4157	-6,526
7	-15,699	-0,0443	0,695
6	-16,227	-0,4951	8,034
5	-16,227	-0,8300	13,468
4	-16,227	-0,9925	16,106
3	-16,430	-0,9486	15,585
2	-16,699	-0,7086	11,833
1	-16,699	-0,3192	5,330

K	ABDQWP	x_{K_3}	$F_{K_3}(t)$
10	9,098	1,0000	9,098
9	8,951	0,4338	3,883
8	8,951	-0,3739	-3,347
7	8,951	-0,9735	-8,714
6	9,253	-1,0307	-9,537
5	9,253	-0,5099	-4,718
4	9,253	0,2961	2,739
3	9,368	0,9365	8,773
2	9,521	1,0450	9,950
1	9,521	0,5607	5,340

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_{K_1}	32,596	31,284	29,745	27,487	25,393	21,846	17,772	13,428	8,750	3,636
F_{K_2}	-15,956	-12,395	-6,526	0,695	8,034	13,468	16,106	15,585	11,833	5,330
F_{K_3}	9,098	3,883	-3,347	-8,714	-9,537	-4,718	2,739	8,773	9,950	5,340
$F_{K_4}(t)$	37,416	33,873	30,635	28,843	28,290	26,094	24,140	22,365	17,765	8,375

V Détermination des efforts tranchants de niveau:

Soit F_1, F_2, \dots, F_n les forces nœuds calculées à chaque niveau et dans chaque sens, selon le RPA 81 l'effort tranchant revenant à chaque niveau est:

$$T_n = F_n$$

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

$$T_j = F_n + F_{n-1} + F_j$$

$$T_i = F_n + F_{n-1} + F_j + \dots + F_i$$

ⓐ Sens longitudinal:

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F_{K_1}(t)$	38,377	35,365	32,436	30,319	29,407	24,948	24,428	22,221	18,302	10,625
$T_{K_1}(t)$	38,377	73,742	106,178	136,497	165,904	192,852	217,280	239,501	257,803	268,428

ⓑ Sens transversal:

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F_{K_2}(t)$	37,416	33,873	30,635	28,843	28,290	26,094	24,140	22,365	17,765	8,375
$T_{K_2}(t)$	37,416	71,289	101,924	130,767	159,057	185,151	209,291	231,656	249,421	257,796

VI. Déformations horizontales:

Pour éviter le désordre dans les éléments de remplissage ainsi que l'aggravation des contraintes dans le système de contreventement et le heurt de deux constructions voisines, on limite les déplacements horizontaux de la structure. Ainsi selon le RPA81 (art. 3.3.7.1) 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.

- Déplacements relatifs d'étage.

Selon le RPA81 le déplacement latéral calculé à partir des forces latérales (sismiques) 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 relatif 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 ($B=0,25$ structure auto-stable)

Pour les deux sens on a:

$$1^{\text{er}} \text{ niveau } h=4\text{m} \rightarrow \bar{\delta}_k = 0,0075 \cdot 400 = 3\text{cm}$$

$$\text{les autres niveaux } h=3\text{m} \rightarrow \bar{\delta}_k = 0,0075 \cdot 300 = 2,25\text{cm}$$

Sens longitudinal

Niv	T_k (kg). 10^3	R_k (kg/cm)	$\delta_{k_{\text{com}}}$	$\bar{\delta}_{k_{\text{com}}}$
10	38,377	905648	0,085	2,25
9	73,742	905648	0,163	2,25
8	106,178	905648	0,234	2,25
7	136,497	905648	0,301	2,25
6	165,904	937658	0,354	2,25
5	192,852	937658	0,411	2,25
4	217,280	937658	0,463	2,25
3	239,501	956830	0,501	2,25
2	257,803	956830	0,539	2,25
1	268,428	932084	0,576	3,00

Sens transversal

Niv	T_k (kg). 10^3	R_k (kg/cm)	$\delta_{k_{\text{com}}}$	$\bar{\delta}_{k_{\text{com}}}$
10	37,416	499686	0,150	2,25
9	71,289	499686	0,285	2,25
8	101,924	499686	0,408	2,25
7	130,767	499686	0,523	2,25
6	159,057	514398	0,618	2,25
5	185,151	514398	0,720	2,25
4	209,191	514398	0,814	2,25
3	231,656	521981	0,887	2,25
2	249,421	521981	0,955	2,25
1	257,796	746833	0,690	3,00

Conclusion:

La rigidité de la structure vis-à-vis des forces sismiques est assurée. En effet les déplacements horizontaux dus aux forces sismiques vérifient la condition admissible dans les deux sens.

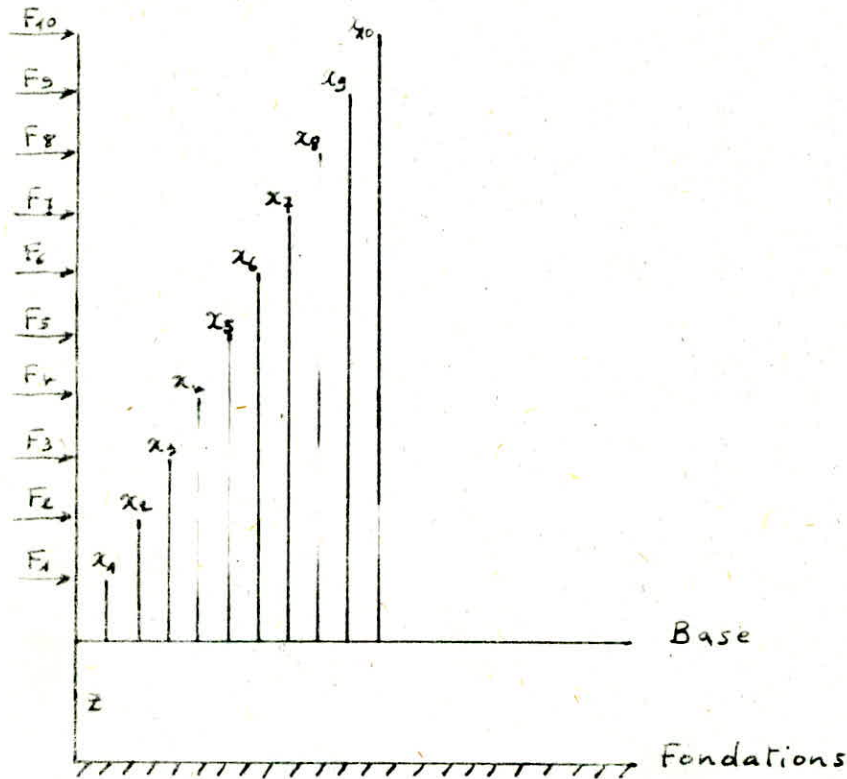
Largeur des joints entre blocs:

La largeur des joints ne doit être en aucun cas inférieure à 2 cm. Elle doit être telle que 2 blocs voisins ne puissent se heurter au cours de leur mouvement.

Le déplacement effectif maximal étant égal à 3,627 cm, par conséquent la largeur du joint sera de: $e = 8 \text{ cm}$.

Verification au renversement

On vérifie notre structure au renversement, qui peut être dû aux effets du séisme.



- Moment en console (Base) = $\sum_{i=1}^{10} F_i \cdot x_i$
- Effort tranchant à la base $H = \sum F_i$
- Moment résistant $\sum w_i \cdot b_i$

Sens longitudinal:

$$\sum F_i \cdot x_i = 5358,114 \text{ tm}$$

$$H = \sum F_i = 268,429 \text{ t}$$

$$z = 4 \text{ m}$$

$$M_{\text{renv}} = 5358,114 + 268,429 \cdot 4 = 6431,826 \text{ tm}$$

$$M_{\text{résist}} = \sum w_i \cdot b_i = 39381,129 \text{ tm}$$

On doit vérifier que $\frac{M_{\text{résist}}}{M_{\text{renv}}} \geq 1,5$

$$\frac{M_{\text{résist}}}{M_{\text{renv}}} = 7,35 > 1,5$$

→ notre bâtiment est stable dans ce sens vis à vis du renversement.

Sens transversal :

$$\sum F_i x_i = 5159,1 \text{ tm}$$

$$H = 257,736 \text{ t}$$

$$M_{\text{renv}} = 5159,1 + 257,736 : 4 = 6130,284 \text{ tm}$$

$$M_{\text{résist}} = 21223,492 \text{ tm}$$

$$\frac{M_{\text{résist}}}{M_{\text{renv}}} = 4,11 > 1,5 \rightarrow \text{le renversement est vérifié.}$$

CALCUL DES EFFORTS

SOUS LES

CHARGES HORIZONTALES

CALCUL DES EFFORTS SOUS LES CHARGES HORIZONTALES "Méthode de MUTO"

Étapes à suivre:

1) Répartition des effets tranchants de niveau pour les différents poteaux : par la formule.

- Poteaux longitudinaux:
$$C_{jx} = T_{jx} \cdot \frac{R_j^l}{\sum_{n=1}^3 R_j^l} + T_{jx} \cdot y_0 \cdot \frac{R_j^t}{R_{j0}} \cdot y$$

- Poteaux transversaux:
$$C_{jy} = T_{jy} \cdot \frac{R_j^t}{\sum_{n=1}^3 R_j^t} + T_{jy} \cdot x_0 \cdot \frac{R_j^l}{R_{j0}} \cdot x$$

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

R_j^t : Rigidité de niveau d'un poteau transversal.

R_{j0} : Rigidité de niveau à la torsion.

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

T_{jy} : Effort tranchant de niveau dans le sens transversal.

$x_0 = y_0$: distance du C.M. au C.T. (excentricité accidentelle)

x : distance d'un poteau transversal au C.T.

y : distance d'un poteau longitudinal au C.T.

2) Calcul de l'effet tranchant revenant à chaque poteau dans chaque sens:

$$t_j^{(i)} = \frac{q_j^i \cdot k_j^i}{D_j} \cdot C_j$$

t_j^i : Effort tranchant revenant au poteau i du niveau j .

q_j^i : coefficient de correction donnée selon "MUTO"

C_j : Effort tranchant revenant au poteau considéré du niveau j

$$D_j = \sum q_j^i \cdot k_j^i$$

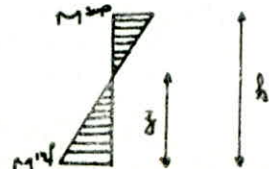
k_j^i : Raideur du poteau i au niveau j

3) Calcul des moments fléchissants dans les poteaux:

La position du point d'inflexion est calculée en fonction des caractéristiques du poteau.

$$M^{sup} = t_j^i \cdot (h - z) = y_1 h$$

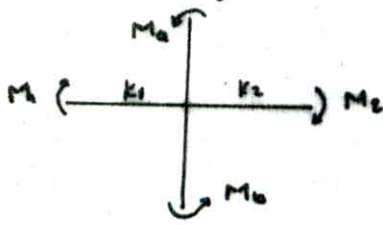
$$M^{inf} = t_j^i \cdot z = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$



y_0, y_1, y_2 et y_3 sont donnés dans le livre (conception et calcul des structures soumises au séisme)

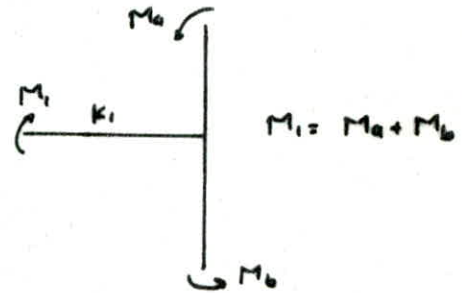
4) Calcul des moments fléchissants dans les poteaux:

Dans un nœud, le moment résultant des poteaux aboutissant à ce nœud est reparti entre les poteaux proportionnellement à leurs rigidités linéaires.



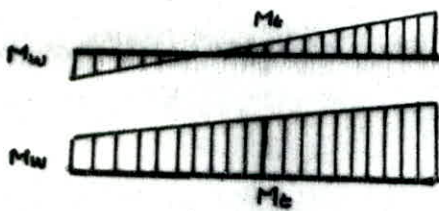
$$M_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} (M_a + M_b)$$

$$M_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2} (M_a + M_b)$$



5) Calcul des moments en travée dans les poteaux:

Le diagramme du moment fléchissant dans une travée sous l'action d'une force latérale est linéaire et est donné par:



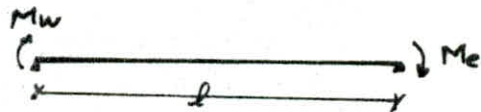
$$M_c = \frac{M_c - M_w}{2} \quad \text{si } M_c \text{ et } M_w \text{ de signe } \neq$$

$$M_c = \frac{M_c + M_w}{2} \quad \text{si } M_c \text{ et } M_w \text{ de même signe}$$

6) Calcul des efforts tranchants dans les poteaux:

$$Tl + M_w + M_c = 0$$

$$\Rightarrow T = - \frac{M_w + M_c}{l}$$



T est constant le long de la travée. Ayant dessiné M_w et T_c dans le sens où ils s'exercent réellement donc $T(x) = - \frac{|M_w| + |M_c|}{l}$
 $T(x)$ est constant négatif pour le sens où ils s'exercent dans ce sens (\rightarrow)

7) Calcul des effets normaux dans les poteaux:

Les efforts tranchants s'exerçant sur les nœuds des poteaux se transmettent en effets normaux dans les poteaux:

$$N_i = T_{e_i} - T_{w_i}$$

Cet effet normal est compréhensible selon que le sens agit dans un sens ou dans l'autre ($N < 0$: traction ; $N > 0$: compression)

I REPARTITION DES EFFORTS TRANCHANTS AUX PORTIQUES LONGITUDINAUX.

Niv	T_{jx}	$\sum R_j l$	R_{j0}	Port.	$R_j l$ (kg/cm)	y (cm)	$\frac{T_{jx} R_j l}{\sum R_j l}$	$T_{jx} \cdot y_0 \cdot \frac{R_j l}{R_{j0} \cdot y}$	$\sum j_{jx}$
10	38,377	905648	51183,70 ^u	A-A	331208,6	541,7	14,035	1,574	15,609
				B-B	331309,4	-58,3	14,039	-0,169	14,039
				C-C	243129,6	-658,3	10,303	-1,574	10,303
9	37,742	905648	5,1183,70 ^u	A-A	331208,6	541,7	26,968	3,024	29,993
				B-B	331309,4	-58,3	26,977	-0,326	26,977
				C-C	243129,6	-658,3	19,797	-2,698	19,797
8	106,178	905648	5,1183,16 ^u	A-A	331208,6	541,7	38,831	4,355	43,186
				B-B	331309,4	-58,3	38,843	-0,469	38,843
				C-C	243129,6	-658,3	28,504	-3,885	28,504
7	136,497	905648	5,1183,16 ^u	A-A	331208,6	541,7	49,919	5,598	55,517
				B-B	331309,4	-58,3	49,934	-0,603	49,934
				C-C	243129,6	-658,3	36,644	-4,994	36,644
6	165,904	937658	5,1113,16 ^u	A-A	331208,6	543,6	58,602	6,758	65,360
				B-B	363319,9	-56,4	64,284	-0,769	64,284
				C-C	243129,6	-656,4	43,018	-5,990	43,018
5	192,852	937658	5,1113,16 ^u	A-A	331208,6	543,6	68,121	7,856	75,979
				B-B	363319,9	-56,4	74,725	-0,894	74,725
				C-C	243129,6	-656,4	50,005	-6,963	50,005
4	217,280	937658	5,1113,16 ^u	A-A	331208,6	543,6	76,749	8,851	85,601
				B-B	363319,9	-56,4	84,191	-1,007	84,191
				C-C	243129,6	-656,4	56,339	-7,845	56,339
3	239,501	956830	5,1987,76 ^u	A-A	331208,6	544,8	82,904	9,726	92,630
				B-B	382349,1	-55,2	95,704	-1,138	95,704
				C-C	243129,6	-655,2	60,857	-8,586	60,857
2	257,803	956830	5,1987,76 ^u	A-A	331208,6	544,8	89,239	10,469	99,703
				B-B	382349,1	-55,2	103,018	-1,224	103,018
				C-C	243129,6	-655,2	65,507	-9,242	65,507
1	268,428	932084	5,8687,76 ^u	A-A	261783,9	566,7	75,390	7,939	83,329
				B-B	460261,1	-33,3	132,549	-0,820	132,549
				C-C	210039,5	-633,3	60,488	-7,118	60,488

• $y_0 = 117 \text{ cm}$

• $j_{jx} (t)$

• $T_{jx} \cdot y_0 \cdot \frac{R_j l}{R_{j0} \cdot y} (t)$

• $T_{jx} \cdot t$

• $T_{jx} \cdot \frac{R_j l}{\sum R_j l} (t)$

• $\sum R_j l$ (kg/cm)

• R_{j0} (kg/cm)

• y (cm)

II. EFFORT TRANCHANT REVENANT A CHAQUE POTEAU (PORTIQUE B-B) :

Niveau	$\sum_{j=1}^n (k_j)$	D_j	Pat	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	B_6	B_7
10	14,039	6573,6	qjkj	622,80	900,00	900,00	1234,80	1234,80	1058,40	622,80
			qj	1,330	1,922	1,922	2,637	2,637	2,260	1,330
9	20,977	6573,6	qjkj	622,80	900,00	900,00	1234,80	1234,80	1058,40	622,80
			qj	2,256	3,693	3,693	5,067	5,067	4,344	2,556
8	38,843	6573,6	qjkj	622,80	900,00	900,00	1234,80	1234,80	1058,40	622,80
			qj	3,680	5,318	5,318	7,296	7,296	6,254	3,680
7	49,934	6573,6	qjkj	622,80	900,00	900,00	1234,80	1234,80	1058,40	622,80
			qj	4,731	6,837	6,837	9,380	9,380	8,040	4,731
6	64,284	7208,7	qjkj	622,80	1020,36	1020,36	1234,80	1460,51	1227,10	622,80
			qj	5,554	9,099	9,099	11,011	13,024	10,943	5,554
5	74,726	7208,7	qjkj	622,80	1020,36	1020,36	1234,80	1460,51	1227,10	622,80
			qj	6,456	10,577	10,577	12,800	15,140	12,720	6,456
4	84,191	7208,7	qjkj	622,80	1020,36	1020,36	1234,80	1460,51	1227,10	622,80
			qj	7,274	11,917	11,917	14,421	17,057	14,331	7,274
3	95,706	7589,1	qjkj	622,80	1080,91	1080,91	1234,80	1615,68	1331,23	622,80
			qj	7,854	13,631	13,631	15,572	20,375	16,788	7,854
2	103,018	7589,1	qjkj	622,80	1080,91	1080,91	1234,80	1615,68	1331,23	622,80
			qj	8,454	14,673	14,673	16,762	21,932	18,071	8,454
1	132,549	16235	qjkj	1115,10	2918,29	2918,29	1503,90	3575,33	3088,95	1115,10
			qj	9,104	23,826	23,826	12,278	29,190	25,219	9,104

III. MOMENTS FLECHISSANTS DANS LES POTEAUX:

PORTIQUE B-B:

Niv	Pat	k_j	\bar{K}	γ	$\beta = \gamma h$	$\beta - \beta_0$	M_{sup}	M_{inf}
10	B_1	1,330	0,417	0,21	0,63	2,37	3,152	0,838
	B_2	1,922	0,667	0,30	0,90	2,10	4,036	1,730
	B_3	1,922	0,667	0,30	0,90	2,10	4,036	1,730
	B_4	2,637	1,042	0,40	1,20	1,80	4,747	3,165
	B_5	2,637	1,042	0,40	1,20	1,80	4,747	3,165
	B_6	2,260	0,833	0,35	1,05	1,95	4,608	2,373
	B_7	1,330	0,14	0,21	0,63	2,37	3,152	0,838

NW	Piv	t_j	\bar{K}	y	$z=y \cdot h$	$h-z$	M_{sup} (cm)	M_{inf} (cm)
9	B ₁	2,556	0,417	0,35	1,05	1,95	4,984	2,684
	B ₂	3,693	0,667	0,40	1,20	1,80	6,648	4,432
	B ₃	3,693	0,667	0,40	1,20	1,80	6,648	4,432
	B ₄	5,067	1,042	0,45	1,35	1,65	8,361	6,841
8	B ₁	3,680	0,417	0,40	1,20	1,80	6,624	4,416
	B ₂	5,318	0,667	0,43	1,29	1,71	9,094	6,860
	B ₃	5,318	0,667	0,43	1,29	1,71	9,094	6,860
	B ₄	7,296	1,042	0,45	1,35	1,65	12,039	9,850
	B ₅	7,296	1,042	0,45	1,35	1,65	12,039	9,850
	B ₆	6,254	0,833	0,45	1,35	1,65	10,319	8,443
	B ₇	3,680	0,417	0,40	1,20	1,80	6,624	4,416
7	B ₁	4,731	0,417	0,41	1,23	1,77	8,374	5,819
	B ₂	6,837	0,667	0,45	1,35	1,65	11,280	9,229
	B ₃	6,837	0,667	0,45	1,35	1,65	11,280	9,229
	B ₄	9,380	1,042	0,50	1,50	1,50	14,070	14,070
	B ₅	9,380	1,042	0,50	1,50	1,50	14,070	14,070
	B ₆	8,040	0,833	0,45	1,35	1,65	13,266	10,854
	B ₇	4,731	0,417	0,41	1,23	1,77	8,374	5,819
6	B ₁	5,554	0,417	0,45	1,35	1,65	9,164	7,498
	B ₂	9,099	0,660	0,43	1,29	1,71	15,559	11,738
	B ₃	9,099	0,660	0,43	1,29	1,71	15,559	11,738
	B ₄	11,011	1,042	0,50	1,50	1,50	16,517	16,517
	B ₅	13,024	0,562	0,45	1,35	1,65	21,490	17,583
	B ₆	10,943	0,450	0,45	1,35	1,65	18,056	14,773
	B ₇	5,554	0,417	0,45	1,35	1,65	9,164	7,498
5	B ₁	6,456	0,417	0,45	1,35	1,65	10,652	8,716
	B ₂	10,577	0,360	0,45	1,35	1,65	17,452	14,279
	B ₃	10,577	0,360	0,45	1,35	1,65	17,452	14,279
	B ₄	12,800	1,042	0,50	1,50	1,50	19,200	19,200
	B ₅	15,140	0,562	0,45	1,35	1,65	24,981	20,439
	B ₆	12,720	0,450	0,45	1,35	1,65	20,988	17,172
	B ₇	6,456	0,417	0,45	1,35	1,65	10,652	8,716

NW	Piv	t_j	\bar{K}	y	$z=y \cdot h$	$h-z$	M_{sup} (cm)	M_{inf} (cm)
9	B ₅	5,067	1,042	0,45	1,35	1,65	8,361	6,841
	B ₆	4,344	0,833	0,40	1,20	1,80	7,818	5,212
	B ₇	2,556	0,417	0,35	1,05	1,95	4,984	2,684
4	B ₁	7,274	0,417	0,46	1,38	1,62	11,783	10,038
	B ₂	11,917	0,360	0,45	1,35	1,65	19,663	16,088
	B ₃	11,917	0,360	0,45	1,35	1,65	19,663	16,088
	B ₄	14,421	1,042	0,50	1,50	1,50	21,632	21,632
	B ₅	17,057	0,562	0,50	1,50	1,50	25,586	25,586
	B ₆	14,331	0,045	0,475	1,425	1,575	22,572	20,422
	B ₇	7,274	0,417	0,46	1,38	1,62	11,783	10,038
2	B ₁	7,854	0,417	0,50	1,50	1,50	11,781	11,781
	B ₂	13,631	0,211	0,545	1,635	1,365	18,607	22,287
	B ₃	13,631	0,211	0,545	1,635	1,365	18,607	22,287
	B ₄	15,752	1,042	0,50	1,50	1,50	23,358	23,358
	B ₅	20,375	0,330	0,50	1,50	1,50	30,563	30,563
	B ₆	16,788	0,264	0,52	1,56	1,44	24,175	26,189
	B ₇	7,854	0,417	0,50	1,50	1,50	11,781	11,781
9	B ₁	8,454	0,417	0,505	1,515	1,485	12,554	12,808
	B ₂	14,673	0,211	0,595	1,785	1,215	17,827	26,191
	B ₃	14,673	0,211	0,595	1,785	1,215	17,827	26,191
	B ₄	16,762	1,042	0,50	1,50	1,50	25,143	25,143
	B ₅	21,932	0,334	0,533	1,599	1,401	34,727	35,069
	B ₆	18,071	0,264	0,57	1,71	1,29	23,311	30,901
	B ₇	8,454	0,417	0,505	1,515	1,485	12,554	12,808
1	B ₁	3,104	0,556	0,7375	2,95	1,05	9,559	26,857
	B ₂	23,826	0,281	0,87	3,48	0,52	12,390	82,915
	B ₃	23,826	0,281	0,87	3,48	0,52	12,390	82,915
	B ₄	12,278	1,389	0,63	2,52	1,48	18,172	30,942
	B ₅	29,190	0,439	0,7675	3,07	0,93	27,147	89,615
	B ₆	25,219	0,352	0,832	3,328	0,672	14,947	83,936
	B ₇	3,104	0,556	0,7375	2,95	1,05	9,559	26,857

IV MOMENTS FLECHISSANTS AUX NOEUDS DES POUTRES : (Partique B-B)

Niv	Nœud	M_a (cm)	M_b (cm)	M_1 (cm)	M_2 (cm)	Niv	Nœud	M_a (cm)	M_b (cm)	M_1 (cm)	M_2 (cm)
10	1	0,000	3,152	0,000	3,152	5	1	7,498	10,652	0,000	18,150
	2	0,000	4,036	2,523	1,514		2	11,738	17,452	18,244	10,946
	3	0,000	4,036	1,514	2,523		3	11,738	17,452	10,946	18,244
	4	0,000	4,747	1,899	2,848		4	16,517	19,200	14,287	21,430
	5	0,000	4,747	2,848	1,899		5	17,583	24,981	25,538	17,025
	6	0,000	4,408	2,204	2,204		6	14,773	20,988	17,881	17,881
	7	0,000	3,152	3,152	0,000		7	7,498	10,652	18,150	0,000
9	1	0,838	4,984	0,000	5,822	4	1	8,716	11,783	0,000	20,499
	2	1,730	6,648	5,236	3,142		2	14,279	19,663	21,214	12,728
	3	1,730	6,648	3,142	5,236		3	14,279	19,663	12,728	21,214
	4	3,165	8,361	4,610	6,915		4	19,200	21,632	16,333	24,499
	5	3,165	8,361	6,915	4,610		5	20,439	25,586	27,615	18,410
	6	2,373	7,818	5,096	5,096		6	17,172	22,572	19,872	19,872
	7	0,838	4,984	5,822	0,000		7	8,716	11,783	20,499	0,000
8	1	2,684	6,624	0,000	9,308	3	1	10,038	14,481	0,000	21,819
	2	4,432	9,094	8,454	5,072		2	16,088	18,607	21,684	19,010
	3	4,432	9,094	5,072	8,454		3	16,088	18,607	19,010	21,684
	4	6,841	12,039	7,552	11,328		4	21,632	23,358	17,996	26,994
	5	6,841	12,039	11,328	7,552		5	25,586	30,563	33,689	22,460
	6	5,212	10,319	7,766	7,766		6	20,422	24,175	22,299	22,299
	7	2,684	6,624	9,308	0,000		7	10,038	14,481	21,819	0,000
7	1	4,416	8,374	0,000	12,790	2	1	11,781	12,554	0,000	24,336
	2	6,860	11,280	11,338	6,803		2	22,287	17,827	25,072	15,043
	3	6,860	11,280	6,803	11,338		3	22,287	17,827	15,043	25,072
	4	9,850	14,070	9,568	14,352		4	23,358	25,143	19,400	29,100
	5	9,850	14,070	14,352	9,568		5	30,563	30,727	36,774	24,516
	6	8,443	13,266	10,854	10,854		6	26,189	23,311	24,750	24,750
	7	4,416	8,374	12,790	0,000		7	11,781	12,554	24,336	0,000
6	1	5,819	9,164	0,000	14,983	1	1	12,808	9,559	0,000	22,367
	2	9,229	15,559	15,493	9,296		2	26,191	12,390	24,113	14,468
	3	9,229	15,559	9,296	15,493		3	26,191	12,390	14,468	24,113
	4	14,070	16,517	12,235	18,352		4	25,143	18,172	17,326	25,989
	5	14,070	21,490	21,336	14,224		5	35,069	27,147	37,330	24,887
	6	10,854	18,056	14,455	14,455		6	30,901	16,947	23,924	23,924
	7	5,819	9,164	14,983	0,000		7	12,808	9,559	22,367	0,000

∇ Tableau récapitulatif:

POUTRES SOUS E (scisme) portique B-B

Niv	Poutre	M _w	M _e	M _c	T
10	1-2	3,152	-2,523	0,315	-1,576
	2-3	1,574	-1,514	0,000	-0,505
	3-4	2,523	-2,899	0,312	-1,228
	4-5	2,848	-2,848	0,000	-2,373
	5-6	1,899	-2,204	-0,153	-1,140
	6-7	2,204	-3,152	-0,474	-1,488
9	1-2	5,822	-5,236	+0,293	-3,072
	2-3	3,142	-3,142	0,000	-1,047
	3-4	5,236	-4,610	+0,313	-2,735
	4-5	6,915	-6,915	0,000	-5,763
	5-6	4,610	-5,096	-0,243	-2,696
	6-7	5,096	-5,822	-0,363	-3,033
8	1-2	9,308	-8,454	0,427	-4,934
	2-3	5,072	-5,072	0,000	-1,691
	3-4	8,454	-7,552	0,451	-4,446
	4-5	11,328	-11,328	0,000	-9,440
	5-6	7,552	-7,766	-0,107	-4,255
	6-7	7,766	-9,308	-0,771	-4,743
7	1-2	12,790	-11,338	0,726	-6,702
	2-3	6,803	-6,803	0,000	-2,268
	3-4	11,338	-9,568	0,885	-5,807
	4-5	14,352	-14,352	0,000	-11,960
	5-6	9,568	-10,854	-0,643	-5,673
	6-7	10,854	-12,790	-0,968	-6,568
6	1-2	14,983	-15,493	-0,255	-8,466
	2-3	9,296	-9,296	0,000	-3,099
	3-4	15,493	-12,235	1,629	-7,702
	4-5	18,352	-21,336	-1,492	-16,537
	5-6	14,224	-14,455	-0,115	-7,966
	6-7	14,455	-14,983	-2,264	-8,177

Niv	Poutre	M _w	M _e	M _c	T
5	1-2	18,150	-18,244	-0,047	-10,109
	2-3	10,946	-10,946	0,000	-3,649
	3-4	18,244	-14,287	1,978	-9,036
	4-5	21,430	-25,538	-2,054	-19,570
	5-6	17,025	-17,881	-0,428	-9,696
	6-7	17,881	-18,150	-0,134	-10,009
4	1-2	20,499	-21,214	-0,357	-11,587
	2-3	12,728	-12,728	0,000	-4,243
	3-4	21,214	-16,333	2,440	-10,430
	4-5	24,499	-27,615	-1,558	-21,714
	5-6	18,410	-19,872	-0,731	-10,634
	6-7	19,872	-20,499	-0,313	-11,214
3	1-2	21,819	-21,684	0,067	-12,084
	2-3	13,010	-13,010	0,000	-4,337
	3-4	21,684	-17,996	2,844	-11,022
	4-5	26,994	-33,689	-3,348	-25,285
	5-6	22,460	-22,299	0,081	-12,433
	6-7	22,299	-21,819	0,240	-12,255
2	1-2	24,336	-25,072	-0,368	-13,724
	2-3	15,043	-15,043	0,000	-5,074
	3-4	25,072	-19,400	2,836	-12,353
	4-5	29,100	-36,774	-3,837	-28,448
	5-6	24,516	-24,750	-0,117	-13,685
	6-7	24,750	-24,336	0,207	-13,635
1	1-2	22,367	-24,113	-0,873	-12,911
	2-3	14,468	-14,468	0,000	-4,823
	3-4	24,113	-17,326	3,393	-11,511
	4-5	25,989	-37,330	-5,670	-24,383
	5-6	24,887	-23,924	0,481	-13,559
	6-7	23,924	-22,367	0,778	-12,859

POUTRES SOUS E (SEISME) Portique C-C

Niv	Poutre	Mw	Me	Mc	T
10	1-2	3.152	-2.523	0.315	-1.576
	2-3	1.514	-1.730	-0.108	-0.541
	3-5	1.730	-1.514	0.108	-0.541
	5-6	2.523	-2.204	0.159	-1.313
	6-7	2.204	-3.152	-0.474	-1.488
9	1-2	5.822	-5.236	0.293	-3.072
	2-3	3.142	-3.458	-0.158	-1.100
	3-5	3.458	-3.142	0.158	-1.100
	5-6	5.236	-5.096	0.070	-2.870
	6-7	5.096	-5.822	-0.363	-3.033
8	1-2	9.308	-8.454	0.427	-4.934
	2-3	5.072	-5.380	-0.154	-1.742
	3-5	5.380	-5.072	0.154	-1.742
	5-6	8.454	-7.766	0.344	-4.505
	6-7	7.766	-9.308	-0.771	-4.743
7	1-2	9.211	-8.325	0.443	-4.871
	2-3	4.995	-5.137	-0.071	-1.689
	3-5	5.137	-4.995	0.071	-1.689
	5-6	8.325	-8.020	0.153	-4.540
	6-7	8.020	-9.211	-0.596	-4.786
6	1-2	12.496	-11.580	0.458	-6.688
	2-3	6.948	-7.411	-0.232	-2.393
	3-5	7.411	-6.948	0.232	-2.393
	5-6	11.580	-10.894	0.343	-6.243
	6-7	10.894	-12.496	-0.801	-6.497

Niv	Poutre	Mw	Me	Mc	T
5	1-2	18.150	-16.393	0.879	-9.595
	2-3	9.836	-10.491	-0.328	-3.388
	3-5	10.491	-9.836	0.328	-3.388
	5-6	16.393	-14.599	0.897	-8.609
	6-7	14.599	-18.150	-1.776	-9.097
4	1-2	20.499	-17.726	1.387	-10.618
	2-3	10.636	-11.345	-0.355	-3.663
	3-5	11.345	-10.636	0.355	-3.663
	5-6	17.726	-17.499	0.113	-9.785
	6-7	17.499	-20.499	-1.500	-10.555
3	1-2	21.823	-20.499	0.662	-11.756
	2-3	12.299	-13.119	-0.410	-4.236
	3-5	13.119	-12.299	0.410	-4.236
	5-6	20.499	-19.285	0.607	-11.051
	6-7	19.285	-21.823	-1.269	-11.419
2	1-2	24.050	-21.722	1.164	-12.714
	2-3	13.033	-13.902	-0.434	-4.489
	3-5	13.902	-13.033	0.434	-4.489
	5-6	21.722	-21.514	0.104	-12.010
	6-7	21.514	-24.050	-1.268	-12.657
1	1-2	22.667	-21.302	0.683	-12.213
	2-3	12.781	-13.292	-0.256	-4.346
	3-5	13.292	-12.781	0.256	-4.346
	5-6	21.302	-18.190	1.556	-10.910
	6-7	18.190	-22.667	-2.239	-11.349

Niv	Pot	M _{sup}	M _{inf}	N	N _{cum}
10	C ₁	3,152	0,838	-1,576	-1,576
	C ₂	4,037	1,143	1,036	1,036
	C ₃	3,460	1,153	0,000	0,000
	C ₅	4,037	1,730	-0,772	-0,772
	C ₆	4,408	2,374	-0,175	-0,175
	C ₇	3,152	0,838	1,488	1,488
	9	C ₁	4,984	2,684	-3,072
C ₂		6,648	4,432	1,972	3,008
C ₃		5,762	3,103	0,000	0,000
C ₅		6,648	4,432	-1,770	-2,543
C ₆		7,818	5,212	-0,163	-0,338
C ₇		4,984	2,684	3,033	4,521
8		C ₁	6,624	4,416	-4,934
	C ₂	9,094	6,860	3,192	6,199
	C ₃	7,658	5,105	0,000	0,000
	C ₅	9,094	6,860	-2,763	-5,306
	C ₆	10,319	8,443	-0,237	-0,575
	C ₇	6,624	4,416	4,743	9,263
	7	C ₁	4,795	3,332	-4,871
C ₂		6,460	5,285	3,183	9,382
C ₃		5,168	4,228	0,000	0,000
C ₅		6,460	5,285	-2,852	-8,158
C ₆		7,597	6,215	-0,246	-0,821
C ₇		4,795	3,332	4,786	14,050
6		C ₁	9,164	7,498	-6,688
	C ₂	13,242	10,835	4,295	13,677
	C ₃	10,594	8,668	0,000	0,000
	C ₅	13,242	10,835	-3,850	-12,007
	C ₆	15,573	12,742	-0,255	-1,076
	C ₇	9,164	7,498	6,497	20,547

Niv	Pot	M _{sup}	M _{inf}	N	N _{cum}
5	C ₁	10,652	8,716	-9,595	-30,736
	C ₂	15,394	12,595	6,207	12,884
	C ₃	12,315	10,076	0,000	0,000
	C ₅	15,394	12,595	-5,221	-17,228
	C ₆	16,457	16,457	-0,488	-1,564
	C ₇	10,652	8,716	9,097	29,644
	4	C ₁	11,783	10,038	-10,618
C ₂		15,767	15,767	6,955	26,839
C ₃		12,613	12,613	0,000	0,000
C ₅		15,767	15,767	-6,121	-23,350
C ₆		18,542	18,542	-0,770	-2,334
C ₇		11,783	10,38	10,555	40,199
3		C ₁	11,783	11,783	-11,756
	C ₂	17,031	17,031	7,520	34,358
	C ₃	13,625	13,625	0,000	
	C ₅	17,031	17,031	-6,815	-30,164
	C ₆	20,028	20,028	-0,368	-2,702
	C ₇	11,785	11,785	11,419	51,618
	2	C ₁	12,265	13,107	-12,714
C ₂		17,724	18,941	8,225	42,584
C ₃		14,179	15,153	0,000	0,000
C ₅		17,724	18,941	-7,521	-37,685
C ₆		22,999	20,119	-0,647	-3,349
C ₇		12,265	13,107	13,657	65,275
1		C ₁	9,559	26,857	-12,213
	C ₂	15,141	27,271	7,868	50,452
	C ₃	11,432	27,189	0,000	0,000
	C ₅	15,141	27,271	-6,624	-44,309
	C ₆	16,260	29,415	-0,379	-3,728
	C ₇	9,559	26,857	12,349	77,624

POUTRES SOUS E (SEISME) (Poutre 3-3)

Niv	Poutre	M _w	M _e	M _t	T
10	1-2	4,185	-3,057	0,564	-1,207
	2-3	3,057	-4,185	-0,564	-1,207
9	1-2	6,804	-6,067	0,369	-2,145
	2-3	6,067	6,804	-0,369	-2,145
8	1-2	10,474	-9,380	0,547	-3,309
	2-3	9,380	-10,474	-0,547	-3,309
7	1-2	13,888	-12,276	0,806	-4,361
	2-3	12,276	-13,888	-0,806	-4,361
6	1-2	17,139	-17,532	-0,197	-5,779
	2-3	17,532	-17,139	+0,197	-5,779

Niv	Poutre	M _w	M _e	M _t	T
5	1-2	19,436	-19,283	+0,076	-6,453
	2-3	19,283	-19,436	-0,076	-6,453
4	1-2	23,307	23,125	0,091	-7,739
	2-3	23,125	-23,307	-0,091	-7,739
3	1-2	23,799	-22,959	0,420	-7,793
	2-3	22,959	-23,799	-0,420	-7,793
2	1-2	24,904	-23,985	0,459	-8,148
	2-3	23,985	-24,904	-0,459	-8,148
1	1-2	23,062	22,495	0,284	-7,593
	2-3	22,495	23,062	-0,284	-7,593

POTEAUX SOUS E (SEISME) (Poutre 3-3)

Niv	Pot	M _{sup}	M _{inf}	N	N _{cum}
10	3A	4,185	0,339	-1,207	-1,207
	3B	6,113	2,038	0,000	0,000
	3C	4,185	0,339	1,207	1,207
9	3A	6,465	2,155	-2,145	-3,352
	3B	10,096	5,436	0,000	0,000
	3C	6,465	2,155	2,145	3,352
8	3A	8,319	4,005	-3,309	-6,661
	3B	13,323	8,882	0,000	0,000
	3C	8,319	4,005	3,309	6,661
7	3A	9,882	5,929	-4,361	-11,022
	3B	15,670	12,821	0,000	0,000
	3C	9,882	5,929	4,361	11,022
6	3A	11,209	7,473	-5,779	-16,800
	3B	22,244	14,830	0,000	0,000
	3C	11,209	7,473	5,779	16,800

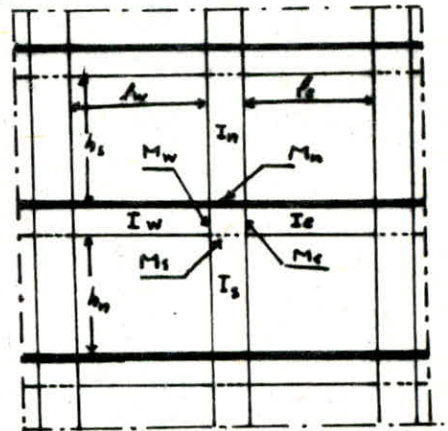
Niv	Pot	M _{sup}	M _{inf}	N	N _{cum}
5	3A	11,961	9,786	-6,453	-23,253
	3B	23,736	19,421	0,000	0,000
	3C	13,520	9,786	6,453	23,253
4	3A	13,520	11,062	-7,739	-30,992
	3B	26,830	21,952	0,000	0,000
	3C	13,520	11,062	7,739	30,992
3	3A	12,737	14,077	-7,793	-38,785
	3B	23,966	31,768	0,000	0,000
	3C	12,737	14,077	7,793	38,785
2	3A	10,826	18,044	-8,148	-46,933
	3B	16,202	43,806	0,000	0,000
	3C	10,826	18,044	8,148	46,933
1	3A	5,018	32,713	-7,593	-54,526
	3B	1,183	106,371	0,000	0,000
	3C	5,018	32,713	7,593	54,526

EXPOSÉ DE LA METHODE 'CAQUOT'

Annexe A du CCBA 68:

Dans cette méthode:

- Les poutres sont solidaire des poteaux
- Moment d'inertie des poteaux sont constants
- Il n'est pas tenu compte des déplacements horizontaux relatifs des planchers.



Le principe consiste à considérer chaque nœud et à déterminer les moments de continuité dans les sections des nus, en ne tenant compte que des travées encadrant l'appui (travée gauche $\rightarrow w$ et travée droite $\rightarrow e$), et de la rigidité

offerte par les travées inf. et sup. des poteaux aboutissant au nœud considérée (travées sup $\rightarrow n$ et travées inf $\rightarrow s$).

On détache que chaque côté des appuis des travées fictives désignée par l' : $l'_w = 0,8 l_w$ et $l'_e = 8 l_e$ (travées intermédiaires)

On détache au dessus et au dessous de chaque appui des travées fictifs de poteaux.

$$h'_n = 0,9 h_n \quad (\text{si le nœud considéré appartient à l'avant dernier plancher})$$

$$\left. \begin{array}{l} h'_n = 0,8 h_n \\ h'_s = 0,8 h_s \end{array} \right\} \text{ dans les autres cas.}$$

Soient: q_w : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche (q_e sur celle de droite)

$$\text{On pose:} \quad M_{iw} = \frac{q_w \cdot l_w^2}{8,5} + l_w \sum k_w \cdot Q_w$$

$$M_{ie} = \frac{q_e \cdot l_e^2}{8,5} + l_e \sum k_e \cdot Q_e$$

Q_w et Q_e : charges concentrées appliquées sur la travée de gauche ou de droite à une distance a_w ou a_e du nu de l'appui.

Dans notre cas Q_e et Q_w existent qu'une seule fois au plancher du 1^{er} niveau du poteau C-C, dans tous les autres cas elles sont nulles.

I_w, I_e, I_s et I_n : désignent les moments d'inertie des éléments formant le nœud considéré:

$$\text{On pose : } K_w = \frac{I_w}{l_w} ; \quad K_e = \frac{I_e}{l_e} ; \quad K_s = \frac{I_s}{h_s} ; \quad K_n = \frac{I_n}{h_n}$$

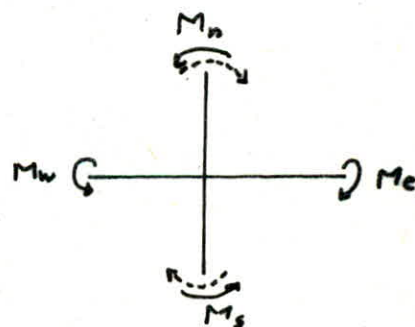
$$D = K_w + K_e + K_s + K_n$$

Les moments dans les sections dangereuses sont en valeurs absolues:

- au nu de l'appui dans la travée de gauche: $M_w = M_e \frac{K_w}{D} + M_w (1 - \frac{K_w}{D})$
- au nu de l'appui dans la travée de droite: $M_e = M_e (1 - \frac{K_e}{D}) + M_w \frac{K_e}{D}$
- au nu inf des poteaux dans les poteaux inf: $M_s = \frac{K_s}{D} (M_e - M_w)$
- au nu sup des poteaux dans les poteaux sup: $M_n = \frac{K_n}{D} (M_e - M_w)$

Remarque:

- M_e et M_w sont négatifs (poutree)
- Pour les poteaux la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux valeurs absolues M_e et M_w ; la tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.



Sens de M_n, M_s

- → si $M_e > M_w$
- ... → si $M_e < M_w$

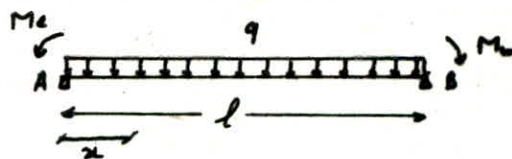
Calcul des effets tranchants dans les poteaux:

Par simplification, on ne fait pas état dans les calculs des effets tranchants dans les poteaux ni des effets normaux dans les poteaux (CCBA: 88 A15)

$$T(x) = \frac{M_e - M_w}{l} + \frac{ql}{2} - qx$$

$$\text{Pour } x=0 : T_e = \frac{ql}{2} + \frac{M_w - M_e}{l}$$

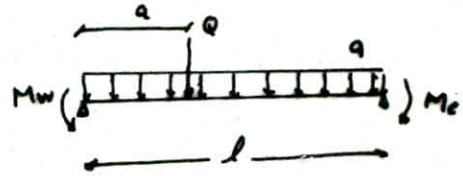
$$\text{Pour } x=l : T_w = + \frac{ql}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$



Pour une charge concentrée :

$$T_c = \frac{M_e - M_w}{l} + q \frac{l}{2} + \frac{Qa}{l}$$

$$T_w = \frac{M_w - M_e}{l} - \frac{Qa}{l} + Q + \frac{ql}{2}$$

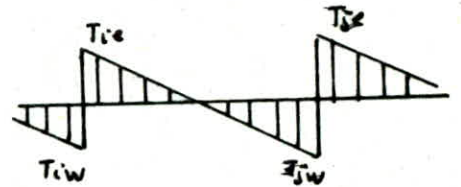


Calcul des efforts normaux dans les poteaux :

Les efforts normaux dans les poteaux sont donnés par les réactions d'appui i et j (efforts tranchants des poutres)

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

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



Etapes à suivre :

1. Calcul des caractéristiques géométriques de chaque poutre
2. Déterminer les charges revenant à chaque poutre.
3. Déterminer les moments et efforts tranchants dans les poutres
4. Déterminer les moments et efforts normaux dans les poteaux

Tous les résultats seront donnés sous forme de tableaux sous G et sous P.

CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES.

VE LONGITUDINAL B-B:

n°	l_w (m)	l_c (m)	h_n (m)	h_s (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_c \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
		2,40		1,92		22,5		56,3	78,8
	2,40	4,32		1,92	22,5	22,5		56,3	91,3
	4,32	2,40		1,92	22,5	22,5		56,3	91,3
	2,40	1,44		1,92	22,5	37,5		56,3	116,3
	1,44	2,40		1,92	37,5	22,5		56,3	116,3
	2,40	2,40		1,92	22,5	22,5		56,3	101,3
	2,40			1,92	22,5			56,3	78,8
		2,40	2,16	1,92		22,5	50	56,3	128,8
	2,40	4,32	2,16	1,92	22,5	12,5	50	56,3	141,3
	4,32	2,40	2,16	1,92	12,5	22,5	50	56,3	141,3
	2,40	1,44	2,16	1,92	22,5	37,5	50	56,3	166,3
	1,44	2,40	2,16	1,92	37,5	22,5	50	56,3	166,3
	2,40	2,40	2,16	1,92	22,5	22,5	50	56,3	157,3
	2,40		2,16	1,92	22,5		50	56,3	128,8
		2,40	1,92	1,92		22,5	56,3	56,3	135,0
	2,40	4,32	1,92	1,92	22,5	12,5	56,3	56,3	147,5
	4,32	2,40	1,92	1,92	12,5	22,5	56,3	56,3	147,5
	2,40	1,44	1,92	1,92	22,5	37,5	56,3	56,3	172,5
	1,44	2,40	1,92	1,92	37,5	22,5	56,3	56,3	172,5
	2,40	2,40	1,92	1,92	22,5	22,5	56,3	56,3	157,5
	2,40		1,92	1,92	22,5		56,3	56,3	135,0
		2,36	1,92	1,92		22,9	56,3	56,3	135,4
	2,36	4,24	1,92	1,92	22,9	12,7	56,3	104,2	196,1
	4,24	2,36	1,92	1,92	12,7	22,9	56,3	104,2	196,1
	2,36	1,40	1,92	1,92	22,9	38,6	56,3	56,3	176,0
	1,40	2,32	1,92	1,92	38,6	23,3	56,3	104,2	222,3
	2,32	2,36	1,92	1,92	23,3	22,9	56,3	104,2	206,6
	2,36		1,92	1,92	22,9		56,3	56,3	135,4
		2,36	1,92	1,92		22,9	56,3	56,3	135,4
	2,36	4,24	1,92	1,92	22,9	12,7	104,2	104,2	244,0
	4,24	2,36	1,92	1,92	12,7	22,9	104,2	104,2	244,0
	2,36	1,40	1,92	1,92	22,9	38,6	56,3	56,3	176,0
	1,40	2,32	1,92	1,92	38,6	23,3	104,2	104,2	270,3
	2,32	2,36	1,92	1,92	23,3	22,9	104,2	104,2	256,6
	2,36		1,92	1,92	22,9		56,3	56,3	135,4

Niv	Por	h_w (m)	h_c (m)	h_m (m)	h_o (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
8	1		2.32	1.92	1.92		23.3	56.3	56.3	195.8
	2	2.32	4.16	1.92	1.92	23.3	13.0	104.2	177.8	318.2
	3	4.16	2.32	1.92	1.92	13.0	23.3	104.2	177.8	318.2
	4	2.32	1.36	1.92	1.92	23.3	39.7	56.3	56.3	175.5
	5	1.36	2.24	1.92	1.92	39.7	24.1	104.2	177.8	345.8
	6	2.24	2.32	1.92	1.92	24.1	23.3	104.2	177.8	329.4
	7	2.32		1.92	1.92	23.3		56.3	56.3	195.8
9	1		2.32	1.92	1.92		23.3	56.3	56.3	195.8
	2	2.32	4.16	1.92	1.92	23.3	13.0	177.8	177.8	394.8
	3	4.16	2.32	1.92	1.92	13.0	23.3	177.8	177.8	394.8
	4	2.32	1.36	1.92	1.92	23.3	39.7	56.3	56.3	175.5
	5	1.36	2.24	1.92	1.92	39.7	24.1	177.8	177.8	419.4
	6	2.24	2.32	1.92	1.92	24.1	23.3	177.8	177.8	402.9
	7	2.32		1.92	1.92	23.3		56.3	56.3	195.8
1	1		2.32	1.92	2.72		23.3	56.3	39.7	119.2
	2	2.32	4.16	1.92	2.72	23.3	13.0	177.8	125.5	322.5
	3	4.16	2.32	1.92	2.72	13.0	23.3	177.8	125.5	322.5
	4	2.32	1.36	1.92	2.72	23.3	39.7	56.3	39.7	152.9
	5	1.36	2.24	1.92	2.72	39.7	24.1	177.8	125.5	367.1
	6	2.24	2.32	1.92	2.72	24.1	23.3	177.8	125.5	350.7
	7	2.32		1.92	2.72	23.3		56.3	39.7	119.2

PORTIQUE LONGITUDINAL C-C:

Niv	Por	h_w (m)	h_c (m)	h_m (m)	h_o (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
10	1		2.40		1.92		22.5		56.3	78.8
	2	2.40	4.32		1.92	22.5	12.5		56.3	92.3
	3	4.32	4.32		1.92	12.5	12.5		56.3	81.3
	5	4.32	2.40		1.92	12.5	22.5		56.3	92.3
	6	2.40	2.40		1.92	22.5	22.5		56.3	101.3
	7	2.40			1.92	22.5			56.3	78.8
	9	1		2.40	2.16	1.92		22.5	50.0	56.3
2		2.40	4.32	2.16	1.92	22.5	12.5	50.0	56.3	141.3
3		4.32	4.32	2.16	1.92	12.5	12.5	50.0	56.3	131.3
5		4.32	2.40	2.16	1.92	12.5	22.5	50.0	56.3	141.3
6		2.40	2.40	2.16	1.92	22.5	22.5	50.0	56.3	154.3
7		2.40		2.16	1.92	22.5		50.0	56.3	122.8

Niv	Pav	l_w (m)	l_e (m)	h_n (m)	h_o (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_o \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
8,7	1		2,40	1,92	1,92		22,5	56,3	56,3	135,0
	2	2,40	4,32	1,92	1,92	22,5	12,5	56,3	56,3	142,5
6,5	3	4,32	4,32	1,92	1,92	12,5	12,5	56,3	56,3	137,5
	5	4,32	2,40	1,92	1,92	12,5	22,5	56,3	56,3	142,5
4,3	6	2,40	2,40	1,92	1,92	22,5	22,5	56,3	56,3	132,5
	7	2,40		1,92	1,92	22,5		56,3	56,3	135,0
1	1		2,40	1,92	2,72		22,5	56,3	39,7	112,5
	2	2,40	4,32	1,92	2,72	22,5	12,5	56,3	39,7	132,0
	3	4,32	4,32	1,92	2,72	12,5	12,5	56,3	39,7	122,0
	5	4,32	2,40	1,92	2,72	12,5	22,5	56,3	39,7	132,0
	6	2,40	2,40	1,92	2,72	22,5	22,5	56,3	39,7	122,0
	7	2,40		1,92	2,72	22,5		56,3	39,7	112,5

PORTIQUE TRANSVERSAL 3-3:

Niv	Pav	l_w (m)	l_e (m)	h_n (m)	h_o (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_o \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
10	A		4,32		1,92		12,5		56,3	68,8
	B	4,32	4,32		1,92	12,5	12,5		56,3	81,3
	C	4,32			1,92	12,5			56,3	68,8
9	A		4,32	2,16	1,92		12,5	50	56,3	112,8
	B	4,32	4,32	2,16	1,92	12,5	12,5	50	56,3	132,3
	C	4,32		2,16	1,92	12,5		50	56,3	112,8
8 et 7	A		4,32	1,92	1,92		12,5	56,3	56,3	125,0
	B	4,32	4,32	1,92	1,92	12,5	12,5	56,3	56,3	137,5
	C	4,32		1,92	1,92	12,5		56,3	56,3	125,0
6	A		4,32	1,92	1,92		12,5	56,3	56,3	125,1
	B	4,32	4,32	1,92	1,92	12,5	12,5	56,3	104,2	185,7
	C	4,32		1,92	1,92	12,5		56,3	56,3	125,1
5 et 4	A		4,28	1,92	1,92		12,6	56,3	56,3	125,1
	B	4,28	4,28	1,92	1,92	12,6	12,6	104,2	104,2	232,7
	C	4,28		1,92	1,92	12,6		56,3	56,3	125,1
3	A		4,28	1,92	1,92		12,7	56,3	56,3	125,2
	B	4,28	4,28	1,92	1,92	12,7	12,7	104,2	172,8	307,5
	C	4,28		1,92	1,92	12,7		56,3	56,3	125,2
2	A		4,24	1,92	1,92		12,7	56,3	56,3	125,2
	B	4,24	4,24	1,92	1,92	12,7	12,7	172,8	172,8	381,0
	C	4,24		1,92	1,92	12,7		56,3	56,3	125,2
1	A		4,24	1,92	2,72		12,7	56,3	39,7	102,7
	B	4,24	4,24	1,92	2,72	12,7	12,7	172,8	125,5	328,7
	C	4,24		1,92	2,72	12,7		56,3	39,7	102,7

* Détermination des charges verticales et des surcharges revenant aux poteaux

A) Poutres longitudinales:

Les poutres constituant les poteaux longitudinaux ne sont pas porteuses (chainage)

Les éléments revenant aux poteaux sont:

- Niveau terrasse:

Acrotères $0,13 \times 0,70 \times 2,5 = 0,228 \text{ t/ml}$
 Local d'ascenseur (sur terrasse) $0,13 \times 4,70 \times 2,5 + 0,910 \times 3 = 1,150 \text{ t/ml}$
 (sur les travées 2-3 et 3-4)

Les poutres (poids propre) $0,60 \times 0,30 \times 2,5 = 0,450 \text{ t/ml}$
 Plancher (terrasse) $0,656 \times 0,65 = 0,213 \text{ t/ml}$ (poutre de rive)
 $0,656 \times 0,65 = 0,426 \text{ t/ml}$ (poutre central)

- Niveau courant:

Plancher $0,541 \times 0,65 = 0,116 \text{ t/ml}$ (poutre de rive)
 $0,541 \times 0,65 = 0,352 \text{ t/ml}$ (poutre central)
 Façades (poutre de rive) $0,930 \times 3 = 0,930 \text{ t/ml}$
 Poutres $0,450 \text{ t/ml}$

Tous les résultats sont donnés sous forme de tableaux:

Niv	Charge permanente G				Surcharge d'exploitation P
	Éléments	masses linéaires de chaque élément	Travées	q (t/ml)	P (t/ml)
10	Poutre Plancher	0,450 t/ml	1,2 ; 4,5 ; 5,6 et 6,7	0,876	0,065 t/ml
	Poutre Plancher Local Ascenseur	0,426 t/ml 1,158 "	2-3 et 3-4		
9,8 7,6 5,4 3,2	Poutre Plancher	0,450	Toutes	0,802	0,114 t/ml
		0,352			
1	Poutre Plancher	0,450 0,352	Toutes	0,802	0,162 t/ml

Poutre longitudinal C-C

Toutes les poutres sont parallèles aux poteaux longitudinaux ;
 sauf une (seule) poutre supplémentaire (0,30 x 0,45) (1^{er} Niveau dans la travée 4B-4E), cette poutre produira (un effet tranchant)
 une charge concentrée sur la travée 3-4 du poteau C-C.

$Q = 5,394 \text{ t}$ (sans G) et $Q_p = 2,025 \text{ t}$ (sans P.)

Niv	Charges permanentes G			Surcharge d'exploitation P	
	Elements	masse linéaire de chaque élément	Travées	g (t/ml)	P (t/ml)
10	Poutres	0,450 t/ml	Toutes	0,891	0,0325
	Plancher	0,213 "			
	Acrotères	0,228 "			
9,8	Poutres	0,450 t/ml	Toutes	1,556	0,0568
7,6	Plancher	0,176 "			
5,4 3,2	Façades	0,930 "			
1	Poutres	0,450 t/ml	Toutes	1,556	0,0813
	Plancher	0,176 "			
	Façades	0,930 "			

B) Portique transversal 3-3:

Niv	Charges permanentes G			Surcharge d'exploitation P	
	Elements	masse linéaire de chaque élément	Travées	g (t/ml)	P (t/ml)
10	Plancher	$5,7 \times 0,656 = 3,739$ t/ml	AB	3,478	0,285
	Poutres	0,450 "			
	Local essuie	1,158 "			
	Plancher	$5,7 \times 0,656 = 3,739$ t/ml	BC	4,189	0,570
	Poutre	0,450 "			
9,8	Plancher	$5,7 \times 0,541 = 3,084$ t/ml	AB	1,992	0,499
7,6	Poutre	0,450 "			
5,4	Plancher	$5,7 \times 0,541 = 3,084$ t/ml	BC	3,534	0,998
3,2	Poutre	0,450 "			
1	Plancher	$5,7 \times 0,541 = 3,084$ t/ml	AB	1,992	0,773
	Poutre	0,450 "			
		Plancher	$5,7 \times 0,541 = 3,084$ t/ml	BC	1,992
	Poutre	0,450 "			

CALCUL DES MOMENTS AUX APPUIS:

Por Liqne B-B

Niveau	Alésail	Sous "G"				Sous "P"			
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)
10	1		0,424		0,424		0,031		0,031
	2	1,548	3,935		2,387	0,068	0,129		0,061
	3	4,043	2,140		-1,903	0,129	0,068		-0,061
	4	1,153	0,589		-0,564	0,039	0,025		-0,014
	5	0,336	0,520		0,184	0,025	0,039		0,014
	6	0,594	0,594		0,000	0,044	0,044		0,000
	7	0,424			-0,424	0,031			-0,031
9	1		0,448	0,211	0,237		0,064	0,030	0,034
	2	0,737	1,653	0,431	0,485	0,105	0,235	0,061	0,069
	3	1,653	0,737	-0,431	-0,485	0,235	0,105	-0,061	-0,069
	4	0,496	0,274	-0,105	-0,118	0,071	0,039	-0,015	-0,017
	5	0,274	0,496	0,105	0,118	0,039	0,071	0,015	0,017
	6	0,543	0,543	0,000	0,000	0,077	0,077	0,000	0,000
	7	0,448		-0,211	-0,237	0,064		-0,030	-0,034
8 et 7	1		0,453	0,226	0,226		0,064	0,032	0,032
	2	0,729	1,658	0,464	0,464	0,104	0,236	0,066	0,066
	3	1,658	0,729	-0,464	-0,464	0,236	0,104	-0,066	-0,066
	4	0,498	0,271	-0,113	-0,113	0,071	0,039	-0,016	-0,016
	5	0,271	0,498	0,113	0,113	0,039	0,071	0,016	0,016
	6	0,543	0,543	0,000	0,000	0,077	0,077	0,000	0,000
	7	0,453		-0,226	-0,226	0,064		-0,032	-0,032
6	1		0,437	0,218	0,218		0,062	0,031	0,031
	2	0,662	1,620	0,336	0,622	0,094	0,230	0,048	0,088
	3	1,620	0,662	-0,336	-0,622	0,230	0,094	-0,048	-0,088
	4	0,481	0,260	-0,110	-0,110	0,068	0,037	-0,016	-0,016
	5	0,261	0,474	0,082	0,151	0,034	0,067	0,012	0,022
	6	0,520	0,524	0,005	0,009	0,072	0,074	0,001	0,001
	7	0,437		-0,218	-0,218	0,062		-0,031	-0,031
5, 4	1		0,437	0,218	0,218		0,062	0,031	0,031
	2	0,635	1,635	0,500	0,500	0,090	0,232	0,071	0,071
	3	1,635	0,635	-0,500	-0,500	0,232	0,090	-0,071	-0,071
	4	0,481	0,260	-0,110	-0,110	0,068	0,037	-0,016	-0,016
	5	0,231	0,480	0,125	0,125	0,033	0,068	0,018	0,018
	6	0,509	0,524	0,007	0,007	0,072	0,074	0,001	0,001
	7	0,437		-0,218	-0,218	0,062		-0,031	-0,031

Niveau	Noeud	Sous "G"				Sous "P"			
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mn (t.m)	Ms (t.m)
}	1		0,421	0,210	0,210		0,060	0,030	0,030
	2	0,590	1,587	0,368	0,628	0,084	0,226	0,052	0,089
	3	1,587	0,590	-0,368	-0,628	0,226	0,084	-0,052	-0,089
	4	0,464	0,250	-0,107	-0,107	0,066	0,036	-0,015	-0,015
	5	0,209	0,453	0,090	0,154	0,030	0,064	0,013	0,022
	6	0,476	0,505	0,011	0,019	0,068	0,072	0,002	0,003
	7	0,421		-0,210	-0,210	0,060		-0,030	-0,030
}	1		0,421	0,210	0,210		0,060	0,030	0,030
	2	0,575	1,596	0,510	0,510	0,082	0,227	0,073	0,073
	3	1,596	0,575	-0,510	-0,510	0,227	0,082	-0,073	-0,073
	4	0,464	0,250	-0,107	-0,107	0,066	0,036	-0,015	-0,015
	5	0,203	0,456	0,127	0,127	0,029	0,065	0,018	0,018
	6	0,475	0,506	0,015	0,015	0,068	0,072	0,002	0,002
	7	0,421		-0,210	-0,210	0,060		-0,030	-0,030
}	1		0,409	0,240	0,169		0,083	0,048	0,034
	2	0,585	1,590	0,589	0,416	0,118	0,321	0,119	0,084
	3	1,590	0,585	-0,589	-0,416	0,321	0,118	-0,119	-0,084
	4	0,459	0,258	-0,083	-0,083	0,093	0,052	-0,024	-0,017
	5	0,207	0,454	0,145	0,102	0,042	0,092	0,029	0,021
	6	0,476	0,506	0,017	0,012	0,096	0,102	0,004	0,002
	7	0,409		-0,240	-0,169	0,083		-0,048	-0,034

Moments et efforts tranchants dans les poutres:

PORTIQUE LONGITUDINAL B-B											
Niveau	Poutre	Sous "G"					Sous "P"				
		M _w (t.m)	M _e (t.m)	M ₀ (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M ₀ (t.m)	T _w (t)	T _e (t)
10	1-2	0,424	1,548	0,985	0,583	-1,520	0,031	0,068	0,073	0,063	-0,093
	2-3	3,935	4,043	2,414	4,369	-4,418	0,129	0,129	0,297	0,140	-0,140
	3-4	2,140	2,153	2,288	2,852	-2,030	0,068	0,039	0,073	0,090	-0,066
	4-5	0,589	0,336	0,355	0,807	-0,455	0,025	0,025	0,026	0,047	-0,047
	5-6	0,520	0,594	0,985	1,021	-1,082	0,039	0,044	0,073	0,076	-0,080
	6-7	0,594	0,424	0,985	1,122	-0,981	0,044	0,031	0,073	0,083	-0,073
9	1-2	0,448	0,737	0,902	0,842	-1,083	0,064	0,105	0,128	0,120	-0,156
	2-3	1,653	1,653	2,923	1,732	-1,732	0,235	0,235	0,416	0,246	-0,246
	3-4	0,373	0,496	0,902	1,063	-0,862	0,105	0,071	0,128	0,151	-0,123
	4-5	0,274	0,274	0,325	0,577	-0,577	0,039	0,039	0,046	0,082	-0,082
	5-6	0,496	0,543	0,902	0,943	-0,982	0,071	0,077	0,128	0,134	-0,140
	6-7	0,543	0,448	0,902	1,002	-0,923	0,077	0,064	0,128	0,142	-0,131
8 et 7	1-2	0,453	0,729	0,902	0,847	-1,078	0,064	0,104	0,128	0,120	-0,15
	2-3	1,658	1,658	2,923	1,732	-1,732	0,235	0,236	0,416	0,246	-0,246
	3-4	0,729	0,498	0,902	1,059	-0,866	0,104	0,071	0,128	0,150	-0,123
	4-5	0,271	0,271	0,325	0,577	-0,577	0,039	0,039	0,046	0,082	-0,082
	5-6	0,498	0,543	0,902	0,943	-0,981	0,071	0,077	0,128	0,134	-0,13
	6-7	0,543	0,453	0,902	1,000	-0,925	0,077	0,064	0,128	0,142	-0,131
6	1-2	0,437	0,662	0,872	0,851	-1,042	0,062	0,094	0,124	0,121	-0,146
	2-3	1,620	1,620	2,816	1,700	-1,700	0,230	0,230	0,400	0,242	-0,242
	3-4	0,662	0,481	0,872	1,023	-0,869	0,094	0,068	0,124	0,145	-0,124
	4-5	0,260	0,241	0,307	0,575	-0,547	0,037	0,034	0,044	0,082	-0,078
	5-6	0,474	0,510	0,843	0,915	-0,946	0,067	0,072	0,120	0,130	-0,134
	6-7	0,524	0,437	0,872	0,983	-0,910	0,074	0,062	0,124	0,140	-0,12
5 et 4	1-2	0,437	0,635	0,872	0,862	-1,031	0,062	0,090	0,124	0,123	-0,146
	2-3	1,635	1,635	2,816	1,700	-1,700	0,232	0,232	0,400	0,242	-0,242
	3-4	0,635	0,481	0,872	1,012	-0,881	0,090	0,068	0,124	0,144	-0,125
	4-5	0,260	0,231	0,307	0,582	-0,540	0,037	0,033	0,044	0,083	-0,077
	5-6	0,480	0,509	0,843	0,918	-0,943	0,068	0,072	0,120	0,130	-0,134
	6-7	0,524	0,437	0,872	0,983	-0,909	0,074	0,062	0,124	0,140	-0,12
3	1-2	0,421	0,590	0,843	0,857	-1,003	0,060	0,084	0,120	0,122	-0,143
	2-3	1,587	1,587	2,711	1,668	-1,668	0,226	0,226	0,385	0,237	-0,23
	3-4	0,590	0,464	0,843	0,985	-0,876	0,084	0,066	0,120	0,140	-0,124
	4-5	0,250	0,209	0,290	0,576	-0,575	0,036	0,030	0,041	0,082	-0,073
	5-6	0,453	0,476	0,786	0,888	-0,909	0,064	0,068	0,112	0,126	-0,129
	6-7	0,505	0,421	0,843	0,967	-0,894	0,072	0,060	0,120	0,137	-0,127

Niveau	Poutre	S o u s "G"					S o u s "P"				
		Mw (t.m)	Me (t.m)	Mo (t.m)	Tw (t)	Te (t)	Mw (t.m)	Me (t.m)	Mo (t.m)	Tw (t)	Te (t)
2	1-2	0,421	0,575	0,843	0,864	-0,997	0,060	0,082	0,120	0,123	-0,142
	2-3	1,596	1,596	2,711	1,668	-1,668	0,227	0,227	0,305	0,237	-0,237
	3-4	0,575	0,464	0,843	0,978	-0,882	0,082	0,066	0,120	0,199	-0,125
	4-5	0,250	0,203	0,290	0,580	-0,511	0,036	0,029	0,041	0,082	-0,073
	5-6	0,456	0,475	0,786	0,890	-0,907	0,065	0,068	0,112	0,126	-0,129
	6-7	0,506	0,421	0,843	0,967	-0,894	0,072	0,060	0,120	0,137	-0,127
1	1-2	0,409	0,585	0,843	0,854	-1,006	0,083	0,118	0,170	0,173	-0,203
	2-3	1,590	1,590	2,711	1,668	-1,668	0,321	0,321	0,548	0,337	-0,337
	3-4	0,585	0,459	0,843	0,985	-0,876	0,118	0,093	0,170	0,199	-0,177
	4-5	0,258	0,207	0,290	0,583	-0,508	0,052	0,042	0,059	0,118	-0,103
	5-6	0,454	0,476	0,786	0,888	-0,908	0,092	0,096	0,159	0,179	-0,183
	6-7	0,506	0,409	0,843	0,972	-0,889	0,102	0,083	0,170	0,196	-0,179

Efforts normaux dans les poteaux: (Partique B-B)

NW	Poteaux	S o u s "G"				S o u s "P"			
		Tw (t)	Te (t)	N (t)	Ncum (t)	Tw (t)	Te (t)	N (t)	Ncum (t)
10	1		0,583	0,0583	0,0583		0,063	0,063	0,063
	2	-1,520	4,369	5,888	5,888	-0,093	0,140	0,234	0,234
	3	-4,418	2,852	7,270	7,270	-0,140	0,090	0,231	0,231
	4	-2,030	8,07	2,836	2,836	-0,066	0,047	0,112	0,112
	5	-0,455	1,021	1,475	1,475	-0,047	0,076	0,123	0,123
	6	-1,082	1,122	2,204	2,204	-0,080	0,083	0,164	0,164
	7	-0,981		0,981	0,981	-0,073		0,073	0,073
9	1		0,842	0,842	1425		0,120	0,120	0,182
	2	-1,083	1,732	2,815	8,703	-0,154	0,246	0,400	0,634
	3	-1,732	1,063	2,795	10,065	-0,246	0,157	-0,397	0,628
	4	-0,862	0,577	1,439	4,276	-0,123	0,082	0,205	0,317
	5	-0,577	0,943	1,520	2,996	-0,082	0,134	0,216	0,339
	6	-0,982	1,002	1,984	4,188	-0,140	0,142	0,282	0,448
	7	-0,923		0,923	1,903	-0,131		0,131	0,204
8	1		0,847	0,847	2,272		0,120	0,120	0,303
	2	-1,078	1,732	2,810	11,513	-0,153	0,246	0,399	1,033
	3	-1,732	1,059	2,791	12,856	-0,246	0,150	0,397	1,025
	4	-0,866	0,577	1,444	5,719	-0,123	0,082	0,205	0,522
	5	-0,577	0,943	1,521	4,517	-0,082	0,134	0,216	0,555
	6	-0,981	1,000	1,981	6,169	-0,139	0,142	0,282	0,727
	7	-0,925		0,925	2,828	-0,131		0,131	0,335

Niveau	Niveau	Sous "G"				Sous "P"			
		T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)
1	1		0,854	0,854	2,270		0,173	0,173	1,206
	2	-1,006	1,668	2,674	30,537	-0,203	0,937	0,540	2,098
	3	-1,668	0,985	2,653	31,747	-0,337	0,199	0,536	3,869
	4	-0,876	0,583	1,459	15,907	-0,177	0,118	0,295	2,058
	5	-0,508	0,888	1,396	14,616	-0,103	0,179	0,282	2,074
	6	-0,908	0,972	1,880	19,562	-0,183	0,196	0,380	2,743
	7	-0,889		0,889	2,157	-0,179		0,179	1,288

CALCUL DES MOMENTS AUX APPUIS : (PORTIQUE C-C)

Niveau	Niveau	Sous "G"				Sous "P"			
		M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)
10	1		0,437		0,431		0,016		0,016
	2	0,937	1,771		0,834	0,034	0,065		0,030
	3	1,956	1,956		0,000	0,071	0,071		0,000
	5	1,771	0,937		-0,834	0,065	0,034		-0,030
	6	0,604	0,604		0,000	0,022	0,022		0,000
	7	0,431			-0,431	0,016			-0,016
	9	1		0,870	0,409	0,461		0,032	0,015
2		1,431	3,207	0,836	0,941	0,052	0,117	0,031	0,034
3		3,416	3,416	0,000	0,000	0,125	0,125	0,000	0,000
5		3,207	1,431	-0,836	-0,941	0,117	0,052	-0,031	-0,034
6		1,054	1,054	0,000	0,000	0,038	0,038	0,000	0,000
7		0,870		-0,409	-0,461	0,032		-0,015	-0,017
87 65 43 2		1		0,879	0,439	0,439		0,032	0,016
	2	1,415	3,216	0,901	0,901	0,052	0,117	0,033	0,033
	3	3,416	3,416	0,000	0,000	0,125	0,125	0,000	0,000
	5	3,216	1,415	-0,901	-0,901	0,117	0,052	-0,033	-0,033
	6	1,054	1,054	0,000	0,000	0,038	0,038	0,000	0,000
	7	0,879		-0,439	-0,439	0,032		-0,016	-0,016
	1	1		0,854	0,501	0,353		0,045	0,026
2		1,460	3,191	1,015	0,716	0,076	0,167	0,053	0,037
3		3,416	3,416	0,000	0,000	0,179	0,000	0,000	0,000
5		3,191	1,460	-1,015	-0,716	0,167	0,076	-0,053	-0,037
6		1,054	1,054	0,000	0,000	0,055	0,055	0,000	0,000
7		0,854		-0,501	-0,353	0,045		-0,026	-0,018

MOMENTS ET EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES : (Portique C-C)

Niv	Poutre	Sous "G"					Sous "P"				
		M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _o (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _o (t.m)	T _w (t)	T _e (t)
10	1-2	0,431	0,937	1,002	0,858	-1,280	0,016	0,034	0,037	0,031	-0,047
	2-3	1,771	1,956	3,248	1,882	-1,967	0,065	0,071	0,118	0,069	-0,072
	3-5	1,956	1,771	3,248	1,967	-1,882	0,071	0,065	0,118	0,072	-0,069
	5-6	0,937	0,604	1,002	1,208	-0,930	0,034	0,022	0,037	0,044	-0,034
	6-7	0,604	0,431	1,002	1,141	-0,997	0,022	0,016	0,037	0,042	-0,036
9	1-2	0,870	1,431	1,750	1,634	-2,101	0,032	0,052	0,064	0,060	-0,077
	2-3	3,207	3,416	5,672	3,313	-3,409	0,117	0,125	0,207	0,121	-0,124
	3-5	3,416	3,207	5,672	3,409	-3,313	0,125	0,117	0,207	0,124	-0,121
	5-6	1,431	1,054	1,750	2,024	-1,710	0,052	0,038	0,064	0,074	-0,062
	6-7	1,054	0,870	1,750	1,944	-1,790	0,038	0,032	0,064	0,071	-0,065
8,7	1-2	0,879	1,415	1,750	1,644	-2,091	0,032	0,052	0,064	0,060	-0,076
	2-3	3,216	3,416	5,672	3,315	-3,407	0,117	0,125	0,207	0,121	-0,124
	3-5	3,416	3,216	5,672	3,407	-3,315	0,125	0,117	0,207	0,124	-0,121
	5-6	1,415	1,054	1,750	2,017	-1,717	0,052	0,038	0,064	0,074	-0,063
	6-7	1,054	0,879	1,750	1,940	-1,794	0,038	0,032	0,064	0,071	-0,065
6,5	1-2	0,854	1,460	1,750	1,615	-2,120	0,045	0,076	0,091	0,084	-0,111
	2-3	3,191	3,416	5,672	3,309	-3,413	0,167	0,179	0,296	0,173	-0,178
	3-5	3,416	3,191	5,672	3,413	-3,309	0,179	0,167	0,296	0,178	-0,173
	5-6	1,460	1,054	1,750	2,036	-1,698	0,076	0,055	0,091	0,106	-0,089
	6-7	1,054	0,854	1,750	1,951	-1,784	0,055	0,045	0,091	0,102	-0,093
4,3	1-2	0,879	1,415	1,750	1,644	-2,091	0,032	0,052	0,064	0,060	-0,076
	2-3	3,216	3,416	5,672	3,315	-3,407	0,117	0,125	0,207	0,121	-0,124
	3-5	3,416	3,216	5,672	3,407	-3,315	0,125	0,117	0,207	0,124	-0,121
	5-6	1,415	1,054	1,750	2,017	-1,717	0,052	0,038	0,064	0,074	-0,063
	6-7	1,054	0,879	1,750	1,940	-1,794	0,038	0,032	0,064	0,071	-0,065
2	1-2	0,854	1,460	1,750	1,615	-2,120	0,045	0,076	0,091	0,084	-0,111
	2-3	3,191	3,416	5,672	3,309	-3,413	0,167	0,179	0,296	0,173	-0,178
	3-5	3,416	3,191	5,672	3,413	-3,309	0,179	0,167	0,296	0,178	-0,173
	5-6	1,460	1,054	1,750	2,036	-1,698	0,076	0,055	0,091	0,106	-0,089
	6-7	1,054	0,854	1,750	1,951	-1,784	0,055	0,045	0,091	0,102	-0,093

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX : (PORTIQUE C-C)

Niv	Poteau	Sous "G"				Sous "P"			
		T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{norm} (t)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{norm} (t)
10	1		0,858	0,858	0,858		0,031	0,031	0,031
	2	-1,280	1,882	3,162	3,162	-0,047	0,069	0,115	0,115
	3	-1,967	1,967	3,935	3,935	-0,072	0,072	0,144	0,144
	5	-1,882	1,208	3,090	3,090	-0,069	0,044	0,113	0,113
	6	-0,930	1,141	2,071	2,071	-0,034	0,042	0,076	0,076
	7	-0,997		0,997	0,997	-0,036		0,036	0,036
	9	1		1,634	1,634	2,492		0,060	0,060
2		-2,101	3,313	5,413	8,575	-0,077	0,121	0,198	0,313
3		-3,409	3,409	0,819	10,754	-0,124	0,124	0,249	0,392
5		-3,313	2,024	5,337	8,426	-0,121	0,074	0,195	0,308
6		-1,710	1,944	3,654	5,726	-0,062	0,071	0,133	0,209
7		-1,790		1,790	2,788	-0,065		0,065	0,102

Niveau	Pot.com	Sous "G"				Sous "P"			
		T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)
8	1		1,644	1,644	4,136		0,060	0,060	0,151
	2	-2,091	3,315	5,405	13,980	-0,076	0,121	0,197	0,510
	3	-3,407	3,407	6,815	17,568	-0,124	0,124	0,249	0,641
	5	-3,315	2,017	5,332	13,758	-0,121	0,074	0,195	0,502
	6	-1,717	1,940	3,658	9,383	-0,063	0,071	0,134	0,342
	7	-1,794		1,794	4,582	-0,065		0,065	0,167
	7	1		1,644	1,644	5,780		0,060	0,060
2		-2,091	3,315	5,405	19,385	-0,076	0,121	0,197	0,708
3		-3,407	3,407	6,815	24,383	-0,124	0,124	0,249	0,890
5		-3,315	2,017	5,332	19,090	-0,121	0,074	0,195	0,697
6		-1,717	1,940	3,658	13,041	-0,063	0,071	0,134	0,476
7		-1,794		1,794	6,376	-0,065		0,065	0,233
6		1		1,644	1,644	7,464		0,060	0,060
	2	-2,091	3,315	5,405	24,791	-0,076	0,121	0,197	0,905
	3	-3,407	3,407	6,815	31,197	-0,124	0,124	0,249	1,139
	5	-3,315	2,017	5,332	24,422	-0,121	0,074	0,195	0,891
	6	-1,717	1,940	3,658	16,698	-0,063	0,071	0,134	0,609
	7	-1,794		1,794	8,170	-0,065		0,065	0,298
	5	1		1,644	1,644	9,067		0,060	0,060
2		-2,091	3,315	5,405	30,196	-0,076	0,121	0,197	1,102
3		-3,407	3,407	6,815	38,012	-0,124	0,124	0,249	1,387
5		-3,315	2,017	5,332	29,754	-0,121	0,074	0,195	1,086
6		-1,717	1,940	3,658	20,356	-0,063	0,071	0,134	0,743
7		-1,794		1,794	9,964	-0,065		0,065	0,364
4		1		1,644	1,644	10,711		0,060	0,060
	2	-2,091	3,315	5,405	35,601	-0,076	0,121	0,197	1,299
	3	-3,407	3,407	6,815	44,827	-0,124	0,124	0,249	1,636
	5	-3,315	2,017	5,332	35,086	-0,121	0,074	0,195	1,281
	6	-1,717	1,940	3,658	24,013	-0,063	0,071	0,134	0,877
	7	-1,794		1,794	12,758	-0,065		0,065	0,429
	3	1		1,644	1,644	12,355		0,060	0,060
2		-2,091	3,315	5,405	41,006	-0,076	0,121	0,197	1,497
3		-3,407	3,407	6,815	51,641	-0,124	0,124	0,249	1,885
5		-3,315	2,017	5,332	40,418	-0,121	0,074	0,195	1,475
6		-1,717	1,940	3,658	27,671	-0,063	0,071	0,134	1,010
7		-1,794		1,794	13,552	-0,065		0,065	0,495

Niveau	Poutres	Sous "G"				Sous "P"			
		T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{cum} (t)
2	1		1,644	1,644	13,999		0,060	0,060	0,511
	2	-2,091	3,315	5,405	46,411	-0,076	0,121	0,197	1,694
	3	-3,407	3,407	6,815	58,456	-0,124	0,124	0,249	2,134
	5	-3,315	2,017	5,332	45,750	-0,121	0,074	0,195	1,670
	6	-1,717	1,940	3,658	31,328	-0,063	0,071	0,134	1,144
	7	-1,794		1,794	15,346	-0,065		0,065	0,560
	1	1		1,615	1,615	15,614		0,084	0,084
2		-2,120	3,309	5,429	51,840	-0,111	0,173	0,284	1,978
3		-3,413	3,413	6,826	65,282	-0,178	0,178	0,357	2,490
5		-3,309	2,036	5,345	51,095	-0,173	0,106	0,279	1,949
6		-1,698	1,951	3,649	34,977	-0,089	0,102	0,191	1,334
7		-1,784		1,784	17,129	-0,093		0,093	0,653

CALCUL DES MOMENTS AUX APPUIS : (Portique 3-3)

Niveau	Nœud	Sous "G"				Sous "P"			
		M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)
10	A		6,248		6,248		0,512		0,512
	B	7,876	8,957		1,081	0,722	1,155		0,433
	C	7,525			-7,525	1,024			-1,024
9	A		3,913	1,842	2,072		0,980	0,461	0,519
	B	4,696	7,437	1,290	1,451	1,200	2,087	0,417	0,470
	C	6,942		-3,267	-3,675	1,961		-0,923	-1,038
8 et 7	A		3,936	1,968	1,968		0,986	0,493	0,493
	B	4,681	7,451	1,385	1,385	1,195	2,092	0,448	0,448
	C	6,983		-3,492	-3,492	1,972		-0,986	-0,986
6	A		3,860	1,930	1,930		0,967	0,483	0,483
	B	4,519	7,390	1,007	1,865	1,148	2,078	0,326	0,604
	C	6,848		-3,424	-3,424	1,934		-0,967	-0,967
5 et 4	A		3,860	1,930	1,930		0,967	0,483	0,483
	B	4,472	7,437	1,482	1,482	1,133	2,093	0,480	0,480
	C	6,848		-3,424	-3,424	1,934		-0,967	-0,967
3	A		3,785	1,892	1,892		0,948	0,474	0,474
	B	4,348	7,339	1,105	1,886	1,099	2,067	0,358	0,610
	C	6,714		-3,357	-3,357	1,896		-0,948	-0,948
2	A		3,785	1,892	1,892		0,948	0,474	0,474
	B	4,322	7,365	1,522	1,522	1,091	2,076	0,492	0,492
	C	6,714		-3,357	-3,357	1,896		-0,948	-0,948
1	A		3,719	2,180	1,539		1,331	0,780	0,551
	B	4,213	4,213	0,000	0,000	1,508	1,508	0,000	0,000
	C	3,719		-2,180	-1,539	1,331		-0,780	-0,551

MOMENTS ET EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES : (Partique 3-3)

Niveau	Poutre	Sous "G"					Sous "P"				
		M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _o (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _o (t.m)	T _w (t)	T _e (t)
10	A-B	6,248	7,876	12,677	7,135	-7,889	0,512	0,722	1,039	0,567	-0,664
	B-C	8,957	7,525	15,269	9,380	-8,717	1,155	1,024	2,078	1,262	-1,201
9	A-B	3,913	4,696	7,261	4,122	-4,484	0,980	1,200	1,819	1,027	-1,129
	B-C	7,437	6,942	12,881	7,748	-7,519	2,087	1,961	3,638	2,185	-2,126
8; 7	A-B	3,936	4,681	7,261	4,130	-4,475	0,986	1,195	1,819	1,029	-1,126
	B-C	7,451	6,983	12,881	7,742	-7,525	2,092	1,972	3,638	2,183	-2,128
6	A-B	3,860	4,519	7,127	4,109	-4,417	0,967	1,148	1,785	1,025	-1,110
	B-C	7,390	6,848	12,644	7,689	-7,436	2,078	1,934	3,571	2,169	-2,102
5; 4	A-B	3,860	4,472	7,127	4,120	-4,406	2,967	1,133	1,785	1,029	-1,107
	B-C	7,437	6,848	12,644	7,700	-7,425	2,093	1,934	3,571	2,173	-2,099
3	A-B	3,785	4,348	6,994	4,090	-4,356	0,948	1,099	1,752	1,022	-1,094
	B-C	7,339	6,714	12,409	7,639	-7,345	2,067	1,896	3,504	2,156	-2,075
2	A-B	3,785	4,322	6,994	4,096	-4,350	0,948	1,091	1,752	1,024	-1,092
	B-C	7,365	6,714	12,409	7,646	-7,339	2,076	1,896	3,504	2,158	-2,073
1	A-B	3,719	4,213	6,994	4,107	-4,339	1,331	1,508	2,504	1,470	-1,553
	B-C	4,213	3,719	6,994	4,339	-4,107	1,508	1,331	2,504	1,553	-1,470

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX : (Partique 3-3)

Niveau	Poteau	Sous "G"				Sous "P"			
		T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{norm} (t)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _{norm} (t)
10	A		7,135	7,135	7,135		0,567	0,567	0,567
	B	-7,889	9,380	17,269	17,269	-0,664	1,262	1,926	1,926
	C	-8,717		8,717	8,717	-1,201		1,201	1,201
9	A		4,122	4,122	11,257		1,027	1,027	1,594
	B	-4,484	7,748	12,232	29,501	-1,129	2,185	3,314	5,239
	C	-7,519		7,519	16,236	-2,126		2,126	3,327
8	A		4,130	4,130	15,387		1,029	1,029	2,623
	B	-4,475	7,742	12,217	41,718	-1,126	2,183	3,310	8,549
	C	-7,525		7,525	31,286	-2,128		2,128	5,455
7	A		4,130	4,130	19,517		1,029	1,029	3,653
	B	-4,475	7,742	12,217	53,935	-1,126	2,183	3,310	11,859
	C	-7,525		7,525	31,286	-2,128		2,128	7,583
6	A		4,109	4,109	23,626		1,025	1,025	4,678
	B	-4,417	7,689	12,106	66,041	-1,110	2,169	3,280	15,138
	C	-7,436		7,436	38,722	-2,102		2,102	9,685

Niveau	Poutre	S o u s "G"				S o u s "P"			
		$T_w (t)$	$T_e (t)$	$N (t)$	$N_{cum} (t)$	$T_w (t)$	$T_e (t)$	$N (t)$	$N_{cum} (t)$
5	A		4,120	4,120	27,746		1,029	1,029	5,707
	B	-4,406	7,700	12,106	78,147	-1,107	2,173	3,280	18,478
	C	-7,425		7,425	46,147	-2,099		2,099	11,784
4	A		4,120	4,120	31,866		1,029	1,029	6,736
	B	-4,406	7,700	12,106	90,254	-1,107	2,173	3,280	21,697
	C	-7,425		7,425	53,572	-2,099		2,099	13,883
3	A		4,090	4,090	35,956		1,022	1,022	7,758
	B	-4,356	7,639	11,995	102,249	-1,094	2,156	3,250	24,947
	C	-7,345		7,345	60,917	-2,075		2,075	15,958
2	A		4,096	4,096	40,052		1,024	1,024	8,783
	B	-4,350	7,646	11,995	114,245	-1,092	2,158	3,250	28,197
	C	-7,339		7,339	68,256	-2,073		2,073	18,032
1	A		4,107	4,107	44,159		1,470	1,470	10,253
	B	-4,339	4,339	8,679	122,924	-1,553	1,553	3,106	31,303
	C	-4,107		4,107	72,362	-1,470		1,470	19,501

Moments en travée des poutres: (Art 12 CCB 68)

Pour déterminer les moments en travée, on trace la courbe des moments des moments de la travée indépendante complète de poutre l (et non l') avec les charges permanentes, puis avec les charges permanentes et surcharges.

On prend pour ligne de fermeture :

- Pour les moments positifs : Celle qui joint les moments d'appuis minimaux en valeurs absolues.
- Pour les moments négatifs : Celle qui joint les moments d'appuis maximaux en valeurs absolues.

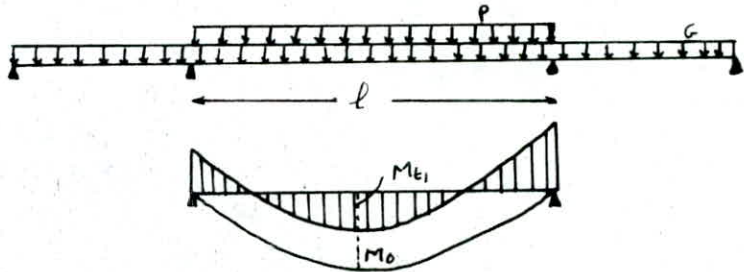
Ceci s'effectuera dans chaque cas de charge, en supposant que les surcharges peuvent être indépendantes les unes des autres.

Soit M_{e1} : le moment en travée positif.

Soit M_{e2} : le moment en travée négatif.

1^{er} Cas: Moment positif.

Dans ce cas on considère les différents cas de charges 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 à calculer les différents cas suivant:



$$M_{t1} = M_0 - M_a$$

$$\begin{cases} M_{t1} = M_0 (G+1,2P) - M_{a1} \\ M_{t1} = M_0 (G+P) - M_{a2} \\ M_{t3} = M_0 (0,8G) - M_{a3} \end{cases} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} M_{a1} = \frac{M_c(G) + M_w(G)}{2} \\ M_{a2} = \frac{M_c(G) + M_w(G)}{2} \\ M_{a3} = \frac{M_c(0,8G) + M_w(0,8G)}{2} \end{cases}$$

2^{ème} Cas: Moment négatif:

Contrairement au cas précédent, on fixe le moment isostatique et on établit les différentes superpositions.



$$M_{t2} = M_0 - M_c(G+1,2P) + M_w(G+1,2P)$$

$$\text{avec } M_0 = M_0(G)$$

$$M_{t2} = M_0 - M_c(G+P) + M_w(G+P)$$

Tous les calculs seront donnés sous forme de tableaux.

Moments en travée des poutres : (Partique B-B)

Niveau	Travée	Sous G'	M ₀ (t.m)		M ₀₁ (t.m)			M ₀₂ (t.m)	
		$\frac{M_G + M_W}{2}$	G	P	G+1.2P	G+P	0,8G	G+1.2P	G+P
10	1-2	0,986	0,985	0,073	0,087	0,072	-0,001	-0,061	-0,051
	2-3	3,989	7,414	0,237	3,709	3,662	2,740	3,270	3,296
	3-4	1,646	2,288	0,073	0,730	0,715	0,514	0,578	0,588
	4-5	0,463	0,355	0,026	-0,076	-0,082	-0,086	-0,138	-0,133
	5-6	0,557	0,985	0,073	0,516	0,502	0,343	0,379	0,387
	6-7	0,509	0,985	0,073	0,564	0,550	0,381	0,431	0,439
9	1-2	0,593	0,902	0,128	0,463	0,438	0,247	0,208	0,225
	2-3	1,653	2,923	0,416	1,769	1,686	1,016	0,988	1,035
	3-4	0,617	0,902	0,128	0,439	0,414	0,228	0,180	0,198
	4-5	0,274	0,325	0,046	0,106	0,097	0,041	0,004	0,012
	5-6	0,520	0,902	0,128	0,536	0,511	0,306	0,294	0,308
	6-7	0,496	0,902	0,128	0,560	0,535	0,325	0,322	0,336
8 et 7	1-2	0,591	0,902	0,128	0,465	0,439	0,249	0,210	0,227
	2-3	1,658	0,923	0,416	1,764	1,681	1,012	0,983	1,030
	3-4	0,614	0,902	0,128	0,443	0,417	0,231	0,184	0,201
	4-5	0,271	0,325	0,046	0,109	0,100	0,043	0,007	0,015
	5-6	0,521	0,902	0,128	0,535	0,510	0,305	0,293	0,307
	6-7	0,498	0,902	0,128	0,558	0,532	0,323	0,319	0,333
6	1-2	0,549	0,872	0,124	0,472	0,447	0,258	0,229	0,245
	2-3	1,620	2,826	0,400	1,676	1,596	0,957	0,919	0,966
	3-4	0,571	0,872	0,124	0,450	0,425	0,241	0,204	0,220
	4-5	0,257	0,307	0,044	0,109	0,100	0,045	0,014	0,021
	5-6	0,492	0,843	0,120	0,495	0,471	0,281	0,267	0,281
	6-7	0,480	0,872	0,124	0,541	0,516	0,314	0,310	0,324
5 et 4	1-2	0,536	0,872	0,124	0,485	0,460	0,269	0,245	0,260
	2-3	1,635	2,816	0,400	1,661	1,581	0,945	0,902	0,948
	3-4	0,558	0,872	0,124	0,463	0,438	0,252	0,219	0,235
	4-5	0,246	0,307	0,044	0,114	0,105	0,049	0,019	0,026
	5-6	0,495	0,843	0,120	0,492	0,468	0,279	0,264	0,278
	6-7	0,480	0,872	0,124	0,541	0,516	0,314	0,310	0,324
3	1-2	0,505	0,843	0,120	0,481	0,457	0,270	0,251	0,266
	2-3	1,587	2,711	0,385	1,586	1,509	0,899	0,853	0,898
	3-4	0,527	0,843	0,120	0,460	0,436	0,253	0,226	0,241
	4-5	0,229	0,290	0,041	0,110	0,102	0,048	0,021	0,028
	5-6	0,464	0,786	0,112	0,456	0,433	0,257	0,243	0,256
	6-7	0,463	0,843	0,120	0,524	0,500	0,304	0,301	0,314

Niveau	Traverse	Sans "G"		M ₀ (t.m)		M ₁ (t.m)			M ₂ (t.m)	
		$\frac{M_c + M_w}{2}$	G	P	G+1.2P	G+P	0.8G	G+1.2P	G+P	
2	1-2	0,498	0,843	0,120	0,489	0,465	0,276	0,260	0,275	
	2-3	1,596	2,711	0,385	1,578	1,501	0,892	0,843	0,888	
	3-4	0,519	0,843	0,120	0,468	0,444	0,259	0,235	0,250	
	4-5	0,226	0,290	0,041	0,113	0,105	0,051	0,025	0,031	
	5-6	0,466	0,786	0,112	0,454	0,432	0,256	0,241	0,254	
	6-7	0,463	0,843	0,120	0,524	0,500	0,304	0,301	0,314	
1	1-2	0,497	0,843	0,170	0,551	0,517	0,277	0,226	0,246	
	2-3	1,590	2,711	0,548	1,778	1,668	0,897	0,736	0,800	
	3-4	0,522	0,843	0,170	0,525	0,491	0,257	0,195	0,216	
	4-5	0,232	0,290	0,059	0,128	0,116	0,046	0,001	0,010	
	5-6	0,465	0,786	0,159	0,512	0,480	0,257	0,209	0,227	
	6-7	0,457	0,843	0,170	0,590	0,556	0,309	0,275	0,294	

Portique C-C:

Niveau	Traverse	Sans "G"		M ₀ (t.m)		M ₁ (t.m)			M ₂ (t.m)	
		$\frac{M_c + M_w}{2}$	G	P	G+1.2P	G+P	0.8G	G+1.2P	G+P	
10	1-2	0,684	1,002	0,037	0,362	0,355	0,254	0,288	0,293	
	2-3	1,864	3,248	0,118	1,526	1,503	1,107	1,302	1,316	
	3-5	1,864	3,248	0,118	1,526	1,503	1,107	1,302	1,316	
	5-6	0,771	1,002	0,037	0,276	0,268	0,185	0,198	0,204	
	6-7	0,518	1,002	0,037	0,529	0,521	0,388	0,462	0,466	
9	1-2	1,150	1,750	0,064	0,677	0,664	0,480	0,550	0,558	
	2-3	3,312	5,672	0,207	2,608	2,567	1,888	2,215	2,239	
	3-5	3,312	5,672	0,207	2,608	2,567	1,888	2,215	2,239	
	5-6	1,243	1,750	0,064	0,585	0,572	0,406	0,454	0,463	
	6-7	0,962	1,750	0,064	0,865	0,852	0,631	0,746	0,753	
8,7 6,5 4,3 et 2	1-2	1,147	1,750	0,064	0,680	0,668	0,483	0,554	0,562	
	2-3	3,316	5,672	0,207	2,604	2,562	1,884	2,210	2,234	
	3-5	3,316	5,672	0,207	2,604	2,562	1,884	2,210	2,234	
	5-6	1,235	1,750	0,064	0,593	0,580	0,413	0,462	0,471	
1	6-7	0,967	1,750	0,064	0,861	0,848	0,627	0,742	0,749	
	1-2	1,157	1,750	0,091	0,703	0,685	0,475	0,521	0,533	
	2-3	3,304	5,672	0,296	2,724	2,664	1,894	2,161	2,195	
	3-5	3,304	5,672	0,296	2,724	2,664	1,894	2,161	2,195	
	5-6	1,257	1,750	0,091	0,603	0,585	0,395	0,414	0,427	
6-7	0,954	1,750	0,091	0,906	0,888	0,637	0,736	0,746		

Portique 3-3:

Niv. (m)	Traverse	Sous "G"	Mo (tm)		Mt ₁ (t.m)			Mt ₂ (t.m)	
		$\frac{M_c + M_w}{L}$	G	P	G+1.2P	G+P	0.8G	G+1.2P	G+P
10	A-B	7,062	12,677	1,039	6,862	6,654	4,492	4,875	4,998
	B-C	8,241	15,269	2,078	9,521	9,105	5,622	5,720	5,938
9	A-B	4,305	7,261	1,819	5,139	4,775	2,365	1,648	1,866
	B-C	7,190	12,881	3,638	10,057	9,330	4,553	3,263	3,668
7,8	A-B	4,309	7,261	1,819	5,135	4,771	2,362	1,643	1,861
	B-C	7,217	12,881	3,638	10,029	9,302	4,531	3,226	3,632
6	A-B	4,189	7,127	1,785	5,080	4,723	2,350	1,668	1,880
	B-C	7,119	12,644	3,571	9,810	9,095	4,420	3,118	3,519
5,4	A-B	4,166	7,127	1,785	5,103	4,746	2,369	1,701	1,911
	B-C	7,162	12,644	3,571	9,786	9,072	4,401	3,086	3,488
3	A-B	4,066	6,994	1,752	5,031	4,680	2,342	1,700	1,904
	B-C	7,027	12,409	3,504	9,587	8,886	4,306	3,004	3,400
2	A-B	4,053	6,994	1,752	5,044	4,693	2,353	1,718	1,922
	B-C	7,040	12,409	3,504	9,574	8,873	4,295	2,986	3,383
1	A-B	3,966	6,994	2,504	6,032	5,532	2,423	1,325	1,608
	B-C	3,966	6,994	2,504	6,032	5,532	2,423	1,325	1,608

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Les combinaisons des charges horizontales et des charges verticales, sont données ci-dessous. Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour ces combinaisons sur la base des règlements de béton en vigueur RPA81

Pour les poutres:

$$G + P \pm E$$

$$0,8G \pm E$$

G: sollicitation due à la charge permanente

P: sollicitation due à la surcharge d'exploitation

E: sollicitation due au séisme

Pour les poteaux:

$$G + P \pm 1,2E$$

$$0,8G \pm E$$

" $\pm E$ ": veut dire que le séisme peut agir dans un sens, comme dans l'autre sens.

① Moments en travée des poutres:

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

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

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

② Moments aux appuis des poutres:

$$\text{Sans } G + 1,2P : M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$$

$$\text{Sans } G + P \pm E : M_a = M_a(G) + M_a(P) \pm M_a(E)$$

$$\text{Sans } 0,8G \pm E : M_a = 0,8 M_a(G) \pm M_a(E)$$

$$M_a = M_w \text{ ou } M_e$$

③ Efforts tranchants dans les poutres:

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

$$\text{Sans } G + P \pm E : T = T(G) + T(P) \pm T(E)$$

$$\text{Sans } 0,8G \pm E : T = 0,8 T(G) \pm T(E)$$

Remarque:

Dans le sens longitudinal les moments " M_{t_i} " (< 0) sont négligeables, et seront repris par les armatures supérieures de montage.

MOMENTS EN TRAVÉE DES POUTRES: (PORTIQUES LONGITUDINAL B-B).

Niv	Poutre	G+1,2P	G+P+E	G+P-E	0,8G+E	0,8G-E
10	1-2	0,087	0,387	-0,243	0,314	-0,316
	2-3	3,709	3,662	3,662	2,740	2,740
	3-4	0,730	1,027	0,403	0,826	0,202
	4-5	-0,076	-0,082	-0,082	-0,086	-0,086
	5-6	0,516	0,349	0,655	0,190	0,496
	6-7	0,564	0,076	1,024	-0,093	0,855
9	1-2	0,463	0,731	0,145	0,540	-0,046
	2-3	1,769	1,686	1,686	1,016	1,016
	3-4	0,439	0,727	0,101	0,541	-0,085
	4-5	0,106	0,097	0,097	0,041	0,041
	5-6	0,536	0,268	0,754	0,063	0,549
	6-7	0,560	0,172	0,898	-0,038	0,688
8	1-2	0,465	0,866	0,012	0,676	-0,178
	2-3	1,764	1,681	1,681	1,012	1,012
	3-4	0,443	0,868	-0,034	0,682	-0,220
	4-5	0,109	0,100	0,100	0,043	0,043
	5-6	0,535	0,403	0,617	0,198	0,412
	6-7	0,558	-0,239	1,303	-0,448	1,094
7	1-2	0,465	1,165	-0,287	0,975	-0,477
	2-3	1,764	1,681	1,681	1,012	1,012
	3-4	0,443	1,302	-0,468	1,116	-0,654
	4-5	0,109	0,100	0,100	0,043	0,043
	5-6	0,535	-0,133	1,153	-0,338	0,948
	6-7	0,558	-0,436	1,500	-0,645	1,291
6	1-2	0,472	0,192	0,702	0,003	0,513
	2-3	1,676	1,596	1,596	0,957	0,957
	3-4	0,450	2,054	-1,204	1,870	-1,388
	4-5	0,109	-1,392	1,592	-1,447	1,537
	5-6	0,495	0,356	0,586	0,166	0,396
	6-7	0,541	0,252	0,780	0,050	0,578
5	1-2	0,485	0,413	0,507	0,222	0,316
	2-3	1,661	1,581	1,581	0,945	0,945
	3-4	0,463	2,416	-1,540	2,230	-1,726
	4-5	0,114	-1,949	2,159	-2,005	2,103
	5-6	0,492	0,040	0,896	-0,149	0,707
	6-7	0,541	0,382	0,650	0,180	0,448

Niv	Poutre	G+1,2P	G+P+E	G+P-E	0,8G+E	0,8G-E
4	1-2	0,485	0,103	0,817	-0,088	0,626
	2-3	1,661	1,581	1,581	0,945	0,945
	3-4	0,463	2,878	-2,002	2,692	-2,188
	4-5	0,174	-1,433	1,663	-1,509	1,607
	5-6	0,492	-0,263	1,199	-0,452	1,010
	6-7	0,541	0,203	0,829	0,001	0,627
2	1-2	0,481	0,524	0,390	0,337	0,203
	2-3	1,586	1,509	1,509	0,899	0,899
	3-4	0,460	2,280	-1,408	2,097	-1,591
	4-5	0,110	-3,246	3,450	-3,300	3,396
	5-6	0,456	0,514	0,352	0,338	0,176
	6-7	0,524	0,740	0,260	0,544	0,064
2	1-2	0,489	0,097	0,833	-0,092	0,644
	2-3	1,578	1,501	1,501	0,892	0,892
	3-4	0,468	3,280	-2,392	3,095	-2,577
	4-5	0,113	-3,732	3,942	-3,786	3,888
	5-6	0,454	0,315	0,549	0,136	0,373
	6-7	0,524	0,707	0,293	0,511	0,097
1	1-2	0,551	-0,356	1,390	-0,596	1,150
	2-3	1,778	1,668	1,668	0,897	0,897
	3-4	0,525	3,884	-2,902	3,650	-3,136
	4-5	0,128	-5,554	5,786	-5,624	5,716
	5-6	0,512	0,961	-0,001	0,738	-0,224
	6-7	0,590	1,334	-0,222	1,087	-0,469

Moments aux appuis des poutres (Portique B-B).

Niv	Poutre	G+1,2P		G+P+E		G+P-E		0,8G+E		0,8G-E	
		M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e
10	1-2	-0,462	-1,630	-3,608	0,906	2,697	-4,139	-3,491	1,284	2,813	-3,761
	2-3	-4,090	-4,198	-5,578	-2,658	-2,551	-5,686	-4,662	-1,721	-1,635	-4,748
	3-4	-2,222	-1,199	-4,731	0,707	0,315	-3,090	-4,234	0,976	0,811	-2,821
	4-5	-0,619	-0,366	-3,462	2,487	2,234	-3,209	-3,319	2,579	2,376	-3,117
	5-6	-0,566	-0,646	-2,457	1,566	1,340	-2,841	-2,315	1,729	1,483	-2,678
	6-7	-0,646	-0,462	-2,841	2,697	1,566	-3,608	-2,678	2,813	1,729	-3,491
9	1-2	-0,525	-0,863	-6,334	4,394	5,310	-6,078	-6,181	4,646	5,463	-5,826
	2-3	-1,935	-1,935	-5,030	1,253	1,253	-5,030	-4,464	1,819	1,819	-4,464
	3-4	-0,863	-0,581	-6,078	4,043	4,394	-5,177	-5,826	4,213	4,646	-5,007
	4-5	-0,321	-0,321	-7,228	6,602	6,602	-7,228	-7,134	6,696	6,696	-7,134
	5-6	-0,581	-0,636	-5,177	4,475	4,043	-5,177	-5,007	4,661	4,213	-5,531
	6-7	-0,636	-0,525	-5,177	5,310	4,475	-6,334	-5,531	5,463	4,661	-6,181

Niv	Punkte	G + 1,2P		G + P + E		G + P - E		0,8G + E		0,8G - E	
		M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e
8	1-2	-0,530	-0,854	-9,825	7,621	8,791	-9,286	-9,670	7,870	8,945	-9,037
	2-3	-1,940	-1,940	-6,965	3,179	3,179	-6,965	-6,398	3,746	3,746	-6,398
	3-4	-0,854	-0,583	-9,286	6,983	7,621	-8,120	-9,037	7,153	7,870	-7,950
	4-5	-0,318	-0,318	-11,637	11,017	11,017	-11,637	-11,544	11,110	11,110	-11,544
	5-6	-0,583	-0,636	-8,120	7,145	6,983	-8,387	-7,950	7,331	7,153	-8,201
	6-7	-0,636	-0,530	-8,387	8,791	7,145	-9,825	-8,201	8,945	7,331	-9,670
7	1-2	-0,530	-0,854	-13,307	10,505	12,273	-12,171	-13,152	10,755	12,428	-11,922
	2-3	-1,940	-1,940	-8,696	6,910	6,910	-8,696	-8,129	5,477	5,477	-8,129
	3-4	-0,854	-0,583	-12,171	8,999	10,505	-10,137	-11,922	9,169	10,755	-9,966
	4-5	-0,318	-0,318	-14,662	14,042	14,042	-14,662	-14,509	14,135	14,135	-14,509
	5-6	-0,583	-0,636	-10,137	10,234	8,999	-11,475	-9,966	10,420	9,169	-11,289
	6-7	-0,636	-0,530	-11,475	12,273	10,234	-13,307	-11,289	12,428	10,420	-13,152
6	1-2	-0,511	-0,775	-15,482	14,737	14,484	-16,250	-15,333	14,964	14,634	-16,023
	2-3	-1,897	-1,897	-11,146	7,445	7,445	-11,146	-10,592	8,000	8,000	-10,592
	3-4	-0,775	-0,563	-16,250	11,686	14,737	-12,784	-16,023	11,850	14,964	-12,619
	4-5	-0,305	-0,282	-18,649	21,061	18,054	-21,611	-18,560	21,140	18,144	-21,529
	5-6	-0,555	-0,597	-14,765	13,873	13,682	-15,037	-14,603	14,047	13,845	-14,863
	6-7	-0,613	-0,511	-15,053	14,484	13,857	-15,482	-14,874	14,634	14,036	-15,333
5	1-2	-0,511	-0,744	-18,649	17,518	17,652	-18,969	-18,500	17,735	17,801	-18,752
	2-3	-1,914	-1,914	-12,814	9,079	9,079	-12,814	-12,254	9,638	9,638	-12,254
	3-4	-0,744	-0,563	-18,969	13,738	17,518	-14,836	-18,752	13,902	17,735	-14,671
	4-5	-0,305	-0,282	-21,727	25,274	21,132	-25,802	-21,638	25,353	21,222	-25,723
	5-6	-0,555	-0,597	-17,574	17,299	16,477	-18,462	-17,409	17,473	16,641	-18,288
	6-7	-0,613	-0,511	-18,479	17,652	17,282	-18,649	-18,300	17,801	17,461	-18,500
4	1-2	-0,511	-0,744	-20,998	20,488	20,001	-21,939	-20,849	20,706	20,150	-21,722
	2-3	-1,914	-1,914	-14,596	10,861	10,861	-14,596	-14,036	11,420	11,420	-14,036
	3-4	-0,744	-0,563	-20,939	15,784	20,488	-16,882	-21,722	15,948	20,706	-16,777
	4-5	-0,305	-0,282	-24,796	27,351	24,201	-27,879	-24,707	27,430	24,291	-27,800
	5-6	-0,555	-0,597	-18,958	19,290	17,862	-20,454	-18,794	19,464	18,026	-20,279
	6-7	-0,613	-0,511	-20,470	20,001	19,273	-20,998	-20,291	20,150	19,453	-20,849
3	1-2	-0,493	-0,691	-22,300	21,016	21,339	-22,358	-22,156	21,212	21,482	-22,156
	2-3	-1,858	-1,858	-14,823	11,198	11,198	-14,823	-14,280	11,741	11,741	-14,280
	3-4	-0,691	-0,543	-22,358	17,466	21,016	-18,525	-22,156	17,625	21,212	-18,367
	4-5	-0,293	-0,244	-27,279	33,450	26,708	-33,927	-27,194	33,522	26,794	-33,856
	5-6	-0,530	-0,557	-22,978	21,755	21,942	-22,842	-22,821	21,917	22,097	-22,679
	6-7	-0,592	-0,493	-22,875	21,339	21,721	-22,300	-22,703	21,482	21,894	-22,756

Niv	Poutre	G+1,2P		G1P+E		G1P-E		0,8G +E		0,8G-E	
		Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc
2	1-2	-0,493	-0,673	-24,816	24,415	23,855	-25,728	-24,672	24,612	23,999	-25,531
	2-3	-1,868	-1,868	-16,865	13,221	13,221	-16,865	-16,319	13,766	13,766	-16,319
	3-4	-0,673	-0,543	-25,728	18,871	24,415	-19,930	-25,531	12,029	24,612	-19,771
	4-5	-0,293	-0,237	-29,386	36,542	28,815	-37,005	-29,301	36,611	28,901	-36,936
	5-6	-0,534	-0,557	-25,037	24,267	23,995	-25,294	-24,881	24,370	24,151	-25,131
	6-7	-0,592	-0,493	-25,328	23,855	24,173	-24,816	-25,155	23,999	24,346	-24,672
1	1-2	-0,508	-0,727	-22,858	23,410	21,876	-24,816	-22,694	23,645	22,040	-24,581
	2-3	-1,975	-1,975	-16,379	12,557	12,557	-16,379	-15,740	13,196	13,196	-15,740
	3-4	-0,727	-0,570	-24,816	16,774	23,410	-17,878	-24,581	16,959	23,645	-17,693
	4-5	-0,320	-0,257	-26,299	37,081	25,679	-37,578	-26,195	37,164	25,782	-37,495
	5-6	-0,564	-0,591	-25,432	23,52	24,341	-24,496	-25,249	23,544	24,523	-24,305
	6-7	-0,628	-0,508	-24,532	21,876	23,317	-22,858	-24,329	22,040	23,520	-22,694

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (Partique B-B)

Niv	Poutre	G+1,2P		G1P+E		G1P-E		0,8G +E		0,8G-E	
		Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc
10	1-2	0,658	-1,622	2,222	-0,037	-0,931	-3,189	2,042	0,361	-1,110	-2,792
	2-3	4,537	-4,581	5,013	-4,054	4,004	-5,063	3,999	-3,030	2,990	-4,039
	3-4	2,960	-2,108	4,170	-0,867	1,714	-3,323	3,510	-0,396	1,053	-4,852
	4-5	0,863	-0,511	3,227	1,872	-1,520	-2,875	3,019	2,009	-1,728	-2,737
	5-6	1,111	-1,178	2,236	-0,023	-0,043	-2,302	1,956	0,274	-0,323	-2,005
	6-7	1,222	-1,068	2,693	0,434	-0,283	-2,541	2,385	0,703	-0,590	-2,272
9	1-2	0,986	-1,267	4,033	1,835	-2,110	-4,308	3,745	2,205	-2,398	-3,938
	2-3	2,028	-2,028	3,026	-0,931	0,931	-3,026	2,433	-0,339	0,339	-2,433
	3-4	1,244	-1,009	3,949	1,750	-1,521	-3,719	3,585	2,045	-1,885	-3,425
	4-5	0,676	-0,676	6,422	5,103	-5,103	-6,422	6,224	5,301	-5,301	-6,224
	5-6	1,104	-1,150	3,773	1,575	-1,619	-3,818	3,450	1,911	-1,942	-3,482
	6-7	1,173	-1,080	4,177	1,979	-1,888	-4,087	3,834	2,295	-2,231	-3,771
8	1-2	0,992	-1,261	5,901	3,703	-3,966	-6,164	5,611	4,072	-4,256	-5,796
	2-3	2,028	-2,028	3,669	-0,288	0,288	-3,669	3,077	0,305	-0,305	-3,077
	3-4	1,239	-1,014	5,655	3,457	-3,237	-5,435	5,293	3,753	-3,599	-5,139
	4-5	0,676	-0,676	10,099	8,780	-8,780	-10,099	9,901	8,977	-8,977	-9,901
	5-6	1,104	-1,149	5,332	3,134	-3,177	-5,376	5,010	3,470	-3,500	-5,040
	6-7	1,171	-1,082	5,885	3,687	-3,600	-5,799	5,543	4,003	-3,943	-5,482
7	1-2	0,992	-1,261	7,670	5,472	-5,735	-7,933	7,380	5,840	-6,024	-7,564
	2-3	2,028	-2,028	4,246	0,289	-0,289	-4,246	3,654	0,882	-0,882	-3,654
	3-4	1,239	-1,014	7,016	4,818	-4,598	-6,796	6,654	5,114	-4,960	-6,500
	4-5	0,676	-0,676	12,619	11,300	-11,300	-12,619	12,422	11,498	-11,498	-12,422
	5-6	1,104	-1,149	6,750	4,552	-4,595	-6,794	6,428	4,888	-4,918	-6,458
	6-7	1,171	-1,082	7,710	5,572	-5,426	-7,624	7,368	5,828	-5,768	-7,308

Niv	Route	G+L2P		G+P+E		G+P-E		GBC+E		GBC-E	
		Tuv	Te	Tuv	Te	Tuv	Te	Tuv	Te	Tuv	Te
6	1-2	0,996	-1,220	9,437	7,276	-7,494	-9,656	9,146	7,682	-7,785	-9,299
	2-3	1,990	-1,990	5,041	1,157	-1,157	-5,041	4,459	1,738	-1,738	-4,459
	3-4	1,198	-1,018	8,871	6,709	-6,536	-8,695	8,521	7,007	-6,884	-8,398
	4-5	0,673	-0,641	17,194	15,911	-15,879	-17,162	16,997	16,099	-16,076	-16,975
	5-6	1,071	-1,107	9,011	6,886	-6,921	-9,047	8,698	7,210	-7,234	-8,723
	6-7	1,151	-1,065	9,300	7,738	-7,054	-9,216	8,964	7,450	-7,391	-8,905
5	1-2	1,009	-1,206	11,094	8,932	-9,125	-11,286	10,799	9,285	-9,420	-10,934
	2-3	1,990	-1,990	5,591	1,707	-1,707	-5,591	5,009	2,289	-2,289	-5,009
	3-4	1,184	-1,031	10,192	8,030	-7,880	-10,042	9,846	8,331	-8,227	-9,741
	4-5	0,682	-0,633	20,295	18,953	-18,905	-20,187	20,036	19,138	-19,104	-20,002
	5-6	1,074	-1,104	10,744	8,619	-8,648	-10,773	10,430	8,942	-8,962	-10,450
	6-7	1,151	-1,065	11,132	8,970	-8,885	-11,067	10,795	9,281	-9,222	-10,736
4	1-2	1,009	-1,206	12,572	10,410	-10,602	-12,761	12,277	10,763	-10,891	-12,411
	2-3	1,990	-1,990	6,185	2,301	-2,301	-6,185	5,603	2,883	-2,883	-5,603
	3-4	1,184	-1,031	11,585	9,423	-9,274	-11,436	11,239	9,725	-9,620	-11,134
	4-5	0,682	-0,633	22,379	21,097	-21,049	-22,331	22,180	21,282	-21,248	-22,146
	5-6	1,074	-1,104	11,682	9,557	-9,586	-11,711	11,368	9,879	-9,900	-11,388
	6-7	1,151	-1,065	12,337	10,176	-10,091	-12,253	12,001	10,487	-10,428	-11,942
3	1-2	1,009	-1,174	13,063	10,938	-11,105	-13,230	12,770	11,282	-11,398	-12,887
	2-3	1,953	-1,953	6,242	2,432	-2,432	-6,242	5,671	3,002	-3,002	-5,671
	3-4	1,153	-1,025	12,147	10,022	-9,897	-10,022	11,810	10,322	-10,234	-11,723
	4-5	0,674	-0,603	25,942	24,696	-24,627	-25,873	25,745	24,872	-24,824	-25,696
	5-6	1,039	-1,064	13,447	11,395	-11,419	-13,470	13,143	11,706	-11,722	-13,166
	6-7	1,132	-1,046	13,359	11,234	-11,151	-13,276	13,028	11,570	-11,481	-12,970
2	1-2	1,011	-1,167	14,711	12,586	-12,737	-14,862	14,415	12,927	-13,033	-14,521
	2-3	1,953	-1,953	6,920	3,109	-3,109	-6,920	6,349	3,680	-3,680	-6,349
	3-4	1,145	-1,033	13,471	11,345	-11,236	-13,361	13,236	11,647	-11,571	-13,059
	4-5	0,679	-0,598	28,110	26,864	-26,785	-28,031	27,912	27,039	-26,984	-27,856
	5-6	1,041	-1,062	14,701	12,649	-12,669	-14,721	14,397	12,690	-12,973	-14,410
	6-7	1,132	-1,046	14,739	12,614	-12,530	-14,656	14,408	12,920	-12,861	-14,350
1	1-2	1,061	-1,250	13,938	11,702	-11,884	-14,121	13,595	12,106	-12,228	-13,716
	2-3	2,073	-2,073	6,828	2,877	-2,877	-6,828	6,157	3,488	-3,488	-6,157
	3-4	1,223	-1,088	12,694	10,458	-10,327	-12,564	12,298	10,810	-10,723	-12,212
	4-5	0,724	-0,631	27,083	25,772	-25,682	-26,993	26,849	25,976	-25,916	-26,789
	5-6	1,104	-1,128	14,626	12,467	-12,491	-14,650	14,269	12,832	-12,848	-14,285
	6-7	1,208	-1,104	14,027	11,791	-11,690	-13,927	13,636	12,148	-12,081	-13,570

MOMENTS EN TRAVÉE DES POUTRES : (PARTIE C-C)

NOY	Point	G + L2P	G + P + E	G + P - E	Q8G + E	Q8G - E
10	1-2	0,362	0,670	0,640	0,569	-0,061
	2-3	1,526	1,395	1,611	0,999	1,215
	3-5	1,526	1,611	1,395	1,215	0,999
	5-6	0,276	0,427	0,109	0,344	0,026
	6-7	0,529	0,047	0,995	-0,086	0,862
9	1-2	0,677	0,957	0,371	0,773	0,187
	2-3	2,608	2,409	2,725	1,730	2,046
	3-5	2,608	2,725	2,409	2,046	1,730
	5-6	0,585	0,642	0,502	0,476	0,536
	6-7	0,865	0,489	1,215	0,268	0,994
8	1-2	0,680	1,095	0,241	0,910	0,056
	2-3	2,604	2,408	2,716	1,730	2,038
	3-5	2,604	2,716	2,408	2,038	1,730
	5-6	0,593	0,924	0,236	0,757	0,069
	6-7	0,861	0,077	1,619	-0,144	1,398
7	1-2	0,680	1,111	0,255	0,926	0,040
	2-3	2,604	2,491	2,633	1,813	1,955
	3-5	2,604	2,633	2,491	1,955	1,813
	5-6	0,593	0,733	0,427	0,566	0,260
	6-7	0,861	0,252	1,444	0,031	1,223
6	1-2	0,680	1,126	0,210	0,941	0,025
	2-3	2,604	2,330	2,794	1,652	2,116
	3-5	2,604	2,794	2,330	2,116	1,652
	5-6	0,593	0,923	0,237	0,756	0,070
	6-7	0,861	0,047	1,649	-0,174	1,428
5	1-2	0,680	1,547	-0,211	1,362	-0,396
	2-3	2,604	2,234	2,890	1,556	2,212
	3-5	2,604	2,890	2,234	2,212	1,556
	5-6	0,593	1,477	-0,317	1,310	-0,484
	6-7	0,861	-0,928	2,624	-1,149	2,403
4	1-2	0,680	2,055	-0,719	1,870	-0,904
	2-3	2,604	2,207	2,917	1,529	2,239
	3-5	2,604	2,917	2,207	2,239	1,529
	5-6	0,593	0,693	0,467	0,526	0,300
	6-7	0,861	-0,652	2,348	-0,873	2,127
3	1-2	0,680	1,330	0,006	1,145	-0,179
	2-3	2,604	2,152	2,972	1,474	2,294
	3-5	2,604	2,972	2,152	2,294	1,474
	5-6	0,593	1,187	-0,027	1,020	-0,194
	6-7	0,861	-0,421	2,117	-0,642	1,896

Niv	Poutre	G + 1.2P	G+P+E	G+P-E	Q8G + E	Q8G - E
2	1-2	0,680	1,832	-0,496	1,647	-0,681
	2-3	2,604	2,128	2,996	1,450	2,318
	3-5	2,604	2,996	2,128	2,318	1,450
	5-6	0,593	0,684	0,476	0,517	0,309
	6-7	0,861	-0,420	2,116	-0,641	1,895
1	1-2	0,703	1,368	0,002	1,158	-0,208
	2-3	2,724	2,408	2,920	1,638	2,150
	3-5	2,724	2,920	2,408	2,150	1,638
	5-6	0,603	2,141	-0,971	1,951	-1,161
	6-7	0,906	-1,351	3,127	-1,602	2,876

MOMENTS AUX APPUIS DES POUTRES: (Poutre C-C).

Niv	Poutre	G + 1.2P		G+P+E		G+P-E		Q8G + E		Q8G - E	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
10	1-2	-0,450	-0,978	-3,599	1,551	2,705	-3,494	-3,497	1,773	2,807	-3,272
	2-3	-1,849	-2,042	-3,349	-0,297	-0,322	-3,758	-2,930	0,165	0,097	-3,295
	3-5	-2,042	-1,849	-3,758	-0,322	-0,297	-3,349	-3,295	0,097	0,165	-2,930
	5-6	-0,978	-0,630	-3,494	1,579	1,551	-2,830	-3,272	1,721	1,773	-2,688
	6-7	-0,630	-0,450	-2,830	2,705	1,579	-3,599	-2,688	2,807	1,721	-3,497
9	1-2	-0,908	-4,493	-6,724	3,753	4,920	-6,719	-6,518	4,091	5,126	-6,380
	2-3	-3,348	-3,566	-6,466	-0,083	-0,183	-6,999	-5,707	0,725	0,576	-6,191
	3-5	-3,566	-3,348	-6,999	-0,183	-0,083	-6,466	-6,191	0,576	0,725	-5,707
	5-6	-4,493	-1,101	-6,719	-4,004	3,753	-6,190	-6,380	4,253	4,091	-5,960
	6-7	-1,101	-0,908	-6,190	4,920	4,004	-6,724	-5,960	5,126	4,253	-6,518
8	1-2	-0,917	-1,477	-10,219	6,987	8,397	-9,920	-10,011	7,322	8,605	-9,585
	2-3	-3,357	-3,566	-8,406	1,839	1,738	-8,921	-7,645	2,647	2,499	-8,113
	3-5	-3,566	-3,357	-8,921	1,738	1,839	-8,406	-8,113	2,499	2,647	-7,645
	5-6	-1,477	-1,101	-9,920	6,673	6,987	-8,859	-9,585	6,922	7,322	-8,609
	6-7	-1,101	-0,917	-8,859	8,397	6,673	-10,219	-8,609	8,605	6,922	-10,011
7	1-2	-0,917	-1,477	-10,122	6,859	8,300	-9,791	-9,914	7,193	8,508	-9,457
	2-3	-3,357	-3,566	-8,229	1,595	1,661	-8,677	-7,568	2,403	2,422	-7,869
	3-5	-3,566	-3,357	-8,677	1,661	1,595	-8,229	-7,868	2,422	2,403	-7,568
	5-6	-1,477	-1,101	-9,791	6,921	6,859	-9,113	-9,457	7,176	7,193	-8,663
	6-7	-1,101	-0,917	-9,113	8,300	6,921	-10,122	-8,663	8,508	7,176	-9,914
6	1-2	-0,917	-1,477	-13,407	10,355	11,585	-13,288	-13,199	10,690	11,793	-12,953
	2-3	-3,357	-3,566	-10,426	3,870	3,759	-10,952	-9,666	4,678	4,520	-10,166
	3-5	-3,566	-3,357	-10,952	3,759	3,870	-10,426	-10,166	4,520	4,678	-9,666
	5-6	-1,477	-1,101	-12,288	9,801	10,355	-11,987	-12,953	10,051	10,690	-11,793
	6-7	-1,101	-0,917	-11,987	11,585	9,801	-13,407	-11,793	10,051	10,690	-11,987

Niv	Poutre	G+1,2P		G+P+E		G+P-E		0,8G+E		0,8G-E	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
5	1-2	-0,917	-1,477	-19,061	15,124	17,240	-18,056	-18,853	15,458	17,447	-17,722
	2-3	-3,357	-3,566	-12,288	6,957	6,620	-14,033	-12,527	7,759	7,381	-12,225
	3-5	-3,566	-3,357	-14,033	6,620	6,957	-13,288	-12,225	7,381	7,759	-12,527
	5-6	-1,477	-1,101	-18,056	13,506	15,124	-15,692	-17,722	13,755	15,458	-15,442
	6-7	-1,101	-0,917	-15,692	17,240	13,506	-19,061	-15,442	17,447	13,755	-18,853
4	1-2	-0,917	-1,477	-21,410	16,259	19,589	-19,192	-21,202	16,594	19,797	-18,857
	2-3	-3,357	-3,566	-13,969	7,804	7,302	-14,886	-13,208	8,612	8,062	-14,078
	3-5	-3,566	-3,357	-14,886	7,302	7,804	-13,969	-14,078	8,062	8,612	-13,208
	5-6	-1,477	-1,101	-19,192	16,406	16,259	-18,592	-18,857	16,655	16,594	-18,343
	6-7	-1,101	-0,917	-18,592	19,589	16,406	-21,410	-18,343	19,797	16,655	-21,202
3	1-2	-0,917	-1,477	-22,734	19,032	20,913	-21,965	-22,527	19,367	21,121	-21,630
	2-3	-3,357	-3,566	-15,633	9,578	8,966	-16,660	-14,872	10,386	9,726	-15,852
	3-5	-3,566	-3,357	-16,660	8,966	9,578	-15,633	-15,852	9,726	10,386	-14,872
	5-6	-1,477	-1,101	-21,965	18,192	19,032	-20,378	-21,630	18,441	19,367	-20,128
	6-7	-1,101	-0,917	-20,378	20,913	18,192	-22,734	-20,128	21,121	18,441	-25,527
2	1-2	-0,917	-1,477	-24,961	20,256	23,139	-23,188	-24,753	20,590	23,347	-22,854
	2-3	-3,357	-3,566	-16,367	10,361	9,700	-17,443	-15,606	11,168	10,460	-16,635
	3-5	-3,566	-3,357	-17,443	9,700	10,361	-16,367	-16,635	10,460	11,168	-15,606
	5-6	-1,477	-1,101	-23,188	20,421	20,256	-22,607	-22,854	20,670	20,590	-22,357
	6-7	-1,101	-0,917	-22,607	23,139	20,421	-24,961	-22,357	23,347	20,670	-24,753
1	1-2	-0,908	-1,552	-23,565	19,765	21,767	-22,838	-23,349	20,134	21,983	-22,470
	2-3	-3,391	-3,631	-16,139	9,697	9,423	-16,887	-15,334	10,559	10,025	-16,025
	3-5	-3,631	-3,391	-16,887	9,423	9,697	-16,139	-15,334	10,228	10,559	-15,334
	5-6	-1,552	-1,121	-22,838	17,080	19,765	-19,300	-22,470	17,346	20,134	-19,034
	6-7	-1,121	-0,908	-19,300	21,767	17,080	-23,565	-19,034	21,983	17,346	-23,349

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES "PORTIQUE G-C"

Niv	Poutre	G+1,2P		G+P+E		G+P-E		0,8G+E		0,8G-E	
		Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc	Tw	Tc
10	1-2	0,896	-1,336	2,666	0,250	-0,687	-2,903	2,263	0,552	-0,890	-2,903
	2-3	1,964	-2,054	2,491	-1,499	1,410	-2,580	2,046	-1,033	0,965	-2,580
	3-5	2,054	-1,964	2,580	-1,410	1,499	-2,491	2,115	-0,965	1,033	-2,491
	5-6	1,261	-0,971	2,565	0,349	0,061	-2,277	2,280	0,589	-0,347	-2,277
	6-7	1,191	-1,041	2,671	0,454	0,305	-2,522	2,401	0,690	-0,375	-2,522
9	1-2	1,705	-2,193	4,785	0,894	-1,378	-5,249	4,379	1,391	-1,705	-4,785
	2-3	3,458	-3,559	4,533	-2,434	2,334	-4,634	3,750	-1,628	1,550	-4,634
	3-5	3,559	-3,458	4,634	-2,334	2,434	-4,533	3,827	-1,550	1,628	-4,533
	5-6	2,113	-1,785	4,968	1,097	-0,772	-4,643	4,489	1,502	-1,785	-4,643
	6-7	2,029	-1,869	5,048	1,177	-1,018	-4,889	4,588	1,601	-1,869	-4,889

NW	Porture	G + 12P		G + P + E		G + P - E		QRC + E		QRC - E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8	1-2	1,716	-2,182	6,638	2,767	-3,230	-7,101	6,249	3,261	-3,619	-6,606
	2-3	3,460	-3,557	5,178	-1,790	1,696	-5,276	4,394	-4,986	4,910	-4,468
	3-5	3,557	-3,460	5,276	-1,696	1,790	-5,178	4,468	-4,910	4,984	-4,394
	5-6	2,106	-1,792	6,596	2,726	-2,416	-6,285	6,119	3,132	-2,892	-5,879
	6-7	2,025	-1,873	4,754	2,883	-2,731	-6,602	6,295	3,308	-3,190	-6,178
7	1-2	1,716	-2,182	6,575	2,704	-3,167	-7,058	6,186	3,199	-3,556	-6,546
	2-3	3,460	-3,557	5,124	-1,843	1,747	-5,228	4,340	-1,037	4,963	-6,474
	3-5	3,557	-3,460	5,220	-1,747	1,843	-5,124	4,414	-0,963	1,037	-4,340
	5-6	2,106	-1,792	6,631	2,760	-2,449	-6,320	6,154	3,167	-2,926	-5,974
	6-7	2,025	-1,873	6,738	2,927	-2,775	-6,646	6,339	3,351	-3,234	-6,221
6	1-2	1,716	-2,182	8,459	4,588	-5,051	-8,922	8,070	5,082	-5,440	-8,427
	2-3	3,460	-3,557	5,853	-1,114	1,018	-5,949	5,069	-4,308	4,234	-5,143
	3-5	3,557	-3,460	5,949	-1,018	1,114	-5,853	5,143	-4,234	4,308	-5,069
	5-6	2,106	-3,460	8,401	4,530	-4,279	-8,090	7,924	4,936	-4,696	-7,684
	6-7	2,025	-1,873	8,509	4,638	-4,486	-8,357	8,050	5,062	-4,945	-7,932
5	1-2	1,716	-2,182	11,354	7,483	-7,946	-11,817	10,965	7,978	-8,335	-11,322
	2-3	3,460	-3,557	6,843	-4,124	4,028	-6,939	6,059	4,682	-0,756	-6,193
	3-5	3,557	-3,460	6,939	-4,028	4,124	-6,843	6,133	4,756	-0,682	-6,059
	5-6	2,106	-1,792	14,755	6,884	-6,573	-10,643	10,277	7,290	-7,050	-10,037
	6-7	2,025	-1,873	11,108	7,238	-7,086	-10,956	10,649	7,662	-7,545	-10,532
4	1-2	1,716	-2,182	12,322	8,451	-8,914	-12,785	11,933	8,946	-9,303	-12,290
	2-3	3,460	-3,557	7,099	0,132	-0,228	-7,195	6,315	4,938	-1,012	-6,389
	3-5	3,557	-3,460	7,195	4,228	-0,132	-7,099	6,389	1,012	-0,938	-6,315
	5-6	2,106	-1,792	11,876	8,005	-7,694	-11,564	11,398	8,411	-8,171	-11,158
	6-7	2,025	-1,873	12,566	8,696	-8,544	-12,415	12,707	9,120	-9,003	-11,990
3	1-2	1,716	-2,182	13,460	9,589	-14,052	-13,923	13,071	10,084	-14,441	-13,429
	2-3	3,460	-3,557	7,672	4,705	-4,801	-7,768	6,888	1,511	-1,585	-6,962
	3-5	3,557	-3,460	7,768	4,801	-4,705	-7,672	6,962	1,585	-1,511	-6,888
	5-6	2,106	-1,792	13,142	9,271	-8,960	-12,831	12,065	9,677	-9,437	-12,425
	6-7	2,025	-1,873	13,430	9,560	-9,408	-13,278	12,971	9,984	-9,867	-12,854
2	1-2	1,716	-2,182	14,418	14,548	-11,011	-14,881	14,030	14,042	-11,399	-14,387
	2-3	3,460	-3,557	7,925	4,957	-4,054	-8,021	7,141	1,763	-1,837	-7,215
	3-5	3,557	-3,460	8,021	1,054	-0,957	-7,925	7,215	1,837	-1,763	-7,141
	5-6	2,106	-1,792	14,101	10,230	-9,919	-13,790	13,624	10,636	-14,396	-13,384
	6-7	2,025	-1,873	14,668	10,797	-10,645	-14,516	14,209	11,221	-11,104	-14,092
1	1-2	1,716	-2,253	13,912	9,983	-14,514	-14,444	13,505	14,517	-10,921	-13,909
	2-3	3,516	-3,627	7,827	4,754	-4,864	-7,937	6,993	1,615	-1,698	-7,076
	3-5	3,627	-3,516	7,937	4,864	-4,754	-7,827	7,076	1,698	-1,615	-6,993
	5-6	2,164	-1,805	13,113	9,183	-8,827	-12,757	12,599	2,611	-9,341	-12,328
	6-7	2,073	-1,896	13,401	9,472	-9,296	-13,226	12,909	9,922	-9,788	-12,776

Moments en travée des poutres: (par lique 3-3)

Niv	Poutre	G+1.2P	G+P+E	G+P-E	0.8G+E	0.8G-E
10	A-B	6,862	7,218	6,090	5,056	3,928
	B-C	9,521	8,541	9,669	5,058	6,186
9	A-B	5,139	5,164	4,406	2,734	1,996
	B-C	10,057	8,961	9,699	4,184	4,922
8	A-B	5,135	5,318	4,224	2,909	1,815
	B-C	10,029	8,755	9,849	3,984	5,078
7	A-B	5,135	5,577	3,965	3,168	2,556
	B-C	10,029	8,496	10,108	3,725	5,337
6	A-B	5,080	4,526	4,920	2,153	2,547
	B-C	9,810	9,292	8,898	4,677	4,223
5	A-B	5,103	4,822	4,670	2,445	2,293
	B-C	9,786	8,996	9,148	4,325	4,477
4	A-B	5,103	4,837	4,655	2,460	2,278
	B-C	9,786	8,981	9,163	4,310	4,492
3	A-B	5,031	5,100	4,260	2,782	1,922
	B-C	9,587	8,466	9,306	3,886	4,726
2	A-B	5,044	5,152	4,234	2,812	1,894
	B-C	9,574	8,414	9,332	3,896	4,754
1	A-B	6,032	5,816	5,248	2,707	2,139
	B-C	6,032	5,248	5,816	2,139	2,707

Moments aux appuis des poutres: (par lique 3-3)

Niv	Poutre	G+1.2P		G+P+E		G+P-E		0.8G+E		0.8G-E	
		M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e
10	A-B	-6,862	-8,743	-19,944	-5,542	-2,575	-14,655	-9,183	-3,244	-0,814	-9,358
	B-C	-10,343	-8,754	-13,169	-8,364	-7,056	-12,734	-10,222	-2,835	-4,109	-10,205
9	A-B	-5,090	-6,136	-14,697	9,170	1,910	-14,962	-9,934	2,310	3,673	-9,823
	B-C	-9,941	-9,265	-15,590	-2,099	-3,457	-15,706	-12,016	1,250	0,117	-12,357
8	A-B	-5,119	-6,116	-15,396	3,503	5,551	-15,256	-13,622	5,635	7,324	-13,125
	B-C	-9,961	-9,350	-18,923	1,518	-0,163	-19,429	-15,341	4,887	3,419	-16,060
7	A-B	-5,119	-6,116	-18,811	6,400	8,966	-18,153	-17,037	8,531	10,739	-16,021
	B-C	-9,961	-9,350	-21,819	4,933	4,793	-22,864	-18,237	8,302	6,315	-19,475
6	A-B	-5,020	-5,897	-21,965	11,865	12,311	-23,200	-20,227	13,918	14,050	-21,148
	B-C	-9,884	-9,169	-27,001	8,356	8,065	-25,924	-23,445	14,660	14,620	-22,617
5	A-B	-5,020	-5,833	-24,260	13,677	14,606	-24,889	-22,521	15,705	16,345	-22,861
	B-C	-9,948	-9,169	-28,813	10,651	9,754	-28,215	-25,233	13,955	13,334	-24,912

Niv	Poutre	G + LEP		G + P + E		G + P - E		0,86 + E		0,86 - E	
		Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc	Mw	Mc
4	A-B	-5,020	-5,833	-28,133	17,520	18,479	-28,732	-26,394	19,548	20,218	-26,704
	B-C	-9,948	-9,169	-32,655	14,524	13,596	-32,088	-29,075	17,828	17,177	-28,785
3	A-B	-4,922	-5,667	-28,531	17,512	19,066	-28,406	-26,826	19,480	20,771	-26,438
	B-C	-9,820	-8,990	-32,365	15,188	13,553	-32,409	-28,830	18,427	17,087	-29,170
2	A-B	-4,922	-5,631	-29,636	18,573	20,171	-29,398	-27,931	20,528	21,876	-27,443
	B-C	-9,856	-8,990	-33,426	16,293	14,544	-33,574	-29,878	19,532	18,093	-30,275
1	A-B	-5,317	-5,023	-28,118	16,774	18,016	-28,216	-26,042	19,124	20,091	-25,865
	B-C	-5,023	-5,317	-28,216	18,016	16,774	-28,118	-25,865	20,091	19,124	-26,042

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (PARTIE 3-3)

Niv	Poutre	G + LEP		G + P + E		G + P - E		0,86 + E		0,86 - E	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
10	A-B	7,816	-8,687	8,909	-7,347	6,496	-9,761	6,915	-5,105	4,502	-7,518
	B-C	10,894	-10,158	11,848	-8,711	9,434	-11,124	8,771	-5,767	6,297	-8,180
9	A-B	5,354	-5,838	7,294	-3,468	3,004	-7,758	5,442	-4,442	2,152	-5,732
	B-C	10,370	-10,071	12,078	-7,500	7,788	-11,790	8,343	-3,870	4,053	-8,160
8	A-B	5,366	-5,827	8,469	-2,293	1,851	-8,910	6,613	-0,271	-0,005	-6,889
	B-C	10,362	-10,079	13,234	-6,344	6,616	-12,962	9,502	-2,711	2,885	-9,329
7	A-B	5,366	-5,827	9,520	-1,241	0,799	-9,962	7,665	0,781	-1,057	-7,941
	B-C	10,362	-10,079	14,286	-5,292	5,564	-14,014	10,554	-1,659	1,833	-14,381
6	A-B	5,340	-5,749	10,913	0,251	-0,644	-11,306	9,066	2,245	-2,491	-9,312
	B-C	10,293	-9,959	15,637	-3,760	4,080	-15,317	11,930	-0,170	0,373	-11,727
5	A-B	5,355	-5,734	11,602	0,940	-1,304	-11,965	9,749	2,928	-3,157	-9,978
	B-C	10,308	-9,944	16,326	-3,071	3,420	-15,977	12,613	0,513	-0,293	-12,393
4	A-B	5,355	-5,734	12,887	2,226	-2,590	-13,251	11,035	4,214	-4,443	-11,263
	B-C	10,308	-9,944	17,612	-1,785	2,194	-17,263	13,899	1,798	-1,578	-13,679
3	A-B	5,317	-5,668	12,905	-2,343	-2,681	-13,242	11,065	4,308	-4,521	-11,278
	B-C	10,227	-9,835	17,588	-1,627	2,063	-17,293	13,905	1,917	-1,681	-13,679
2	A-B	5,325	-5,660	13,269	2,707	-3,028	-13,589	11,425	4,668	-4,871	-11,628
	B-C	10,295	-9,827	16,952	-1,264	1,656	-17,560	14,265	2,277	-2,032	-14,019
1	A-B	5,270	-5,203	13,170	1,701	-2,017	-13,486	10,879	4,122	-4,308	-11,065
	B-C	9,203	-5,870	13,486	2,017	-1,701	-13,170	11,065	4,308	-4,122	-10,879

FERRAILLAGE DES POUTRES

A) Armatures longitudinales:

Les poutres seront ferrillées à la flexion simple (on ne fait pas état dans les calculs des effets normaux: A15 CCBA68).

La section d'acier sera déterminée par la plus défavorable des sollicitations du 1^{er} genre (max S_{P1}) et du second genre (max S_{P2}).

. Si $1,5M(S_{P1}) > M(S_{P2}) \rightarrow$ on calcule A sous S_{P1} .

. Si $1,5M(S_{P1}) < M(S_{P2}) \rightarrow$ on calcule A sous S_{P2} .

On adoptera toujours la plus grande des deux quantités d'acier A_1

et A_2 : avec: A_1 : section nécessaire déterminée par les calculs

A_2 : section minimale imposée par le R.P.A 81.

Méthode de calcul:

. Calcul de: $\mu = \frac{15M}{\sigma_a b h^2} \rightarrow$ déterminer E et K par les formules données par M^r Pierre Chauvin.

$$\sigma'_0 = \frac{\sigma_a}{K}$$

. Si $\sigma'_0 < \bar{\sigma}'_0$: les armatures comprimées ne sont pas nécessaires

. Si $\sigma'_0 > \bar{\sigma}'_0$: On calculera les armatures comprimées.

Lorsque $\sigma'_0 < \bar{\sigma}'_0$ la section d'armature est: $A_s = \frac{M}{\sigma_a \cdot E \cdot h}$

Pour ce calcul de ferrailage on a fait un programme qui nous donne les coefficients E et K, la contrainte σ'_0 et finalement la section d'armature A.

B) Armatures transversales:

La quantité d'armature transversale minimale est donnée par le (R.P.A) $A_t = 0,003 t \cdot b$ b : largeur de patte.

t : espacement des cadres.

La contrainte de cisaillement max:

$$\tau'_0 \text{ max} = \frac{T \text{ max}}{b \cdot z} \quad \text{avec } z = \frac{7}{8} h$$

Contrainte admissible de cisaillement:

$$\begin{cases} \bar{\sigma}_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b & \text{si } \sigma_b \leq \bar{\sigma}_b \\ \bar{\sigma}_b \leq (4,5 - \frac{\sigma_b}{\bar{\sigma}_b}) \bar{\sigma}_b & \text{si } \bar{\sigma}_b \leq \sigma_b \leq 2\bar{\sigma}_b \end{cases}$$

Si $\sigma_b \leq \bar{\sigma}_b$ on utilise des cadres et des étriers droits.

Contraintes admissibles des armatures transversales:

$$\bar{\sigma}_{at} = f_a \bar{\sigma}_{en} \quad \text{avec: } \begin{cases} f_a = \frac{2}{3} & \text{si on a reprise de bétonnage} \\ f_a = \sup(\frac{2}{3}; 1 - \frac{\sigma_b}{9\bar{\sigma}_b}) & \text{si pas de reprise de bét} \end{cases}$$

Espacement $t \leq \bar{E}$ avec: $t \leq \frac{\bar{\sigma}_{at} \cdot z \cdot A_t}{T}$ avec: $z = \frac{7}{8} h$

Espacement admissible $\bar{E} \leq \min(12\phi, \frac{h}{4}, 30\text{cm})$ en zone nodale.
 $\bar{E} \leq \frac{h}{2}$ en zone courante.

CCBA 68: $\bar{E} = \sup \left\{ \begin{array}{l} 0,2h \\ h(1 - \frac{0,3\sigma_b}{\bar{\sigma}_b}) \end{array} \right.$ h : hauteur utile de la poutre.

C1 Vérifications:

① Condition de non fragilité: $A_{min} \geq 0,09 \cdot b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}}$

② Fleche: (Art 61 du CCBA 68)

Si les 3 conditions suivantes sont vérifiées, il n'est pas utile de faire une justification de flèche:

a)- $h_e \geq \frac{l}{16}$
 b)- $h_e \geq \frac{l}{10} \cdot \frac{M_0}{M_0}$
 c)- $A \leq b \cdot h \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}}$

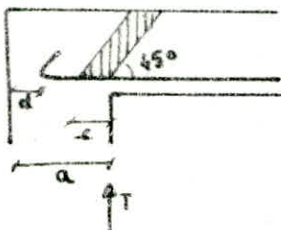
③ Condition de non fissuration:

On doit avoir $\bar{\sigma}_a \leq \max(\sigma_1, \sigma_2)$ avec:

$$\begin{cases} \sigma_1 = \frac{K_n \bar{\omega}_f}{\phi(1+10\bar{\omega}_f)} \\ \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K_n \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}} \end{cases}$$

④ Conditions aux appuis:

• Béton: L'effet tranchant " T_{max} " crée des effets de compression dans la bielle de béton inclinée à 45° .



Contrainte de compression simple dans la bielle de béton:

$$\sigma_b = \frac{T\sqrt{2}}{b \cdot c/\sqrt{2}} = \frac{2T}{b \cdot c} \leq \bar{\sigma}_b$$

$\rightarrow c \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = c_0$

$$T = T_{max}$$

$$-c = a - (d + r)$$

c : distance de l'appui au point où commence l'ancrage de l'armature inférieure

a : largeur du poteau

d : enrobage

$r = 10\phi$ rayon de courbure.

. Acier:

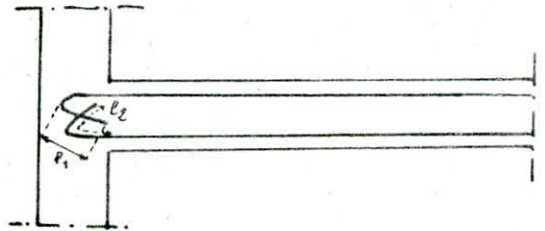
Armatures inférieures $A_{\bar{a}} \geq T + \frac{M}{\delta}$ $\left\{ \begin{array}{l} \lambda: \text{section minimale d'armatures} \\ \text{inf conduite jusqu'à l'appui} \\ T + \frac{M}{\delta}: \text{effet de traction dans ces} \\ \text{armatures} \end{array} \right.$

⑤ Ancrage: (R.P.A 81 p. 62)

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

$$l_1 \geq 20\phi$$

$$l_2 \geq \max(30\phi, 50\text{cm})$$



⑥ Pourcentage des aciers longitudinaux:

Sur toute la longueur de la poutre (dans chaque section)

$$A^{min} = 0,3\% b \cdot h$$

$$A^{max} = 2,5\% b \cdot h$$

poutres long. et transvers.

A) CALCUL DES POUTRES DU PORTIQUE B-B:

Etant donné que les poutres longitudinales ne sont pas porteuses de charge verticales, elles ne sont sollicitées principalement que par les charges horizontales, alors elles doivent avoir des armatures symétriques. Les moments en travée sont très faibles par rapport aux moments sur appuis, donc on calculera les armatures sur appuis avec le moment max en valeur absolue et on adoptera en travée une section au moins égale à la moitié des armatures sur appuis.

PRESENTATION DES MOMENTS

Niv 10	SP ₁	-0,462		-0,490		-4,198		-1,199	-0,086	-0,566		-0,046		-0,462			
			0,087		3,709		0,730				0,516		0,584				
Niv 9	SP ₂	-3,008	-0,316	-5,578		-5,686		-3,462	-0,086	-3,209		-2,841		-3,008			
			2,813	0,387	1,284		3,662		0,811	1,027		2,376	2,579	0,655	7,729	1,024	2,813
Niv 8	SP ₁	-0,585		-1,935		-1,935		-0,581		-0,581		-0,036		-0,525			
			0,463		1,769		0,439		0,106		0,536		0,560				
Niv 7	SP ₂	-6,334	-0,046	-6,078		-6,078		-0,085	-7,228	-7,228		-5,717	-0,038	-6,334			
			5,463	0,730	4,646		1,686		6,646	0,727		6,696	0,097	6,696	0,754	4,661	0,898
Niv 6	SP ₁	-0,917		-3,357		-3,357		-1,009		-1,009		-1,101		-0,917			
			0,680		2,704		0,637		0,131		0,817		0,861				
Niv 5	SP ₂	-11,263		-10,868		-10,868		-0,053	-13,144	-13,144		-9,785		-11,263			
			9,649	1,143	8,270		2,662		8,270	1,125		12,177	0,123	12,177	0,925	7,793	1,704
Niv 4	SP ₁	-0,917		-3,357		-3,357		-1,009		-1,009		-1,101		-0,917			
			0,680		2,704		0,637		0,131		0,817		0,861				
Niv 3	SP ₂	-15,135	0,924	-14,077		-14,075		-0,536	-16,507	-16,507		-0,123	-13,165	-0,049	-15,135		
			13,521	3,475	14,477		2,662		14,477	1,608		15,540	0,127	15,540	0,579	11,228	1,924
Niv 2	SP ₁	-0,511		-1,897		-1,897		-0,563		-0,563		-0,673		-0,511			
			0,472		1,676		0,450		0,209		0,495		0,541				
Niv 1	SP ₂	-15,482		-16,250		-16,250		-1,388	-18,649	-18,649		-2,611		-15,482			
			14,634	0,762	14,964		1,596		14,964	2,054		18,144	1,592	18,144	0,586	14,048	0,780
Niv 1	SP ₁	-0,511		-1,914		-1,914		-0,563		-0,563		-0,673		-0,511			
			0,485		1,661		0,463		0,114		0,492		0,541				
Niv 1	SP ₂	-18,649		-18,969		-18,969		-1,726	-21,727	-21,727		-2,45	-25,802	-0,149	-18,649		
			17,801	0,507	17,735		1,581		17,735	2,416		21,222	2,159	25,353	0,896	17,473	0,650
Niv 0	SP ₁	-0,511		-1,914		-1,914		-0,563		-0,563		-0,673		-0,511			
			0,485		1,661		0,463		0,114		0,492		0,541				
Niv 0	SP ₂	-20,998	-0,098	-21,939		-21,939		-2,188	-24,796	-24,796		-1,509	-27,879	-0,451	-20,998		
			20,150	0,817	20,706		1,581		20,706	2,018		24,796	1,663	27,430	1,199	19,444	0,829
Niv -1	SP ₁	-0,493		-1,868		-1,868		-0,543		-0,543		-0,592		-0,493			
			0,481		1,586		0,460		0,110		0,456		0,524				
Niv -1	SP ₂	-22,300		-22,358		-22,358		-1,408	-27,879	-27,879		-3,226	-33,927		-22,300		
			21,482	0,524	21,212		1,509		21,212	2,280		26,794	3,450	33,522	0,514	21,917	0,740
Niv -2	SP ₁	-0,493		-1,868		-1,868		-0,543		-0,543		-0,592		-0,493			
			0,489		1,578		0,468		0,113		0,454		0,524				
Niv -2	SP ₂	-24,816	-0,093	-25,728		-25,728		-2,577	-29,386	-29,386		-3,7	-37,005		-24,816		
			23,979	0,833	24,612		1,501		24,612	3,280		28,301	3,942	37,005	0,599	24,370	0,767
Niv -3	SP ₁	-0,508		-1,975		-1,975		-0,570		-0,560		-0,638		-0,508			
			0,551		1,778		0,525		1,28		0,512		0,590				
Niv -3	SP ₂	-22,878	-0,077	-24,816		-24,816		-3,136	-26,799	-26,799		-5,6	-37,578	-0,224	-22,878		
			22,040	1,390	23,645		1,668		23,645	3,884		25,786	5,786	37,578	0,961	23,544	1,379

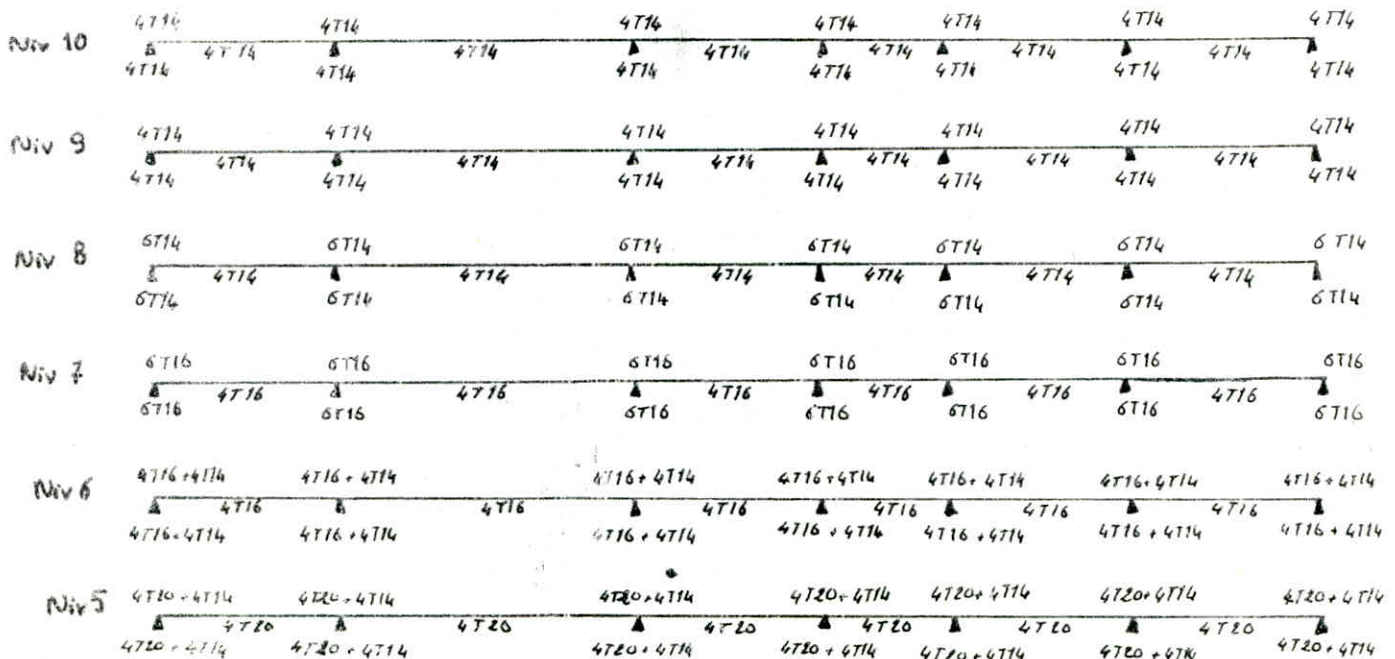
Moments de calcul sur appuis : on prendra le max en valeur absolue des moments supérieurs et des moments inférieurs (sur appuis)

CALCULS DES ARMATURES EN APPUIS:

Niv	Sect	Solli	M (t.m)	μ	E	K	σ_b	A_{cal}	$A_{adoplé}$	ϕ
10	1	SP2	3,608	0,0172	0,9421	71,4	58,83	2,82	6,15	4T14
	2	SP1	4,090	0,0293	0,9259	52,5	53,33	3,15	6,15	4T14
	3	SP1	4,198	0,0299	0,9254	52,0	53,85	3,24	6,15	4T14
	4	SP2	3,462	0,0165	0,9432	73,1	57,46	2,75	6,15	4T14
	5	SP2	3,209	0,0153	0,9452	76,3	55,05	2,62	6,15	4T14
	6	SP2	2,841	0,0135	0,9482	81,6	51,47	2,43	6,15	4T14
	7	SP2	3,608	0,0172	0,9421	71,4	58,83	2,82	6,15	4T14
9	1	SP2	6,334	0,0302	0,9250	57,7	81,24	2,26	6,15	4T14
	2	SP2	6,078	0,0289	0,9265	53,0	79,25	3,12	6,15	4T14
	3	SP2	6,078	0,0289	0,9265	53,0	79,25	3,12	6,15	4T14
	4	SP2	7,228	0,0344	0,9205	47,9	87,69	3,74	6,15	4T14
	5	SP2	7,228	0,0344	0,9205	47,9	87,69	3,74	6,15	4T14
	6	SP2	5,717	0,0272	0,9285	54,9	76,51	2,93	6,15	4T14
	7	SP2	6,334	0,0302	0,9250	57,7	81,24	3,26	6,15	4T14
8	1	SP2	11,263	0,0536	0,9033	36,7	114,5	5,94	9,23	6T14
	2	SP2	10,868	0,0518	0,9048	37,5	112,1	5,72	9,23	6T14
	3	SP2	10,868	0,0518	0,9048	37,5	112,1	5,72	9,23	6T14
	4	SP2	13,144	0,0626	0,8965	33,3	126,1	6,98	9,23	6T14
	5	SP2	13,144	0,0626	0,8965	33,3	126,1	6,98	9,23	6T14
	6	SP2	9,730	0,0463	0,9093	40,1	104,7	5,70	9,23	6T14
	7	SP2	11,263	0,0536	0,9033	36,7	114,5	5,94	9,23	6T14
7	1	SP2	15,135	0,0721	0,8901	30,5	137,72	8,10	12,06	6T16
	2	SP2	14,075	0,0670	0,8936	32,0	131,3	7,50	12,06	6T16
	3	SP2	14,075	0,0670	0,8936	32,0	131,3	7,50	12,06	6T16
	4	SP2	16,507	0,0786	0,8861	28,9	145,3	8,87	12,06	6T16
	5	SP2	16,507	0,0786	0,8861	28,9	145,3	8,87	12,06	6T16
	6	SP2	13,165	0,0627	0,8965	33,3	126,1	6,99	12,06	6T16
	7	SP2	15,135	0,0721	0,8901	30,5	137,72	8,10	12,06	6T16
6	1	SP2	15,482	0,0737	0,8891	30,1	139,55	8,29	14,19	4T16 + 4T14
	2	SP2	16,250	0,0774	0,8869	29,2	143,85	8,73	14,19	4T16 + 4T14
	3	SP2	16,250	0,0774	0,8869	29,2	143,85	8,73	14,19	4T16 + 4T14
	4	SP2	18,649	0,0880	0,8801	24,7	157,32	10,09	14,19	4T16 + 4T14
	5	SP2	21,611	0,1029	0,8728	24,3	172,86	11,79	14,19	4T16 + 4T14
	6	SP2	15,053	0,0717	0,8903	30,6	137,27	8,05	14,19	4T16 + 4T14
	7	SP2	15,482	0,0737	0,8891	30,1	139,55	8,29	14,19	4T16 + 4T14
5	1	SP2	18,649	0,0988	0,8801	24,7	157,32	10,09	18,71	4T20 + 4T14
	2	SP2	18,969	0,0903	0,8792	24,4	159,11	10,27	18,71	4T20 + 4T14
	3	SP2	18,969	0,0903	0,8792	24,4	159,11	10,27	18,71	4T20 + 4T14
	4	SP2	21,727	0,1035	0,8724	24,2	173,57	11,86	18,71	4T20 + 4T14
	5	SP2	25,802	0,1229	0,8634	21,6	194,47	14,23	18,71	4T20 + 4T14
	6	SP2	18,479	0,0880	0,8807	26,9	156,15	9,99	18,71	4T20 + 4T14
	7	SP2	18,649	0,0888	0,8801	26,7	157,72	10,09	18,71	4T20 + 4T14

Niv	Section	Solli	M (t/m)	u	E	K	q ₀	A calculé	A adopté	Φ
4	1	SP2	20,998	0,0999	0,8743	24,8	169,37	11,43	18,71	4T20 + 4T14
	2	SP2	21,939	0,1044	0,8721	24,1	174,29	11,98	18,71	4T20 + 4T14
	3	SP2	21,939	0,1044	0,8721	24,1	174,29	11,98	18,71	4T20 + 4T14
	4	SP2	24,796	0,1181	0,8656	22,2	189,21	13,64	18,71	4T20 + 4T14
	5	SP2	27,879	0,1228	0,8591	20,5	205,0	15,45	18,71	4T20 + 4T14
	6	SP2	20,470	0,0975	0,8756	25,2	166,69	11,13	18,71	4T20 + 4T14
	7	SP2	20,998	0,0999	0,8743	24,8	169,37	11,43	18,71	4T20 + 4T14
3	1	SP2	22,300	0,1062	0,8711	23,8	176,49	12,19	25,13	8T20
	2	SP2	22,358	0,1065	0,8711	23,8	176,49	12,22	25,13	8T20
	3	SP2	22,358	0,1065	0,8711	23,8	176,49	12,22	25,13	8T20
	4	SP2	27,279	0,1299	0,8603	20,8	201,95	15,10	25,13	8T20
	5	SP2	33,927	0,1616	0,8480	17,9	205,5	19,06	25,13	8T20
	6	SP2	22,875	0,1089	0,8698	23,4	179,51	14,05	25,13	8T20
	7	SP2	22,300	0,1062	0,8711	23,8	176,49	12,19	25,13	8T20
2	1	SP2	24,816	0,1182	0,8656	22,2	189,21	13,65	25,13	8T20
	2	SP2	25,728	0,1225	0,8634	21,6	194,47	14,19	25,13	8T20
	3	SP2	25,728	0,1225	0,8634	21,6	194,47	14,19	25,13	8T20
	4	SP2	29,386	0,1399	0,8563	19,8	205,5	16,34	25,13	8T20
	5	SP2	37,005	0,1762	0,8432	16,9	205,5	20,90	25,13	8T20
	6	SP2	25,328	0,1206	0,8645	21,9	191,81	13,95	25,13	8T20
	7	SP2	24,816	0,1182	0,8656	22,2	189,21	13,65	25,13	8T20
1	1	SP2	22,858	0,1088	0,8698	23,4	179,51	14,51	25,13	8T20
	2	SP2	24,816	0,1182	0,8656	22,2	189,21	13,65	25,13	8T20
	3	SP2	24,816	0,1182	0,8656	22,2	189,21	13,65	25,13	8T20
	4	SP2	26,299	0,1252	0,8622	21,3	197,21	14,52	25,13	8T20
	5	SP2	37,518	0,1789	0,8423	16,7	205	21,25	25,13	8T20
	6	SP2	24,532	0,1168	0,8659	24,3	188,36	13,49	25,13	8T20
	7	SP2	22,858	0,1088	0,8698	23,4	179,51	14,51	25,13	8T20

Donc les sections d'acier adoptées seront:



Niv 4	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14	4T20+4T14
Niv 3	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20
Niv 2	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20
Niv 1	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20	8T20

Verifications diverses:

① La Flèche:

$$a) h_e = 60 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{540}{16} = 33,75 \text{ cm}$$

$$b) h_e = 60 \text{ cm} > \frac{l}{10} \cdot \frac{M_e^{max}}{M_0} = \frac{540}{10} \cdot \frac{3,709}{(7,414 + 12,9337)} = 26 \text{ cm}$$

$$c) A_{max} = 12,56 \text{ cm}^2 < b \cdot h \cdot \frac{43}{\sigma_{en}} = 30 \cdot 50 \cdot \frac{43}{4200} = 15,36 \text{ cm}^2$$

Les 3 conditions sont vérifiées donc il sera inutile de justifier la flèche

② Condition de non fragilité:

$$A_{min} \geq b \cdot h \cdot 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\sigma_{en}} = 30 \cdot 50 \cdot 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,45 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 6,15 \text{ cm}^2 > 1,45 \text{ cm}^2$$

③ Fissuration:

$$\text{Niv 9 et 10: } A = 6,15 \text{ cm}^2 \quad \bar{\sigma}_a = \max(\sigma_1, \sigma_2) = 3,972 \text{ kg/cm}^2 \text{ SP2}$$

$$\text{ou } 2648 \text{ kg/cm}^2 \text{ en SP1}$$

On cherche les nouvelles sections d'armatures \Rightarrow on trouve qu'elles sont toutes inférieures à la section d'acier adoptée (6,15 cm²)

$$\text{Niv 8: } \bar{\sigma}_a = \max(\sigma_1, \sigma_2) = 3,972 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sans avoir de changement d'acier)}$$

$$\text{Idem pour le niv 7: avec } \bar{\sigma}_a = 3,766 \text{ kg/cm}^2$$

Pour tous les autres niveaux c'est à dire où $A \geq 14,19 \text{ cm}^2$ on aura

$$\bar{\sigma}_a < \sigma_1 = 4203 \text{ kg/cm}^2$$

Donc la fissuration n'est pas à craindre.

④ Conditions au appuis:

$$\text{On doit avoir à chaque niveau } \bar{\sigma}_a \geq \sigma_b \Rightarrow c \geq \frac{eT}{b_0 \bar{\sigma}_a} = c_0$$

$$c = a - (d + r)$$

$$d = 10 \text{ cm}$$

$$r = 10 \text{ cm}$$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T(t)	2,541	4,087	5,799	7,624	9,214	11,047	12,293	13,276	14,656	13,927
C _{lim}	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0	48,0
C _{ann}	8,5	3,9	5,6	7,4	9,0	10,8	11,9	12,9	14,3	13,8

Accès :

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$V_{\text{lim}} + \frac{V_{\text{ann}}}{2}$	Accès
10	1	2,813	1,110	6,89	6,15
	2	4,284	3,189	1,54	"
	3	9,315	5,063	1,46	"
	4	2,234	3,323	2,12	"
	5	2,579	2,845	2,20	"
	6	1,729	2,302	1,57	"
	7	2,813	2,541	2,26	"
9	1	5,463	2,398	3,75	6,15
	2	4,646	4,308	3,76	"
	3	4,646	3,026	3,63	"
	4	6,696	5,301	5,19	"
	5	6,696	6,422	5,47	"
	6	4,661	3,818	3,54	"
	7	5,463	4,087	4,17	"
8	1	8,945	4,256	6,13	9,23
	2	7,870	6,164	6,08	"
	3	7,870	3,599	5,43	"
	4	11,017	8,917	8,60	"
	5	11,017	10,099	8,88	"
	6	7,331	5,376	5,57	"
	7	8,945	5,799	6,60	"
7	1	12,488	6,024	9,14	12,06
	2	10,755	7,933	8,63	"
	3	10,755	4,960	7,77	"
	4	14,135	11,498	11,63	"
	5	14,135	12,619	11,92	"
	6	10,420	6,794	9,13	"
	7	12,428	7,624	9,55	"
6	1	14,484	7,785	9,43	14,19
	2	14,964	9,656	10,13	"
	3	14,964	6,884	9,47	"
	4	18,444	16,076	19,32	"
	5	20,143	15,162	14,15	"
	6	14,047	9,047	9,50	"
	7	14,484	9,216	9,77	"

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{T \cdot M}{F_a}$	Accès
5	1	17,801	9,420	11,56	18,71
	2	17,135	11,286	11,97	"
	3	17,735	8,227	11,24	"
	4	21,222	19,104	15,65	"
	5	25,353	20,187	18,07	"
	6	17,461	10,773	11,70	"
	7	17,801	11,047	11,95	"
4	1	20,150	10,897	13,14	18,71
	2	20,706	12,764	13,87	"
	3	20,706	9,620	13,13	"
	4	24,291	21,248	16,77	"
	5	27,430	22,331	18,67	"
	6	19,464	11,711	12,97	"
	7	20,150	12,253	13,46	"
3	1	21,482	11,398	13,95	25,13
	2	21,212	13,230	14,83	"
	3	21,212	11,571	13,85	"
	4	26,794	24,824	19,93	"
	5	33,522	25,873	23,70	"
	6	21,917	13,470	14,70	"
	7	21,482	13,276	14,40	"
2	1	23,999	13,033	15,66	25,13
	2	24,612	14,862	16,42	"
	3	24,612	11,571	15,63	"
	4	28,901	26,984	21,55	"
	5	36,611	28,031	25,03	"
	6	24,370	14,721	16,26	"
	7	23,999	14,656	16,06	"
1	1	22,040	12,228	14,44	25,13
	2	23,645	14,121	15,73	"
	3	23,645	10,723	14,92	"
	4	25,782	25,916	19,56	"
	5	34,164	26,093	25,07	"
	6	23,644	14,650	15,81	"
	7	22,040	13,927	14,85	"

⑤ Vérification des contraintes :

Niv 10 et 9 : $\bar{\sigma}_a = 3932 \text{ kg/cm}^2$ (SP2) et 2648 kg/cm^2 (SP1)

Niv 8 : $\bar{\sigma}_a = 3932 \text{ kg/cm}^2$ (SP2)

Niv 7 : $\bar{\sigma}_a = 3766$ " " (SP2)

Les autres niv : $\bar{\sigma}_a = 4800 \text{ kg/cm}^2$ (SP2)

$\bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$ (SP1)

$\bar{\sigma}_b = 205,5$ " (SP2)

Niv	sect	solli	M (t.m)	A (cm ²)	W	E	K	σ _a	σ _b
10	1	SP2	3,608	0.15	0.4100	0.9018	35.9	1304.2	36.2
	2	SP1	4,090					1475.0	41.0
	3	SP1	4,198					1513.9	42.1
	4	SP2	3,468					12485	34.7
	5	SP2	3,209					11573	32.2
	6	SP2	2,841					1024.6	28.5
	7	SP2	3,608					1301.2	36.2
9	1	SP2	6,334	0.15	0.4100	0.9018	35.9	2284.2	63.6
	2	"	6,078					2191.9	61.1
	3	"	6,078					2191.9	61.1
	4	"	7,228					2606.6	72.6
	5	"	7,228					2606.6	72.6
	6	"	5,717					2061.7	57.4
	7	"	6,334					2284.2	63.6
8	1	SP2	11,263	9.23	0.8753	0.8843	28.2	2753.8	97.9
	2	"	10,868					2663.0	94.4
	3	"	10,868					2663.0	94.4
	4	"	13,144					3220.7	114.2
	5	"	13,144					3220.7	114.2
	6	"	9,730					2384.2	84.5
	7	"	11,263					2753.8	97.9
7	1	SP2	15,135	12.06	0.8040	0.8718	24.0	2879.0	120.0
	2	"	14,075					2677.4	111.6
	3	"	14,075					2677.4	111.6
	4	"	16,507					3140.0	130.8
	5	"	16,507					3140.0	130.8
	6	"	13,165					2504.3	104.3
	7	"	15,135					2879.0	120.0
6	1	SP2	15,482	14.19	0.9400	0.8635	21.6	2527.0	116.9
	2	"	16,250					2652.4	122.8
	3	"	16,250					2652.4	122.8
	4	"	18,649					3043.9	140.9
	5	"	24,611					3527.4	163.3
	6	"	15,053					2457.0	113.7
	7	"	15,482					2527.0	116.9

Niv	sect	solli	M (t.m)	A (cm ²)	W	E	K	σ _a	σ _b
5	1	SP2	18,649	18.71	1.2473	0.8180	17.9	2359.8	131.3
	2	"	18,969					2391.1	133.5
	3	"	18,969					2391.1	133.5
	4	"	21,727					2738.8	153.0
	5	"	25,802					3252.5	181.7
	6	"	18,479					2329.4	130.1
	7	"	18,649					2305.8	131.3
4	1	SP2	20,998	18.71	1.2473	0.8480	17.9	2644.9	147.8
	2	"	21,939					2765.5	154.5
	3	"	21,939					2765.5	154.5
	4	"	24,796					3185.6	174.6
	5	"	27,819					3506.7	195.9
	6	"	20,470					2580.3	144.1
	7	"	20,998					2646.9	147.8
3	1	SP2	22,300	25.13	1.6753	0.8333	15.0	2129.8	141.9
	2	"	22,358					2135.4	142.4
	3	"	22,358					2135.4	142.4
	4	"	27,279					2605.3	173.69
	5	"	33,927					3249.3	205.5
	6	"	22,875					2184.7	145.6
	7	"	22,300					2129.8	141.9
2	1	SP2	24,816	25.13	1.6753	0.8333	15.0	2370.1	158.0
	2	"	25,728					2457.2	163.8
	3	"	25,728					2457.2	163.8
	4	"	29,386					2800.6	187.1
	5	"	37,005					3534.2	205.5
	6	"	25,328					2419.0	161.2
	7	"	24,816					2370.1	158.0
1	1	SP2	22,858	25.13	1.6753	0.8333	15.0	2183.1	145.5
	2	"	24,816					2370.1	158.0
	3	"	24,816					2370.1	158.0
	4	"	24,299					2511.7	167.5
	5	"	37,578					3589.0	205.5
	6	"	24,532					2343.0	150.2
	7	"	22,858					2183.1	145.5

Armatures transversales :

Niv	T ^{max} (t)	σ _b ⁱ (kg/cm ²)	σ _b ^{max} (kg/cm ²)	σ _b (kg/cm ²)	σ _{at} (kg/cm ²)	A _t (cm ²)	t (cm) calculée	t adoptée (cm)	
								z. N (cm)	z. C (cm)
10	5,063	15,9	3,85	30,97	2800	3,02	73,07	12	20
9	6,422	83,8	4,89	30,97	2800	3,02	57,61	12	20
8	10,099	112,9	7,69	30,10	2800	3,02	36,63	12	20
7	12,619	131,7	9,61	28,50	2800	3,02	29,32	12	20
6	17,162	170,8	13,08	25,11	2800	3,02	21,56	12	20
5	20,187	191,8	15,38	23,31	2800	3,02	18,33	12	20
4	22,331	202,9	17,01	22,35	2800	3,02	16,57	12	20
3	25,873	205,5	19,71	22,13	2800	3,02	14,30	12	20
2	28,031	205,5	21,36	22,13	2800	3,02	13,20	12	20
1	26,093	205,5	19,88	22,13	2800	3,02	14,18	12	20

$$\bar{\sigma}_b = 68,5 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{sur SP2} \quad \bar{\sigma}_b = 1,5 \times 68,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$2\bar{\sigma}_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 15 \cdot 5,9 = 8,85 \text{ kg/cm}^2$$

On prendra partout : (1 cadre + 2 étruses) en φ8 : A_t = 3,02 cm²

$$\bar{e} \leq \min \left(\frac{h}{4} ; 12\phi ; 30 \text{ cm} \right) = \min (12,5 ; 16,8 ; 30) = 12,5 \text{ cm (zone nodale)}$$

$$\bar{e} \leq \frac{h}{2} = 25 \text{ cm (zone courante)}$$

$$\bar{e} = 12,5 \text{ cm (zone nodale)} \quad \text{et} \quad \bar{e} = 25 \text{ cm (zone courante)}$$

$$A_t^{\min} = 0,003 t \cdot b = 0,003 \cdot 12 \cdot 30 = 1,08 \text{ cm}^2 \text{ (zone nodale)}$$

$$A_t^{\min} = 0,003 \cdot 20 \cdot 30 = 1,80 \text{ cm}^2 \text{ (zone courante)}$$

B/ Calcul des poutres du portique C-C.

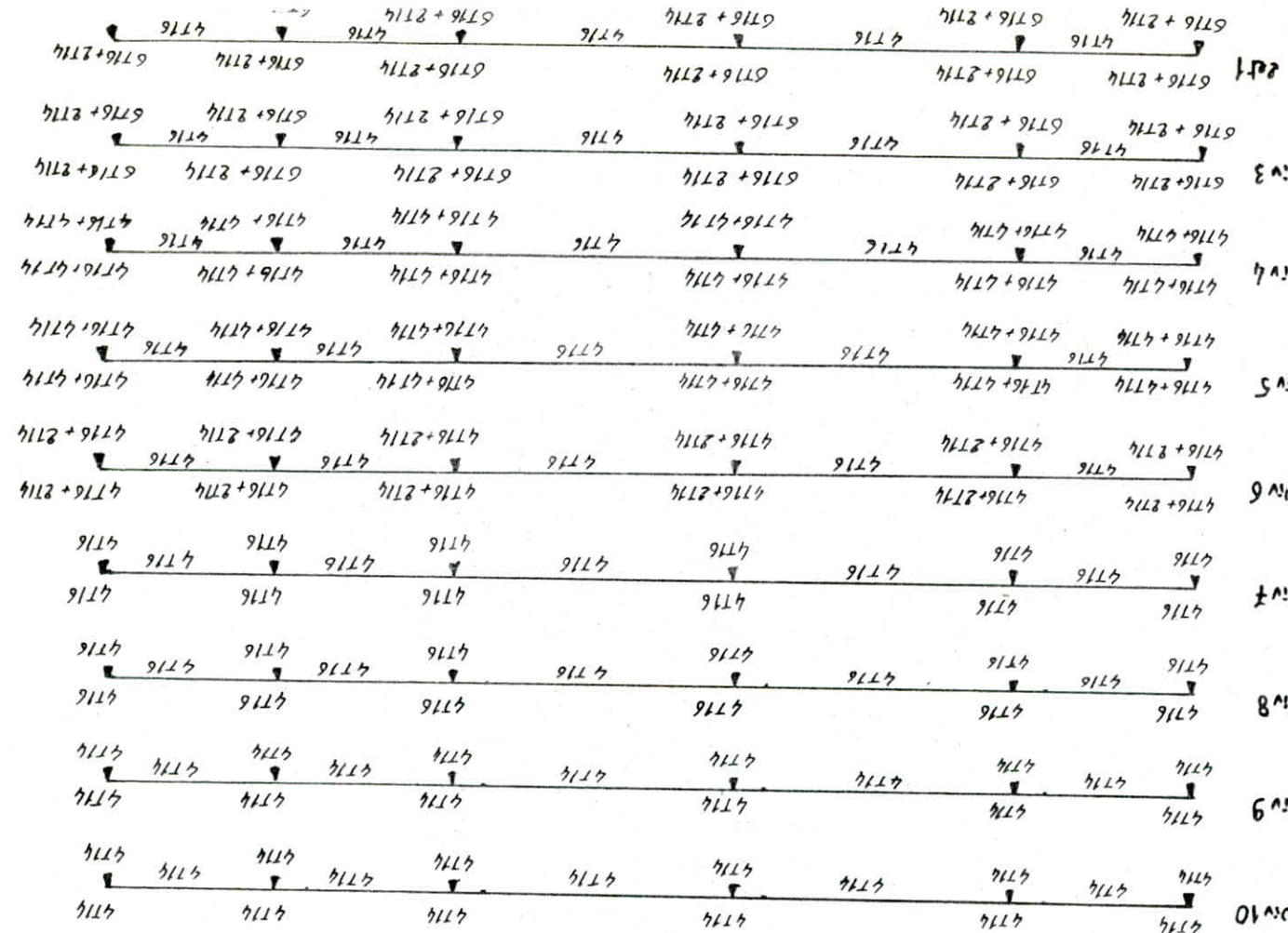
On aura les mêmes étapes de calculs que pour le portique B-B:

• $h_1 = 60 \text{ cm}$; $h_2 = 50 \text{ cm}$

Niv	Sech	selli	M(t-m)	μ	E	K	σ_b	Acalculée	Adoptée	ϕ
10	1	SPE	3,599	0,0171	0,9422	71,5	58,7	1,82	6,15	4T14
	2	"	3,494	0,0166	0,9430	72,7	57,8	1,76	6,15	4T14
	3	"	3,758	0,0179	0,9410	69,8	60,2	1,90	6,15	4T14
	5	"	3,494	0,0166	0,9430	72,7	57,8	1,76	6,15	4T14
	6	"	2,830	0,0135	0,9483	81,8	51,3	1,42	6,15	4T14
	7	"	3,599	0,0171	0,9422	71,5	58,7	1,82	6,15	4T14
	9	1	SPE	6,724	0,0320	0,9231	50,0	84,0	3,47	6,15
2		"	6,719	0,0320	0,9231	50,0	84,0	3,47	6,15	4T14
3		"	6,999	0,0333	0,9216	48,8	86,1	3,62	6,15	4T14
5		"	6,719	0,0320	0,9231	50,0	84,0	3,47	6,15	4T14
6		"	6,190	0,0295	0,9258	52,4	80,2	3,18	6,15	4T14
7		"	6,724	0,0320	0,9231	50,0	84,0	3,47	6,15	4T14
8		1	SPE	10,219	0,0481	0,9072	38,9	108,0	5,36	8,04
	2	"	9,920	0,0472	0,9084	39,6	106,1	5,20	8,04	4T16
	3	"	8,921	0,0425	0,9126	42,2	99,5	4,66	8,04	4T16
	5	"	9,920	0,0472	0,9084	39,6	106,1	5,20	8,04	4T16
	6	"	8,859	0,0422	0,9129	42,4	99,1	4,62	8,04	4T16
	7	"	10,219	0,0481	0,9072	38,9	108,0	5,36	8,04	4T16
	7	1	SPE	10,122	0,0482	0,9076	39,1	107,4	5,31	8,04
2		"	9,791	0,0466	0,9089	39,9	105,3	5,13	8,04	4T16
3		"	8,677	0,0413	0,9136	42,9	97,9	4,52	8,04	4T16
5		"	9,791	0,0466	0,9089	39,9	105,3	5,13	8,04	4T16
6		"	9,113	0,0434	0,9118	41,7	100,7	4,76	8,04	4T16
7		"	10,122	0,0482	0,9076	39,1	107,4	5,31	8,04	4T16
6		1	SPE	13,407	0,0638	0,8956	32,9	127,7	7,13	11,12
	2	"	13,288	0,0633	0,8960	33,1	126,9	7,06	11,12	4T16 + 2T14
	3	"	10,952	0,0522	0,9044	37,3	112,6	5,77	11,12	4T16 + 2T14
	5	"	13,288	0,0633	0,8960	33,1	126,9	7,06	11,12	4T16 + 2T14
	6	"	11,987	0,0571	0,9006	35,3	119,0	6,34	11,12	4T16 + 2T14
	7	"	13,407	0,0638	0,8956	32,9	127,7	7,13	11,12	4T16 + 2T14
	5	1	SPE	19,061	0,0908	0,8792	26,4	159,1	10,32	14,19
2		"	18,056	0,0860	0,8818	27,3	153,9	9,75	14,19	4T16 + 4T14
3		"	14,033	0,0668	0,8936	32,0	131,3	7,48	14,19	4T16 + 4T14
5		"	18,056	0,0860	0,8818	27,3	153,9	9,75	14,19	4T16 + 4T14
6		"	15,892	0,0747	0,8884	29,8	141,0	8,41	14,19	4T16 + 4T14
7		"	19,061	0,0908	0,8792	26,4	159,1	10,32	14,19	4T16 + 4T14
4		1	SPE	21,410	0,1020	0,8731	24,4	172,2	11,68	14,19
	2	"	19,192	0,0914	0,8786	26,2	160,3	10,60	14,19	4T16 + 4T14
	3	"	14,886	0,0709	0,8911	30,9	135,9	7,96	14,19	4T16 + 4T14
	5	"	18,857	0,0898	0,8795	26,5	158,5	10,21	14,19	4T16 + 4T14
	6	"	18,592	0,0885	0,8804	26,8	156,7	10,06	14,19	4T16 + 4T14
	7	"	21,410	0,1020	0,8731	24,4	172,2	11,68	14,19	4T16 + 4T14

Des les sections de bois adoptées pour le portique C-C :

Niv	Secl Soil	M (t.m)	M	E	K	P	A caluite	Adoptee	φ
1	SP2	22.734	0.1083	0.8701	23.5	178.7	12.44	15.14	6716+2714
2	"	21.965	0.1046	0.8718	24.0	175.0	12.00	15.14	6716+2714
3	"	16.660	0.0793	0.8856	28.7	144.4	8.96	15.14	6716+2714
5	"	21.965	0.1046	0.8718	24.0	175.0	12.00	15.14	6716+2714
6	"	20.378	0.0970	0.8756	25.2	166.7	11.08	15.14	6716+2714
7	"	22.734	0.1083	0.8701	23.5	178.7	12.44	15.14	6716+2714
1	SP2	24.961	0.1189	0.8652	22.1	190.1	13.74	15.14	6716+2714
2	"	23.188	0.1104	0.8691	23.2	181.1	12.70	15.14	6716+2714
3	"	17.443	0.0831	0.8834	24.9	150.6	9.40	15.14	6716+2714
5	"	23.188	0.1104	0.8691	23.2	181.1	12.70	15.14	6716+2714
6	"	22.607	0.1074	0.8705	23.6	178.0	12.37	15.14	6716+2714
7	"	24.961	0.1189	0.8652	22.1	190.1	13.74	15.14	6716+2714
1	SP2	23.565	0.1122	0.8681	22.9	183.4	12.93	15.14	6716+2714
2	"	22.838	0.1088	0.8698	23.4	179.5	12.50	15.14	6716+2714
3	"	16.887	0.0804	0.8851	28.5	147.4	9.09	15.14	6716+2714
5	"	22.838	0.1088	0.8698	23.4	179.5	12.50	15.14	6716+2714
6	"	19.300	0.0919	0.8783	26.1	160.9	10.46	15.14	6716+2714
7	"	23.565	0.1122	0.8681	22.9	183.4	12.93	15.14	6716+2714



Verifications diverses : (pour le portique C-C)

① La Flèche:

a) $h_e = 60 \text{ cm} > \frac{l}{10} = \frac{540}{10} = 33,75 \text{ cm}$

b) $h_e = 60 \text{ cm} > \frac{l}{10} \cdot \frac{M_{e, \text{max}}}{M_0} = \frac{540}{10} \cdot \frac{2,608}{(5,492 + 1,2 \cdot 0,207)} = 23,8 \text{ cm}$

c) $A \leq b \cdot h \cdot \frac{f_c}{\sigma_{en}} = 30 \cdot 50 \cdot \frac{43}{4200} = 15,36 \text{ cm}^2$

$A_{\text{mar}} = 8,04 \text{ cm}^2 < 15,36 \text{ cm}^2$

Ces 3 conditions étant vérifiées → inutile de justifier la flèche.

② Condition de non fragilité:

$A_{\text{min}} \geq b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} = 30 \cdot 50 \cdot \frac{5,9}{4200} = 2,10 \text{ cm}^2$

$A_{\text{min}} = 6,15 \text{ cm}^2 > 2,10 \text{ cm}^2$

③ Fissuration:

Niv 10 et 9: $\bar{\sigma}_a = 3620 \text{ kg/cm}^2 (= \sigma_1)$

Niv 8,7 et 6: $\bar{\sigma}_a = 3387 \text{ kg/cm}^2 (= \sigma_2)$

Les autres niv: $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$

ainsi dans tous les cas on aura $\bar{\sigma}_a \leq \max(\sigma_1, \sigma_2)$.

④ Vérification aux appuis:

On doit vérifier à chaque niveau qu'on a $\sigma'_a \leq \bar{\sigma}'_a$.

c'est à dire : $c \geq \frac{eT}{b \cdot \bar{\sigma}'_a} = c_0$ $c = a - (d + r)$ $d = 10 \text{ cm}$
 $r = 10 \phi_{\text{max}}$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T(t)	2,522	4,889	8,605	6,646	8,353	11,354	12,415	13,460	14,516	13,912
$c_{0, \text{cm}}$	2,5	4,8	8,4	6,5	8,1	11,1	12,1	13,1	14,1	13,5
c_{cm}	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4	48,4

Acier: armatures inférieures ; on doit vérifier qu'on a : $A_{\text{adoptée}} \geq \frac{T + M/e}{\bar{\sigma}_a}$

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\sigma_{sc}}$	A_{ado}
10	1	2,807	2,466	2,45	6,15
	2	1,773	2,903	1,92	"
	3	0,165	2,580	0,82	"
	5	1,773	2,565	2,83	"
	6	1,721	2,277	1,72	"
	7	2,807	2,522	2,47	"

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{\sigma_{sc}}$	A_{ado}
9	1	5,126	4,765	4,55	6,15
	2	4,091	5,249	4,03	"
	3	9,725	6,634	2,74	"
	5	4,091	4,968	3,95	"
	6	4,253	5,048	4,08	"
	7	5,126	4,889	4,59	"

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{I}{E_a} + \frac{M}{E_a}$	And
8	1	8,605	6,638	7,77	8,04
	2	7,322	7,101	7,04	8,04
	3	2,647	5,274	3,34	8,04
	5	7,322	6,596	6,89	8,04
	6	6,922	6,754	6,67	8,04
	7	8,605	6,602	7,76	8,04
	7	1	8,508	6,575	7,68
2		7,193	7,038	6,93	"
3		2,403	5,220	3,76	"
5		7,193	6,631	6,81	"
6		7,176	6,798	6,85	"
7		8,508	6,646	7,70	"
6		1	11,793	8,459	14,45
	2	10,690	8,922	9,85	"
	3	4,678	5,949	4,91	"
	5	14,690	8,401	9,69	"
	6	10,051	8,509	9,30	"
	7	11,793	8,353	10,42	"
	5	1	17,447	11,354	11,83
2		15,458	11,817	10,90	"
3		7,759	6,939	5,71	"
5		15,458	10,755	10,05	"
6		13,755	11,108	9,84	"
7		17,447	10,956	11,74	"

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{I}{E_a} + \frac{M}{E_a}$	And
4	1	19,797	12,322	13,29	14,19
	2	16,594	12,785	11,73	"
	3	8,612	7,195	6,22	"
	5	16,594	11,876	11,51	"
	6	16,655	12,566	11,71	"
	7	19,797	12,415	13,32	"
	3	1	21,121	13,466	14,26
2		19,367	13,923	13,65	"
3		10,386	7,768	7,28	"
5		19,367	13,142	13,26	"
6		18,441	13,436	12,85	"
7		21,121	13,278	14,21	"
2		1	23,347	14,418	15,65
	2	20,590	14,881	14,32	"
	3	11,168	8,021	7,75	"
	5	20,590	14,101	14,73	"
	6	20,670	14,668	14,37	"
	7	23,347	14,516	15,67	"
	1	1	21,983	13,912	14,82
2		20,134	14,444	13,97	"
3		10,559	7,937	7,42	"
5		20,134	13,113	13,66	"
6		17,346	13,401	12,27	"
7		21,983	13,226	14,68	"

Armatures transversales: (Portique C-C)

Niv	T ^{max} (t)	σ_b kg/cm ²	σ_b^{max} kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_{at}$ kg/cm ²	A _b (cm ²)	t _{cal} (cm)	t _{adap} Z-N	t _{adap} Z-C
10	2,903	39,7	2,21	30,97	2800	3,02	12,44	12	20
9	5,249	63,2	4,03	30,97	2800	3,02	70,48	12	20
8	7,101	88,4	5,41	30,97	2800	3,02	52,10	12	20
7	7,088	87,5	5,40	30,97	2800	3,02	52,19	12	20
6	8,922	110,8	6,80	30,28	2800	3,02	41,46	12	20
5	11,817	139,5	9,00	27,81	2800	3,02	31,31	12	20
4	12,785	145,8	9,74	27,26	2800	3,02	28,94	12	20
3	13,923	160,9	10,61	25,97	2800	3,02	26,57	12	20
2	14,881	167,3	11,34	25,42	2800	3,02	24,86	12	20
1	14,444	165,4	11,00	25,58	2800	3,02	25,61	12	20

$$\bar{\sigma}'_b = 102,75 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_b = (1,5 \cdot 5,9) \text{ kg/cm}^2.$$

$$A_t = 3,02 \text{ cm}^2 \quad \text{1 cadre + 2 étriers en } \phi 8.$$

$$\bar{E}_n \leq \min\left(\frac{f}{4}; 12\phi; 30\text{cm}\right) = 12,5 \text{ cm.} \rightarrow \text{zone nodale}$$

$$\bar{E} \leq \frac{h}{2} = 25 \text{ cm} \rightarrow \text{zone courante.}$$

$$A_t^{\text{min}} = 0,0036 \cdot b$$

$$\left\{ \begin{array}{l} A_t^{\text{min}} = 1,08 \text{ cm}^2 \quad \text{zone nodale.} \\ A_t^{\text{min}} = 1,80 \text{ cm}^2 \quad \text{zone courante.} \end{array} \right.$$

Vérification des contraintes: (parque C-C)

$$\text{Niv } 10 \text{ et } 9: \quad \bar{\sigma}_a = 3620 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Niv } 8 \text{ et } 7 \text{ et } 6: \quad \bar{\sigma}_a = 3387 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Niv } 5, 4, 3, 2 \text{ et } 1: \quad \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2.$$

Dans chaque les vérifications sont satisfaites: ($\sigma_a < \bar{\sigma}_a$ et $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$)

→ les contraintes sont vérifiées.

Portique 3-3: armatures superieures sur appuis. ($h_t = 60 \text{ cm}$; $h = 55 \text{ cm}$)

Niv	Sect	Solli	M (t.m)	μ	ϵ	κ	σ'_c	A calculée	A adoptée	ϕ
10	A	SP2	10,944	0,0431	0,9121	44,9	100,25	5,19	8,04	4T16
10	B	SP1	10,343	0,0611	0,8975	33,8	97,00	7,48	8,04	4T16
10	C	SP2	9,754	0,0345	0,9204	47,8	87,87	4,12	8,04	4T16
9	A	SP2	11,697	0,0466	0,9094	44,2	104,49	5,57	8,04	4T16
9	B	"	15,590	0,0614	0,8975	33,8	124,24	7,52	8,04	4T16
9	C	"	15,706	0,0618	0,8977	33,6	125,01	7,58	8,04	4T16
8	A	SP2	15,396	0,0606	0,8980	34,0	123,54	7,42	10,17	4T14 + 2T16
8	B	"	18,923	0,0745	0,8886	29,90	140,48	9,22	10,17	4T14 + 2T16
8	C	"	19,429	0,0765	0,8874	29,4	142,87	9,48	10,17	4T14 + 2T16
7	A	SP2	18,811	0,0740	0,8889	30,0	140,01	9,16	12,56	4T20
7	B	"	21,819	0,0859	0,8818	27,3	153,86	10,71	12,56	4T20
7	C	"	22,844	0,0899	0,8795	26,5	158,51	11,24	12,56	4T20
6	A	SP2	21,965	0,0864	0,8815	27,2	154,43	10,79	15,64	4T20 + 2T14
6	B	"	27,001	0,1063	0,8711	23,8	176,49	13,42	15,64	4T20 + 2T14
6	C	"	25,921	0,1020	0,8731	24,4	172,15	12,85	15,64	4T20 + 2T14
5	A	SP2	24,260	0,0955	0,8785	25,5	164,72	11,98	15,64	4T20 + 2T14
5	B	"	28,813	0,1134	0,8677	22,8	184,23	14,37	15,64	4T20 + 2T14
5	C	"	28,215	0,1110	0,8688	23,1	181,84	14,06	15,64	4T20 + 2T14
4	A	SP2	28,133	0,1107	0,8691	23,2	181,06	14,01	16,58	4T20 + 2T16
4	B	"	32,655	0,1285	0,8611	21,0	200,03	16,42	16,58	4T20 + 2T16
4	C	"	32,088	0,1263	0,8619	23,2	198,14	16,12	16,58	4T20 + 2T16
3	A	SP2	28,531	0,1123	0,8681	22,9	183,43	14,23	16,58	4T20 + 2T16
3	B	SP2	32,365	0,1274	0,8615	21,1	199,08	16,26	16,58	4T20 + 2T16
3	C	"	32,409	0,1275	0,8615	21,1	199,08	16,29	16,58	4T20 + 2T16
2	A	SP2	29,931	0,1178	0,8656	22,2	189,21	14,97	18,71	4T20 + 4T14
2	B	"	33,426	0,1315	0,8595	20,6	203,91	16,83	18,71	4T20 + 4T14
2	C	"	33,514	0,1319	0,8595	20,6	203,91	16,88	18,71	4T20 + 4T14
1	A	SP2	28,118	0,1107	0,8691	23,2	181,06	14,01	18,71	4T20 + 4T14
1	B	"	28,216	0,1110	0,8688	23,1	181,84	14,06	18,71	4T20 + 4T14
1	C	"	28,118	0,1107	0,8691	23,2	181,06	14,01	18,71	4T20 + 4T14

Armatures inferieures sur appuis: ($h_t = 60 \text{ cm}$; $h = 55 \text{ cm}$)

Niv	Sect	Solli	M (t.m)	μ	ϵ	κ	σ'_c	A calculée	A adoptée	ϕ
10	A		/	/	/	/	/	/	6,15	4T14
10	B		/	/	/	/	/	/	6,15	4T14
10	C		/	/	/	/	/	/	6,15	4T14

Niv	Sect	Solli	M (t.m)	μ	ϵ	K	σ'_b	A calculé	A adap	ϕ
9	A	SP2	3,873	0,0145	0,9466	78,7	52,37	1,68	6,15	4T14
9	B	"	2,310	0,0091	0,9571	101,5	41,34	1,04	6,15	4T14
9	C	"	1,250	0,0049	0,9680	141,4	26,68	0,56	6,15	4T14
8	A	SP2	7,324	0,0288	0,9266	53,1	79,10	3,42	6,15	4T14
8	B	"	5,635	0,0222	0,9349	61,7	67,96	2,61	6,15	4T14
8	C	"	4,887	0,0192	0,9390	66,9	62,69	2,25	6,15	4T14
7	A	SP2	10,739	0,0423	0,9129	42,4	99,06	5,09	9,23	6T14
7	B	"	8,531	0,0336	0,9214	48,6	86,43	4,01	9,23	6T14
7	C	"	8,302	0,0316	0,9234	50,3	83,50	3,77	9,23	6T14
6	A	SP2	14,050	0,0553	0,9020	34,0	116,68	6,74	10,17	4T14+2T16
6	B	"	13,918	0,0548	0,9023	36,2	116,03	6,68	10,17	4T14+2T16
6	C	"	11,660	0,0459	0,9096	40,3	104,23	5,55	10,17	4T14+2T16
5	A	SP2	16,345	0,0643	0,8954	32,8	128,06	7,90	11,12	4T16+2T14
5	B	"	15,705	0,0618	0,8971	33,6	125,01	7,58	11,12	4T16+2T14
5	C	"	13,955	0,0549	0,9021	36,1	116,35	6,70	11,12	4T16+2T14
4	A	SP2	20,218	0,0786	0,8856	28,7	146,36	9,88	14,19	4T16+4T14
4	B	"	19,548	0,0769	0,8871	29,3	143,36	9,54	14,19	4T16+4T14
4	C	"	17,828	0,0702	0,8913	31,0	135,50	8,66	14,19	4T16+4T14
3	A	SP2	20,771	0,0817	0,8843	28,2	148,95	10,17	14,19	4T16+4T14
3	B	"	19,480	0,0767	0,8874	29,4	142,87	9,50	14,19	4T16+4T14
3	C	"	18,427	0,0725	0,8899	30,4	138,17	8,96	14,19	4T16+4T14
2	A	SP2	21,876	0,0861	0,8818	27,3	153,86	10,74	14,19	4T16+4T14
2	B	"	20,528	0,0808	0,8848	28,4	147,90	10,04	14,19	4T16+4T14
2	C	"	19,532	0,0769	0,8871	29,3	143,36	9,53	14,19	4T16+4T14
1	A	SP2	20,091	0,0791	0,8858	28,8	145,85	9,82	14,19	4T16+4T14
1	B	"	19,124	0,0753	0,8881	29,7	141,43	9,32	14,19	4T16+4T14
1	C	"	20,091	0,0791	0,8858	28,8	145,85	9,82	14,19	4T16+4T14

Armatures en travées : ($h_e = 60 \text{ cm}$; $h = 55 \text{ cm}$)

Niv	Travée	M (t.m)	μ	ϵ	K	σ'_b	A calc	A adap	ϕ
10	A-B	6,862	0,0270	0,9288	55,2	76,09	3,20	6,15	4T14
	B-C	9,521	0,0375	0,9174	45,5	92,31	4,49	6,15	4T14
9	A-B	5,139	0,0202	0,9376	65,1	64,52	2,37	6,15	4T14
	B-C	10,077	0,0396	0,9154	44,1	95,24	4,76	6,15	4T14
8	A-B	5,135	0,0202	0,9376	65,1	64,52	2,37	6,15	4T14
	B-C	10,029	0,0395	0,9154	44,1	95,24	4,76	6,15	4T14
7	A-B	5,135	0,0202	0,9376	65,1	64,52	2,37	6,15	4T14
	B-C	10,029	0,0395	0,9154	44,1	95,24	4,76	6,15	4T14

Niv	Travée	M (t.m)	μ	ϵ	K	σ_0	A _{calc}	A _{adop}	ϕ
6	A-B	5,080	0,0200	0,9379	65,5	64,13	2,34	6,15	4T16
	B-C	9,810	0,0386	0,9162	44,7	93,97	4,63	6,15	4T16
5	A-B	5,103	0,0201	0,9378	65,4	64,22	2,36	9,23	4T16
	B-C	9,786	0,0385	0,9164	44,8	93,76	4,62	9,23	4T16
4	A-B	5,103	0,0201	0,9378	65,4	64,22	2,36	9,23	4T16
	B-C	9,786	0,0385	0,9164	44,8	93,76	4,62	9,23	4T16
3	A-B	5,031	0,0198	0,9382	65,9	63,74	2,32	9,23	4T16
	B-C	9,587	0,0377	0,9171	45,3	92,72	4,53	9,23	4T16
2	A-B	5,044	0,0199	0,9381	65,8	63,83	2,33	9,23	4T16
	B-C	9,574	0,0377	0,9172	45,4	92,52	4,52	9,23	4T16
1	A-B	6,032	0,0237	0,9328	59,4	79,71	2,80	9,23	4T16
	B-C	6,032	0,0237	0,9328	59,4	79,71	2,80	9,23	4T16

Verifications diverses:

① La flèche:

$$a) h_t = 60 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{530}{16} = 33,125 \text{ cm}$$

$$b) h_t = 60 \text{ cm} > \frac{1}{10} \cdot \frac{M_0^{max}}{M_0} \cdot l = \frac{1}{10} \cdot \frac{10,029}{(12,881 + 1,22638)} \cdot 530 = 30,8 \text{ cm}$$

$$c) A = 9,23 \text{ cm}^2 < b \cdot h \cdot \frac{43}{\sigma_{en}} = 16,89 \text{ cm}^2 \quad (h = 55 \text{ cm})$$

Etant donné que ces 3 conditions sont vérifiées \rightarrow aucune justification de la flèche ne sera nécessaire.

② Condition de non Fragilité:

$$A_{min} = 6,15 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\sigma_0}{\sigma_{en}} = 1,60 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

③ Fixuration:

$$\bar{\omega}_{f, min} = \frac{A_{min}}{l \cdot b \cdot d} = \frac{6,15}{2,30 \cdot 5} = 0,0205 \rightarrow \sigma_1 = 4375 \text{ kg/cm}^2 \quad \left| \begin{array}{l} K = 15 \cdot 10^6 \\ n = 4,6 \end{array} \right.$$

donc $\bar{\sigma}_a < \max(\sigma_1, \sigma_2)$ \rightarrow vérifiée ; pas de fissuration

④ Condition aux appuis:

$$c > c_0 = \frac{2T}{b_0 \sigma_0'}$$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T(t)	14,124	11,790	12,962	14,014	15,317	15,977	17,263	17,283	17,560	13,170
C _{un}	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0	53,0
C _{un}	10,8	11,5	12,6	13,6	14,9	15,5	16,8	16,8	17,1	12,8

. Aciers:

. Armatures inférieures:

Niv	appui	M (Nm)	T (t)	$\frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{2\sigma_a}$	Aradep
10	A	—	8,909	2,12	6,15
	B	—	11,848	2,82	"
	C	—	11,124	2,65	"
9	A	3,673	7,294	3,65	6,15
	B	2,310	12,078	4,02	"
	C	1,250	11,790	3,43	"
8	A	7,324	8,469	5,64	6,15
	B	5,635	13,234	5,94	"
	C	4,887	12,962	5,57	"
7	A	14,739	9,510	7,58	9,23
	B	8,531	14,286	7,62	"
	C	8,302	14,016	7,44	"
6	A	14,050	10,913	9,55	10,17
	B	13,818	75,637	10,11	"
	C	11,660	15,317	9,42	"

Niv	appui	M (t.m)	T (t)	$\frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{2\sigma_a}$	Aradep
5	A	16,345	11,602	10,85	11,12
	B	15,705	16,326	11,06	"
	C	13,955	15,977	10,71	"
4	A	20,128	12,887	13,03	14,19
	B	19,548	17,612	13,86	"
	C	17,828	17,263	12,93	"
3	A	20,771	12,905	13,35	14,19
	B	19,486	17,588	13,83	"
	C	18,427	17,213	13,21	"
2	A	24,876	13,269	13,98	14,19
	B	20,523	17,952	14,43	"
	C	19,532	17,560	13,84	"
1	A	20,091	13,170	13,08	14,19
	B	19,126	13,486	12,67	"
	C	20,091	13,170	13,08	"

Armatures transversales:

Niv	T _{max} (t)	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b^{max}$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_{ar}$ kg/cm ²	A _b cm ²	e _{calc} cm	e _{adap} 2N	e _{adap} 2C
10	11,848		8,2	30,97	2800	3,02	34,3	12	20
9	12,078	463	8,4	30,97	2800	3,02	33,7	12	20
8	13,234	680	9,2	30,97	2800	3,02	30,7	12	20
7	14,286	86,4	9,9	30,97	2800	3,02	28,5	12	20
6	15,637	115,6	10,8	29,88	2800	3,02	26,0	12	20
5	16,326	125,0	11,3	29,06	2800	3,02	24,9	12	20
4	17,612	143,4	12,2	27,47	2800	3,02	23,1	12	20
3	17,588	142,9	12,2	27,52	2800	3,02	23,1	12	20
2	17,952	147,9	12,4	27,09	2800	3,02	22,7	12	20
1	13,486	141,4	9,3	27,65	2800	3,02	30,2	12	20

$$\bar{\sigma}_b = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$$

On doit vérifier à chaque fois, si $\bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b$, puis calculer les espacements des cadres en zone nodale et en zone courante.

$$\bar{e} \leq \min\left(\frac{h}{4}; 120, 30\text{cm}\right) = 12,5 \text{ cm (zone nodale)}$$

$$\bar{e} \leq \frac{h}{3} = 25 \text{ cm (zone courante)}$$

Vérifications des contraintes

Contraintes en appuis inférieures									
Niv	sect	soll.	M (t-m)	A (cm ²)	\bar{w}	E	K	σ_a	σ'_b
10	A		/						
	B		/					6,15	
	C		/						
9	A	SP2	3,673					6,15	1199,0 31,6
	B	"	2,310						754,1 19,8
	C	"	1,250						408,0 10,7
8	A	SP2	7,324					6,15	2390,8 62,9
	B	"	5,635						1839,5 48,4
	C	"	4,887						1595,3 41,7
7	A	SP2	10,739					9,23	2787,2 82,9
	B	"	8,531						2397,1 55,9
	C	"	8,302						2046,2 66,1
6	A	SP2	14,050					10,17	2840,5 100,7
	B	"	13,918						2813,8 99,8
	C	"	11,660						2357,3 83,6
5	A	SP2	16,345					11,12	3077,5 115,9
	B	"	15,705						2957,0 114,8
	C	"	13,955						2626,5 99,4
4	A	SP2	20,218					14,19	2983,1 129,7
	B	"	19,548						2884,3 125,4
	C	"	17,828						2610,5 113,2
3	A	SP2	20,771					14,19	3064,7 133,3
	B	"	19,480						2983,8 129,7
	C	"	18,427						2718,8 118,3
2	A	SP2	21,876					14,19	3227,8 140,34
	B	"	20,528						3028,8 131,69
	C	"	19,532						2884,9 125,3
1	A	SP2	20,091					14,19	2964,4 128,8
	B	"	19,124						2821,7 122,7
	C	"	20,091						2964,4 128,8

Contraintes en appuis supérieures									
Niv	sect	soll.	M (t-m)	A (cm ²)	\bar{w}	E	K	σ_a	σ'_b
10	A	SP2	10,944					8572,5	94,02
	B	SP1	10,343	8,04	9,3722	9,9057	38,0	2582,5	67,9
	C	SP2	8,754					2185,7	57,2
9	A	SP2	11,697					2956,4	90,97
	B	"	15,590	8,04	9,4873	9,8947	32,5	3940,4	121,85
	C	"	15,706					39697	122,15
8	A	SP2	15,396					3112,8	114,4
	B	"	18,929	10,17	9,0164	9,8843	28,2	3825,9	135,6
	C	"	19,429					3928,2	139,3
7	A	SP2	18,811					2957,5	125,7
	B	"	21,819	12,56	9,7012	9,8744	24,8	3612,4	105,7
	C	"	22,844					3502,1	154,5
6	A	SP2	21,965					2957,5	136,9
	B	"	27,001	15,64	9,9479	9,8634	21,6	3625,8	169,8
	C	"	25,921					3490,1	164,8
5	A	SP2	24,260					3266,6	151,3
	B	"	28,813	15,64	9,9479	9,8634	21,6	3872,6	179,6
	C	"	28,215					3799,1	175,9
4	A	SP2	28,133					3584,3	171,5
	B	"	32,655	16,58	1,0048	9,8607	20,9	4160,5	199,1
	C	"	32,088					4084,2	195,0
3	A	SP2	28,531					3695,1	179,95
	B	"	32,365	16,58	1,0048	9,8607	20,9	4123,5	197,3
	C	"	32,409					4129,1	197,6
2	A	SP2	29,931					3405,0	176,5
	B	"	33,426	18,71	7,1339	9,8542	19,3	3802,6	197,1
	C	"	33,514					3812,6	197,6
1	A	SP2	28,118					3272,6	169,8
	B	"	28,216	18,71	7,1339	9,8542	19,3	3210,0	166,3
	C	"	28,118					3272,6	169,8

On a fait même vérification pour les contraintes en travées
 et dans chaque niveau les vérifications sont
 satisfaites. Les contraintes sont vérifiées (SP2)
 $\sigma_a < \sigma_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$
 $\sigma'_b < \sigma'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Les combinaisons des charges sismiques et verticales dans les poteaux sont: $G+1,2P$ (SP1)

$$0,8G \pm E \text{ et } +G+P \pm 1,2E \text{ (SP2)}$$

On a pris les efforts les plus défavorables aux poteaux, soit poteau (A5 ou A3) pour les poteaux de 60x60 et soit le poteau B5 pour les poteaux de 80x80.

A) Poteau de 60x60 :

Moments dans les poteaux (Sens longitudinal).

Niv	$G+1,2P$		$0,8G+E$		$0,8G-E$		$G+P+1,2E$		$G+P-1,2E$	
	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
10	1,740	0,873	3,127	1,255	5,853	2,583	3,654	1,442	7,122	3,176
9	2,238	2,230	9,482	7,785	9,117	7,433	11,393	9,358	10,923	8,902
8	0,230	0,230	13,566	11,131	13,214	10,779	16,296	13,374	15,840	12,918
7	0,230	0,230	15,821	15,821	15,472	15,472	19,006	19,006	18,549	18,549
6	0,230	0,230	18,598	18,598	18,245	18,245	22,334	22,334	21,878	21,878
5	0,230	0,230	21,590	21,590	21,238	21,238	25,925	25,925	25,489	25,489
4	0,230	0,230	24,302	24,302	23,930	23,930	29,179	29,179	28,723	28,723
3	0,230	0,230	26,284	26,284	25,931	25,931	31,557	31,557	31,101	31,101
2	0,230	0,259	28,277	28,296	27,925	27,906	33,949	33,977	33,493	33,465
1	0,183		20,145	34,221	19,220		24,250		23,889	

Sens transversal:

Niv	$G+1,2P$		$0,8G+E$		$0,8G-E$		$G+P+1,2E$		$G+P-1,2E$	
	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
10	6,862	2,707	9,783	2,291	0,814	2,291	11,721	2,750	1,738	2,750
9	3,046	2,893	11,546	6,217	11,546	6,217	13,855	7,400	13,855	7,400
8	2,893	2,893	14,980	9,986	14,980	9,986	11,976	11,984	17,976	11,984
7	2,893	2,837	17,617	14,414	17,617	14,414	21,140	17,297	21,140	17,297
6	2,837	2,837	20,859	17,067	20,859	17,067	25,031	20,480	25,031	20,480
5	2,837	2,837	24,281	19,867	24,281	19,867	29,123	23,840	29,123	23,840
4	2,837	2,782	24,953	24,953	24,953	24,953	29,943	29,943	29,943	29,943
3	2,782	2,782	27,246	27,246	27,246	27,246	32,695	32,695	32,695	32,695
2	2,782	3,530	26,401	32,267	26,401	32,267	31,681	38,721	31,681	38,721
1	2,492	-	15,199	38,413	15,199	38,413	18,239	54,72	18,239	54,72

Efforts normaux dans les poteaux: (60x60) (sens longitudinal).

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
10	6,641	6,641	2,608	2,608	6,008	6,008	3,251	3,251	7,584	7,584
9	5,661	12,302	5,570	8,378	6,216	12,224	7,150	10,402	7,874	15,458
8	5,653	17,955	8,128	16,506	7,396	19,620	9,979	20,381	9,291	24,749
7	5,653	23,608	9,353	25,859	8,269	27,889	11,450	31,831	10,337	35,086
6	5,653	29,261	11,521	37,380	9,334	37,223	14,051	45,883	11,616	46,702
5	5,653	34,914	13,329	50,709	10,180	47,404	16,221	62,104	12,631	59,333
4	5,653	40,567	14,649	65,358	10,930	58,333	17,805	79,909	13,531	72,854
3	5,653	46,220	15,916	81,273	11,693	70,026	19,325	99,234	14,447	87,311
2	5,653	51,873	16,765	98,039	12,249	82,269	20,344	119,577	15,106	102,417
1	5,778	57,650	15,468	113,507	11,544	93,813	18,833	138,410	14,353	116,770
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum

Efforts normaux dans les poteaux: (60x60) (sens transversal)

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
10	7,816	7,816	4,502	4,502	6,976	6,976	6,254	6,254	9,151	9,151
9	11,598	24,518	8,050	14,393	8,050	14,393	11,342	20,014	11,342	24,014
8	11,584	32,002	8,040	22,433	8,040	22,433	11,328	31,342	11,328	31,342
7	11,584	43,586	8,040	30,473	8,040	30,473	11,328	42,670	11,328	42,670
6	11,584	55,170	8,040	38,514	8,040	38,514	11,328	53,999	11,328	53,999
5	11,584	66,754	8,040	46,554	8,040	46,554	11,328	65,327	11,328	65,327
4	11,584	78,337	8,040	54,595	7,834	56,654	11,328	76,655	15,951	81,831
3	11,584	89,921	8,040	62,635	7,763	64,417	11,328	87,989	15,969	97,800
2	11,584	101,505	8,040	70,675	7,763	71,779	11,328	99,312	16,435	114,235
1	12,285	113,790	8,069	78,744	7,790	79,269	11,918	111,230	16,221	130,456

B) Poteau 80x80:

Moments dans les poteaux: (sens longitudinal).

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
10	2,460	0,504	5,946	3,248	2,127	3,081	7,291	3,917	2,396	3,678
9	0,567	0,543	8,455	6,931	8,228	6,750	14,167	8,338	9,898	8,079
8	0,543	0,543	12,129	9,940	11,248	9,759	14,576	11,943	14,317	11,690
7	0,543	0,393	14,161	14,135	13,979	14,005	17,014	16,977	16,754	16,791
6	0,728	0,585	21,611	17,682	21,369	17,483	25,960	21,241	25,615	20,957
5	0,585	0,585	25,081	20,539	24,888	20,939	30,119	24,669	29,835	24,385
4	0,585	0,431	25,687	25,685	25,486	25,573	30,845	30,805	30,560	30,600
3	0,736	0,598	30,685	30,664	30,440	30,461	36,851	36,820	36,499	36,530
2	0,598	0,732	30,828	35,185	30,627	34,953	37,017	42,257	36,727	41,907
1	0,577	-	27,228	39,615	27,065	39,615	32,699	107,538	32,453	107,538

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
10	1,601	1,791	0,978	3,070	5,249	1,000	8,850	4,152	5,822	0,738
9	2,014	1,923	11,250	0,544	8,934	4,328	14,035	8,356	10,194	4,690
8	1,923	1,923	14,432	9,990	12,216	7,774	17,822	12,492	14,155	8,826
7	1,923	1,398	16,778	13,096	14,562	12,016	16,971	16,718	20,037	14,053
6	2,589	2,058	24,131	16,087	24,131	16,087	28,957	19,305	28,957	19,305
5	2,058	2,058	25,748	21,067	25,748	21,067	30,898	25,280	30,898	25,280
4	2,058	1,535	29,104	23,818	29,104	23,818	34,925	28,575	34,925	28,575
3	2,618	2,113	25,474	34,486	22,457	34,486	31,255	41,383	24,253	41,383
2	2,113	-	17,420	47,554	14,985	47,554	21,457	57,054	17,420	57,054
	-	-	1,307	100,371	1,307	100,371	1,508	128,052	1,508	128,052

EFFORT normaux dans les poteaux: (80x80) (sens longitudinal).

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
10	7,547	7,547	5,782	5,782	3,639	3,639	7,408	7,408	4,836	4,836
9	3,272	10,819	4,277	10,059	0,228	3,866	5,645	13,053	0,786	5,622
8	3,267	14,086	5,491	15,550	4,995	2,871	7,101	20,154	-0,682	4,939
7	3,267	17,353	6,682	22,232	2,187	0,685	8,531	28,684	-2,112	2,824
6	3,188	20,541	7,561	29,793	-3,173	-2,489	9,572	38,257	-3,309	-0,481
5	3,175	23,716	11,040	41,382	-8,707	-27,049	13,514	51,203	-10,183	-30,915
4	3,175	26,891	12,247	53,829	-9,914	-36,963	14,962	66,165	-11,631	-42,546
3	3,106	29,996	13,974	67,603	-11,729	48,693	17,024	83,189	-13,820	-56,356
2	3,098	33,094	14,883	82,486	-12,642	-61,335	18,114	101,304	-14,916	-71,281
1	3,296	36,390	13,941	96,427	-11,701	-73,042	17,067	118,371	-15,711	-84,992

sens transversal:

Niv	G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
10	19,580	19,580	13,815	13,815	13,815	13,815	19,195	19,195	19,195	19,195
9	16,208	35,788	9,785	23,601	9,785	23,601	15,545	34,740	15,545	34,740
8	16,189	51,977	9,774	33,374	9,774	33,374	15,527	50,267	15,527	50,267
7	16,189	68,165	9,774	43,148	9,774	43,148	15,527	65,594	15,527	65,594
6	16,042	84,207	9,685	52,833	9,685	52,833	15,386	81,179	15,386	81,179
5	16,042	100,249	9,685	62,518	9,685	62,518	15,386	96,565	15,386	96,565
4	16,042	116,291	9,685	72,203	9,685	72,203	15,386	111,951	15,386	111,951
3	15,895	132,186	9,595	81,799	9,595	81,799	15,245	127,196	15,245	127,196
2	15,895	148,080	9,596	91,396	9,596	91,396	15,245	142,441	15,245	142,441
1	12,407	160,487	6,943	98,339	6,943	98,339	11,785	154,224	11,785	154,224

Les poteaux seront calculés en Flexion composée sous un effort normal N et un moment Fléchissant M en tête et à la base du poteau dans les 2 sens (longit. et transv.)

Section entièrement comprimée:

N : effort de compression est appliqué à l'intérieur du noyau central.

$$e_0 = \frac{M}{N} < e_1 = \frac{h_c}{6}$$

Section partiellement comprimée:

N : effort normal de compression est appliqué en dehors du noyau central. $e_0 = \frac{M}{N} > e_1 = \frac{h_c}{6}$.

M : moment Fléchissant par rapport au centre de gravité du béton seul.

On fera le calcul de la section en flexion simple sous l'effet d'un moment fictif. $M_f = N \cdot e$ avec $e = e_0 + \left(\frac{h_c}{2} - d\right)$

puis on calculera la section d'acier en Flexion composée soit:

$$A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\sigma_a}$$

A_{fc} : section d'acier en F.C

A_{fs} : section d'acier en F.S.

Contraintes admissibles:

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\sigma}_b = 2\bar{\sigma}'_b \quad \text{si } e_0 > \frac{h_c}{6} \\ \bar{\sigma}_b = \left(1 + \frac{e_0}{3e}\right) \bar{\sigma}'_b \quad \text{si } e_0 < \frac{h_c}{6} \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}'_b = 68,5 \text{ (SP1)}$$

$$\bar{\sigma}'_b = 102,75 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP4)}$$

CALCUL DES ARMATURES LONGITUDINALES:

Sens longitudinal poteau: (80x80) $e_1 = 13,33 \text{ cm}$.

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
M^{max}	7,291	10,167	14,576	17,014	25,960	30,119	30,845	36,851	42,251	107,538
N^{min}	7,408	13,053	20,154	28,684	38,257	51,203	66,165	83,189	101,304	118,371
e_0	98,62	77,89	72,32	59,32	47,86	58,82	44,62	44,30	41,71	90,85
A_{fc}	1,68	1,78	2,46	2,32	4,36	4,39	3,07	3,32	3,35	26,12

Sens transversal poteau (80, 80):

$$b = h_t = 80 \quad \bar{\sigma}_a = 4200 \quad d = 4 \text{ cm} \quad e_g = 13,33 \text{ cm}$$

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
M^{max}	8,850	19,195	46,11	20,631	28,957	30,898	34,925	41,383	57,054	128,052
N^{cor}	19,195	34,740	50,267	65,594	81,179	96,565	111,951	127,196	142,441	154,227
e_0	46,11	40,40	35,45	31,46	35,67	32,06	31,20	32,53	40,05	83,03
A_{fc}	0,62	0,60	0,16	-0,56	0,69	-0,27	-0,46	0,28	4,51	30,51

Sens longitudinal poteau (60x60):

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
M^{max}	7,122	11,393	16,296	19,006	22,334	25,925	29,149	31,557	33,977	54,72
N^{cor}	7,584	10,402	20,381	31,831	45,883	62,104	79,909	99,234	119,577	138,410
e_0	93,91	109,53	79,96	59,71	48,68	41,74	34,52	31,80	28,41	39,53
A_{fc}	2,30	3,97	5,19	5,24	5,35	5,42	5,20	4,41	3,59	12,70

Sens transversal poteau (60x60) : $e_i = 10 \text{ cm}$.

Niv	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
M^{max}	11,721	13,855	17,976	21,140	25,031	29,123	29,943	32,095	38,721	54,72
N^{cor}	6,254	20,014	31,342	42,670	53,999	65,327	76,655	87,983	99,312	111,23
e_0	187,42	69,23	57,35	49,54	44,35	44,58	32,06	37,16	38,99	487,3
A_{fc}	4,61	4,06	4,79	5,11	5,83	4,70	5,92	6,16	2,14	25,51

On a remarqué que le cas le plus défavorable pour le calcul de ferrailage est celui de M^{max} avec N^{cor} , c'est pour ça qu'on a posé les autres calculs (N^{max} , M^{cor}).

Choix des armatures longitudinales:

- les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence droites et sans crochets.

$$- S = (60 \times 60) \text{ cm}^2 \longrightarrow A_{min} = 36 \text{ cm}^2 \text{ et } A_{max} = 144 \text{ cm}^2$$

$$- S = (80 \times 80) \text{ cm}^2 \longrightarrow A_{min} = 64 \text{ cm}^2 \text{ et } A_{max} = 256 \text{ cm}^2$$

$$A_{min} = 1\% \cdot S \quad \text{et} \quad A_{max} = 4\% \cdot S.$$

- Le diamètre minimal à prendre est de 14 mm. (zone II)
- La distance entre les barres verticales ne doit pas dépasser 25 cm en zone (II)
- Ne pas faire de recouvrement dans la zone nodale.

Poteau 60x60

Niv	$A_L = A'$	$A_T = A'$	$A_{min} (cm^2)$	$A_{max} (cm^2)$	$A_{adaptée}$	Φ Longi	Φ Trans.
10	2,30	4,61	36	144			
9	3,97	4,06	"	"			
8	5,19	4,79	"	"			
7	5,24	5,11	"	"			
6	5,35	5,83	"	"			
5	5,42	6,70	"	"			
4	5,80	5,92	"	"			
3	4,41	6,16	"	"			
2	3,59	8,74	"	"			
1	22,70	25,51	"	"			

Poteau 80x80

Niv	$A_L = A'$	$A_T = A'$	$A_{min} (cm^2)$	$A_{max} (cm^2)$	$A_{adaptée}$	Φ Longi	Φ Trans.
10	1,48	0,02	64	256			
9	1,78	0,60	"	"			
8	2,46	0,16	"	"			
7	2,32	-0,56	"	"			
6	4,36	0,09	"	"			
5	4,39	-0,27	"	"			
4	3,01	-0,46	"	"			
3	3,32	0,28	"	"			
2	3,35	4,51	"	"			
1	26,12	30,51	"	"			

Vérification de la résistance à l'effort tranchant:

$$\tau_b = \frac{nT}{b \cdot z} < \bar{\tau}_b = 0,15 \cdot \sigma_{e8}$$

$$n = \begin{cases} 2 & \rightarrow \text{si } \lambda \text{ dans la direction considérée } \geq 15 \\ 3 & \rightarrow \text{si } \lambda \text{ dans la direction considérée } < 15 \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} \quad \text{avec } i = \sqrt{\frac{I}{B}}$$

I : moment d'inertie de la section.
 B : surface du poteau.

$$T = \max (T_L^{\max}, T_T^{\max})$$

T_L^{\max} : Effort tranchant longitudinal max pour tous les niveaux.

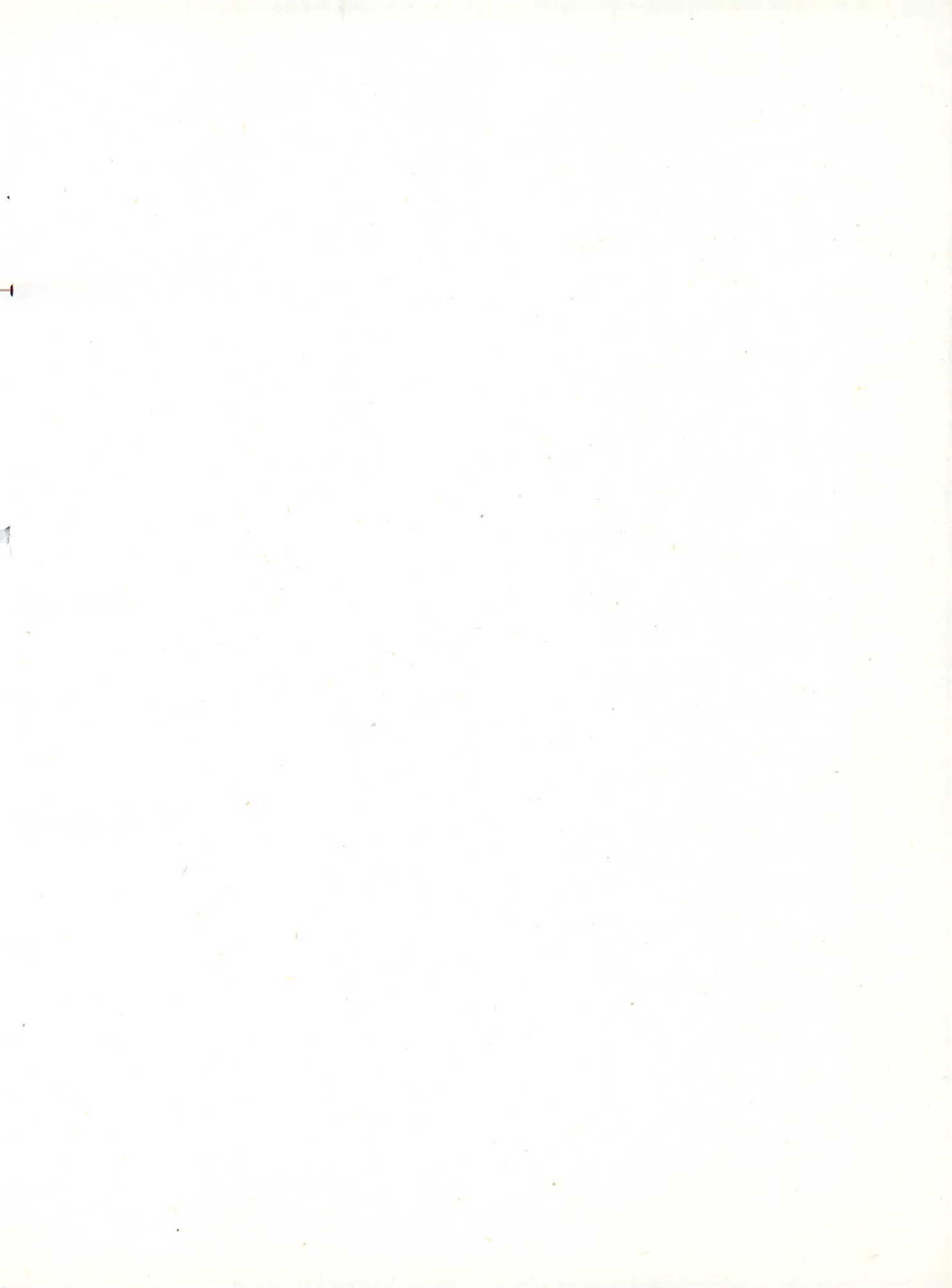
T_T^{\max} : Effort tranchant transversal max pour tous les niveaux.

Pot	l (m)	I (m ⁴)	B (m ²)	c	λ	n	T (t)	β (cm)	τ_0	$\bar{\tau}_0$
60x60	2,80	$108 \cdot 10^4$	0,36	0,173	16,13	2	14,673	52,5	9,3	41,5
80x80	2,80	$341 \cdot 10^4$	0,64	0,231	12,13	3	29,190	70	15,8	41,5

Dans chaque cas on a $\tau_0 < \bar{\tau}_0 \Rightarrow$ on peut utiliser des cadres et des étriers (épingles) droits:

Armatures transversales:

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



FONDATEIONS

Introduction:

Type de fondation choisi

Un calcul préliminaire de prédimensionnement de semelles isolées et continues nous a montré que leurs surfaces sont importantes; les poteaux étant plus ou moins rapprochés, l'écartement entre leurs semelles est faible par rapport à la surface qu'occupe le bâtiment. Ceci nous a amené à opter pour un radier général. Ce radier est constitué d'une dalle épaisse, d'épaisseur constante et on peut supposer qu'il est infiniment rigide donc indéformable.

Ainsi on peut admettre une réaction uniforme, sous le radier, due aux charges et surcharges du bâtiment.

Il sera calculé comme un plancher renversé soumis à la réaction du sol supposée uniforme, agissant de bas en haut.

Il est noté que le radier est coulé sur une couche de gros béton de 5 cm d'épaisseur.

Le sol de fondation de notre bâtiment a un taux de travail de 2 bars à 4 m de profondeur ($\bar{\sigma}_s = 2 \text{ bars}$).

Dimensionnement du radier:

* Descende de charge $G = 3494,393 \text{ t}$
jusqu'au niveau de base : $P = 493,32 \text{ t}$

* Poids du sous sol (vide sanitaire):

- poids des voiles : $284,10 \text{ t}$

- poids des poteaux : $41,60 \text{ t}$

- poids du plancher : $378,62 \text{ t}$

$$G = 4198,72 \text{ t}$$

* Poids de la construction, au niveau de la fondation :

↳ effort normal sur le radier pour SPA est $N = G + 1,2P = 4797,9 \text{ t}$

Surface nécessaire du radier sans débord :

$$S_{\text{rad}} \geq \frac{N}{\sigma_s} = \frac{4797,9}{20} = 239,895 \text{ m}^2$$

Surface du bâtiment : $S_0 = 12,60 \times 23,40 = 294,84 \text{ m}^2$

On prendra un débord de $1,50 \text{ m}$: $S_{\text{déb}} = 2(1,50 \times 23,40) = 70,20 \text{ m}^2$

la surface du radier est donc :

$$S_{\text{rad}} = S_0 + S_{\text{déb}} = 365,04 \text{ m}^2$$

Centre de gravité du bâtiment : $X_{GB} = 11,55 \text{ m}$ $Y_{GB} = 5,9 \text{ m}$

Centre de gravité du radier : $X_{GR} = 11,40 \text{ m}$ $Y_{GR} = 6,00 \text{ m}$

Les 2 centres de gravité étant plus proches l'un de l'autre et les tassements différentiels ne sont pas à craindre, la réaction du sol est uniforme.

Détermination de l'épaisseur du radier : h_f

* Condition de cisaillement :

En général on évite de mettre des armatures transversales dans les dalles, pour cela on prend h tel que :

$$\sigma_b = T_{\max} / b z \leq \bar{\sigma}_b = 1,15 \sigma_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_{\max} = q \frac{l_{\max}}{2} = 35,47 \text{ t}$$

$$q = \frac{N}{S_{\text{rad}}} = 13,14 \text{ t/m}^2 \quad (\text{pression sous le radier})$$

$$l_{\max} = 5,40 \text{ m}, \quad z = \frac{7}{8} h$$

Pour une bande de 1m ($b = 1\text{m} = 100\text{cm}$) on a :

$$h \geq \frac{8 T_{\max}}{7 \cdot b \cdot \bar{\sigma}_b} = 59 \text{ cm}$$

* Condition forfaitaire : $h_f \geq \frac{l_{\max}}{10} = \frac{540}{10} = 54 \text{ cm}$
On peut opter pour $h_f = 60 \text{ cm}$.

Vérification de la rigidité :

longueur élastique l_e :

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

$$I = bh^3 / 12$$

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

$$\Rightarrow h \geq \left[\left((l_i - a) \frac{2}{\pi} \right)^4 \frac{12 Kb}{4Eb} \right]^{1/3}$$

(FUENTES)

$K=4$ pour un sol moyen

a : épaisseur du poteau

l_i : portée minimum entre 2 poteaux

$$l_i = 2,40 \text{ m}$$

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$$

$$h \geq 21,79 \text{ cm}$$

La rigidité est donc vérifiée, on peut considérer que le radier est infiniment rigide et que les contraintes dans les sol sont linéaires.

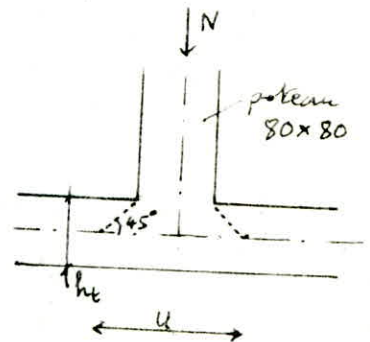
Vérification au poinçonnement : (art. 39.54 CCBA 68)

$$\text{On vérifie la condition : } 1,5 \frac{N}{P_c \cdot h_f} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b = 7,08$$

P_c : périmètre cisailé

$$u = u_0 + h_f \quad v = v_0 + h_f \quad P_c = 2(u+v)$$

Les voiles VS pouvant jouer le rôle des goussets pour le poteau, P_c est la somme de celui dû au poteau et celui dû aux voiles VS.



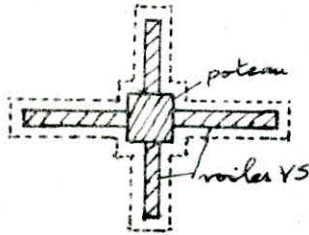
Le poteau de plus sollicité est B3 : $N_p = 365 \text{ t}$

$$N_{vs} = 13,5 \text{ t} \rightarrow N = N_p + N_{vs} = 378,5 \text{ t}$$

$$u_p = 140 \text{ cm} \quad u_{vs(\text{long})} = 210 \text{ cm} \quad u_{vs(\text{trans})} = 60 \text{ cm}$$

$$v_p = 140 \text{ cm} \quad v_{vs(\text{long})} = 85 \text{ cm} \quad v_{vs(\text{trans})} = 85 \text{ cm}$$

$$\rightarrow P_c = 1440 \text{ cm}$$



$$1,5 \frac{378,5 \cdot 10^3}{1440 \cdot 60} = 6,57 < 7,08 \quad (\text{vérifiée}).$$

Stabilité du radier :

* Sollicitation du 1^{er} genre :

$$\text{poids du radier : } 365,04 \times 0,60 \times 2,5 = 547,56 \text{ t}$$

$$N = (G + 1,2P) + 547,56 = 5345,46 \text{ t}$$

la pression sous le radier est :

$$\sigma_s = \frac{N}{S} = 14,6 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 20 \text{ t/m}^2$$

* Sollicitation du 2^e genre :

Le radier est sollicité par les effets du moment de renversement M et de l'effort normal N qui agissent au niveau de la base.

On vérifiera qu'il n'y a aucun soulèvement en bordure du radier et que les contraintes obtenues aux angles sont admissibles.

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_z \pm Mv}{S_{rad} I} \quad N_z = G + P_{rad} + Q = 5245,6 \text{ t}$$

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

Sens longitudinal :

$$M = 6431,826 \text{ ton}$$

$$I_{\text{long}} = 15055 \text{ m}^4 \quad v_s = 11,7 \text{ m}$$

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

(DTU 5.11)

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

$$\sigma_2 > 0$$

$$\sigma_1 = 19,4 \text{ t/m}^2 < 1,5 \cdot 20 = 30 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 9,3 \text{ t/m}^2 < 30 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma\left(\frac{L}{4}\right) = \frac{3 \cdot 19,4 + 9,3}{4} = 16,85 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 20 \text{ t/m}^2 \quad \underline{\text{v\u00e9rifi\u00e9e}}$$

Sens transversal :

$$M = 6190,284 \text{ tm}$$

$$I_{tr} = 7403 \text{ m}^4$$

$$v = 7,80 \text{ m}$$

$$\sigma_1 = 20,83 \text{ t/m}^2 < 1,5 \bar{\sigma}_s = 30 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma_2 = 7,84 \text{ t/m}^2 < 30 \text{ t/m}^2$$

$$\sigma\left(\frac{L}{4}\right) = 17,627 \text{ t/m}^2 < \bar{\sigma}_s = 20 \text{ t/m}^2$$

v\u00e9rifi\u00e9e

D\u00e9termination de la sollicitation la plus d\u00e9favorable pour le calcul du radier :

Le radier est calcul\u00e9 comme un plancher renvers\u00e9 (DTU art. 6.3)

1^{er} genre : q_{SP1}

2^e genre : q_{SP2}

La charge \u00e0 prendre en compte est la r\u00e9action du sol diminu\u00e9e du poids du radier : $P_{pn} = 0,60 \times 2,5 = 1,5 \text{ t/m}^2$

$$q_{SP1} = \frac{6 + 1,2P + P_{rad}}{5} - P_{pn} = 14,64 - 1,5 = 13,14 \text{ t/m}^2$$

$$q_{SP2} = 20,83 - 1,5 = 19,33 \text{ t/m}^2$$

Pour le ferrailage, on a :

$$\text{Sous SP1 : } \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Sous SP2 : } \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

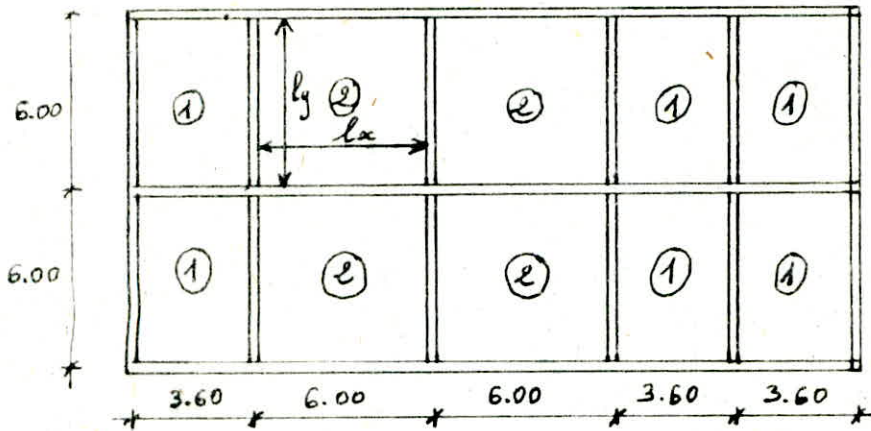
$$\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$q_{SP1} / \bar{\sigma}_a = 4,693 \cdot 10^{-4} > q_{SP2} / \bar{\sigma}_a = 4,616 \cdot 10^{-4}$$

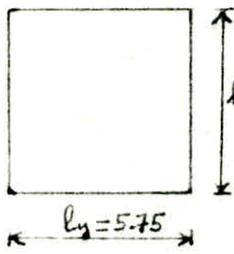
On calculera donc le radier sous la sollicitation SP1 avec une charge uniform\u00e9ment r\u00e9partie $q = 13,14 \text{ t/m}^2$

D\u00e9termination des efforts et du ferrailage dans les panneaux de dalles :

Le panneau ② est le plus sollicit\u00e9. Les autres panneaux auront un ferrailage identique.



Calcul du panneau de dalle ② : (calcul par bande de 1m)



$$q = 13.14 \text{ t/m}^2$$

$$l_x = 5.75 \text{ m}$$

$$l_y = 5.75 \text{ m}$$

$$\rho = \frac{l_x}{l_y} = 1 > 0.4 \Rightarrow \text{ dalle appuyée sur 4 côtés}$$

$$\rho = 1 \rightarrow M_x = 0.0423 \quad (\text{Tableau p. 20, P. Charon})$$

$$M_y = 1.00$$

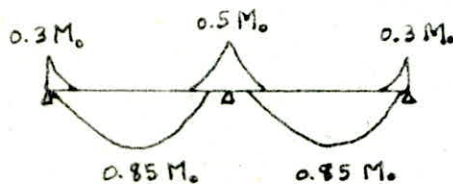
$$M_{0x} = M_x \cdot q \cdot l_x^2 = 0.0423 \cdot 13.14 \cdot (5.75)^2 = 18.377 \text{ tm}$$

$$M_{0y} = M_y \cdot M_{0x} = 1.00 \cdot 18.377 = 18.377 \text{ tm}$$

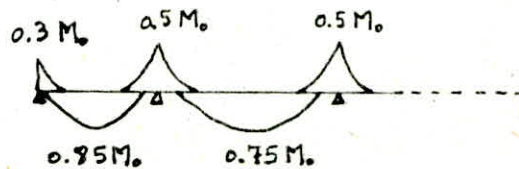
Distribution forfaitaire des moments :

- | | | | |
|-------------|--|-----------------------|------------------|
| - En travée | | panneau de rive | $M_t = 0.85 M_0$ |
| | | panneau intermédiaire | $M_t = 0.75 M_0$ |
| - Sur appui | | appui de rive | $M_a = 0.30 M_0$ |
| | | appui intermédiaire | $M_a = 0.50 M_0$ |

M_0 étant le moment en travée libre.



Sens l_y



Sens l_x

La condition suivante est vérifiée :

$$M_t + \frac{|M_w + M_e|}{2} \geq 1,25 M_0$$

On prend donc :

- pour le sens l_y : $M_{t_y} = 0,85 M_{0y} = 15,620 \text{ tm}$

$$M_{a_y}^w = 0,30 M_{0y} = 5,513 \text{ tm}$$

$$M_{a_y}^e = 0,50 M_{0y} = 9,188 \text{ tm}$$

- pour les sens l_x : $M_{t_x} = 0,75 M_{0x} = 13,783 \text{ tm}$

$$M_{a_x}^w = M_{a_x}^e = 0,50 M_{0x} = 9,188 \text{ tm}$$

* pour les appuis intermédiaires on prendra les mêmes armatures dans les 2 sens : $M_a = \max(M_{ax}, M_{ay}) = 9,188 \text{ tm}$

- Moment de console :

Le moment d'encastrement dû à la console (débord du radier) est :

$$m = ql^2/2 = 13,14 \frac{(1,50)^2}{2} = 14,782 \text{ tm} > M_{a_y}^w \quad (m^{\text{ sur appui de rive)}$$

donc pour l'appui de rive on prendra $M_a = 14,782 \text{ tm}$

Pour le ferrailage de la console on laisse filer les barres d'acier déterminées pour cet appui sur la longueur de 1,50 m.

Choix du diamètre des barres :

Pour le calcul d'armatures en travée, un calcul préliminaire nous a permis d'opter pour des $\phi 20$, en prenant pour contrainte admissible des aciers celle limitée par la condition de fissuration :

$$\bar{\sigma}_a = \min\left(\frac{2}{3}\sigma_{en}, \sigma_f\right) \quad \sigma_f = \max(\sigma_1, \sigma_2)$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K_{97}}{\phi} \bar{\sigma}_b} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^5 \cdot 1,5 \cdot 5,9}{20}} = 2015 \text{ Kg/cm}^2$$

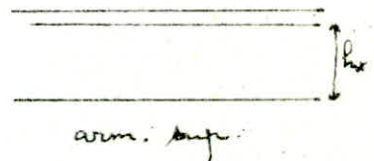
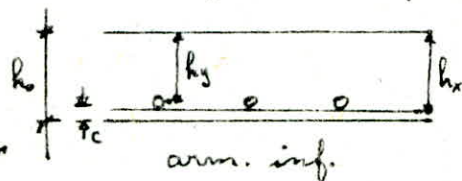
donc on prend $\bar{\sigma}_a = 2015 \text{ Kg/cm}^2$.

Calcul des armatures : (flexion simple)

$$h_a = h_0 - c - \frac{\phi}{2}$$

$$= 60 - 3 - 1 = 56 \text{ cm}$$

$$h_g = h_x - \phi = 54 \text{ cm}$$



Armatures inférieures:

Sens l_x : $M_{t_x} = 13,783 \text{ tm}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h_x^2} = \frac{15 \cdot 13,783 \cdot 10^5}{2019 \cdot 100 \cdot (56)^2} = 0,0326 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9224 \\ \kappa = 43,4 \end{cases}$$

$b = 1\text{m} = 100 \text{ cm}$

$$A_{t_x} = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h_x} = \frac{13,783 \cdot 10^5}{2019 \cdot 0,9224 \cdot 56} = 13,22 \text{ cm}^2$$

On prend 5 T20 /ml ($A = 15,70 \text{ cm}^2$) avec un écart $e = 20 \text{ cm}$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{2019}{43,4} = 40,87 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow A'_x = 0$$

Sens l_y : $M_{t_y} = 15,620 \text{ tm}$

$$\mu = \frac{15 \cdot 15,620 \cdot 10^5}{2019 \cdot 100 \cdot (54)^2} = 0,0379 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9153 \\ \kappa = 44,0 \end{cases}$$

$$A_{t_y} = \frac{15,620 \cdot 10^5}{2019 \cdot 0,9153 \cdot 54} = 15,65 \text{ cm}^2$$

On prend 5 T20 /ml ($A = 15,70 \text{ cm}^2$) avec $e = 20 \text{ cm}$

$$\sigma'_b = \frac{2019}{44} = 45,89 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A'_y = 0$$

Armatures supérieures

- appui interm. : on prend des $\phi 16$ avec $\bar{\sigma}_a = 2258 \text{ Kg/cm}^2$

$$M_{ax} = M_{ay} = 9,188 \text{ tm} \quad \mu = 0,0203 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9367 \\ \kappa = 64,0 \end{cases} \quad A_a = 8,045 \text{ cm}^2$$

On prend 5 T16 /ml ($A = 10,05 \text{ cm}^2$) $e = 20 \text{ cm}$.

- appui de rive : $M_a = 14,782 \text{ tm}$ ($\phi 20$; $\bar{\sigma}_a = 2019 \text{ Kg/cm}^2$)

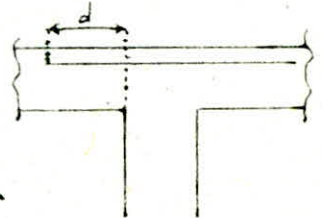
$$\mu = 0,0376 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9172 \\ \kappa = 45,4 \end{cases} \quad A_a = 14,73 \text{ cm}^2$$

On prend 5 T20 /ml ($A = 15,70 \text{ cm}^2$) $e = 20 \text{ cm}$.

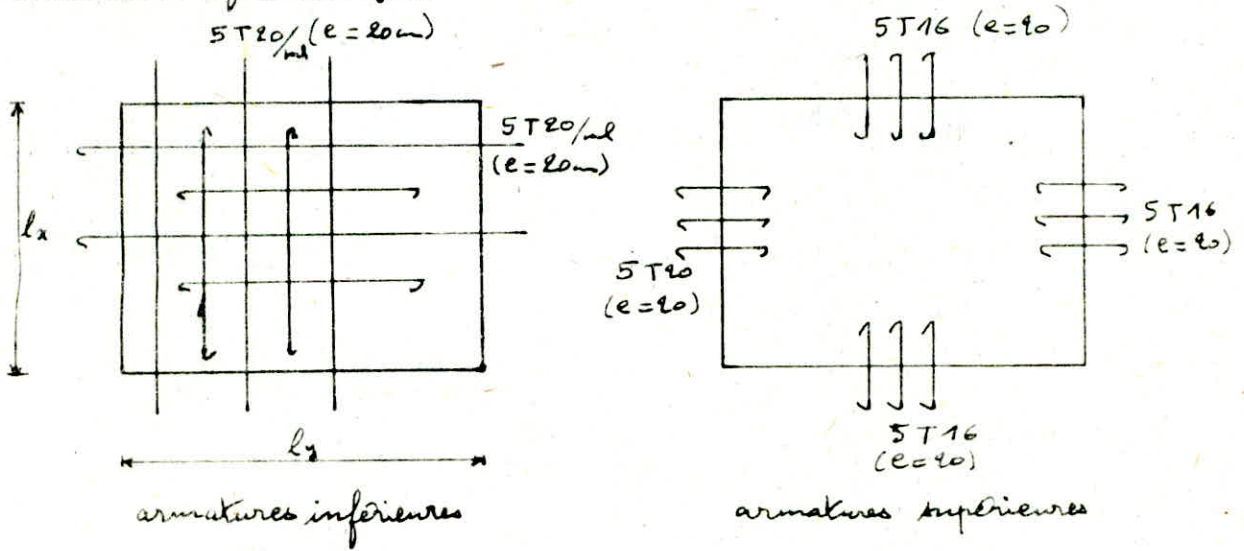
Longueur des chapeaux (barres sup.) d :

On a $l'_d = 40 \phi = 40 \times 2,0 = 80 \text{ cm}$ (acier HA)

$$d = \max \begin{cases} l'_d = 80 \text{ cm} \\ \frac{l_a}{5} = \frac{575}{5} = 115 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow \text{on prend } d = 115 \text{ cm}$$



Schema du ferrailage :



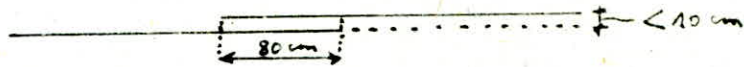
Arrêt des barres:

On peut arrêter 1 barre par l à $\frac{l_x}{10} = 57,5\text{ cm}$ des appuis dans les 2 sens, c'est à dire une longueur $0,8 l_x$ dans le sens x et $l_y - 0,2 l_x$ dans le sens y

Recouvrement: (CCBA 68)

La longueur de recouvrement est prise égale à la longueur de scellement droit, pourvu que l'entre-axe des 2 barres en jonction soit inférieur à $5 \times \phi$ ($= 10\text{ cm}$).

$$l_d = 40 \phi = 40 \times 2,0 = 80\text{ cm} :$$



VOILE PERIPHERIQUE

Les ossatures au dessous du niveau de base (vide sanitaire) doivent comporter un voile périphérique continu entre le niveau des fondations et le niveau de base en zone II, III.

Ce voile doit avoir les caractéristiques minimales ci-dessus

- épaisseur $e \geq 15 \text{ cm}$
- armatures longitudinales filante supérieures et inférieures $A_e \geq 0,20\%$ de la section transversale totale du béton (avec longueur de recouvrement de 50%)
- armatures longitudinales de peau, la section doit être $\geq 2 \text{ cm}^2$ par face et par mètre linéaire.

Dans notre cas :

$$e = 25 \text{ cm}$$

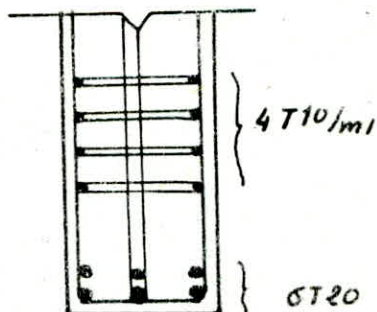
$$h = 3,40 \text{ m}$$

$$\text{d'où } A_e \geq 0,2 \cdot 25 \cdot 3,40 \cdot \frac{1}{100} = 17 \text{ cm}^2$$

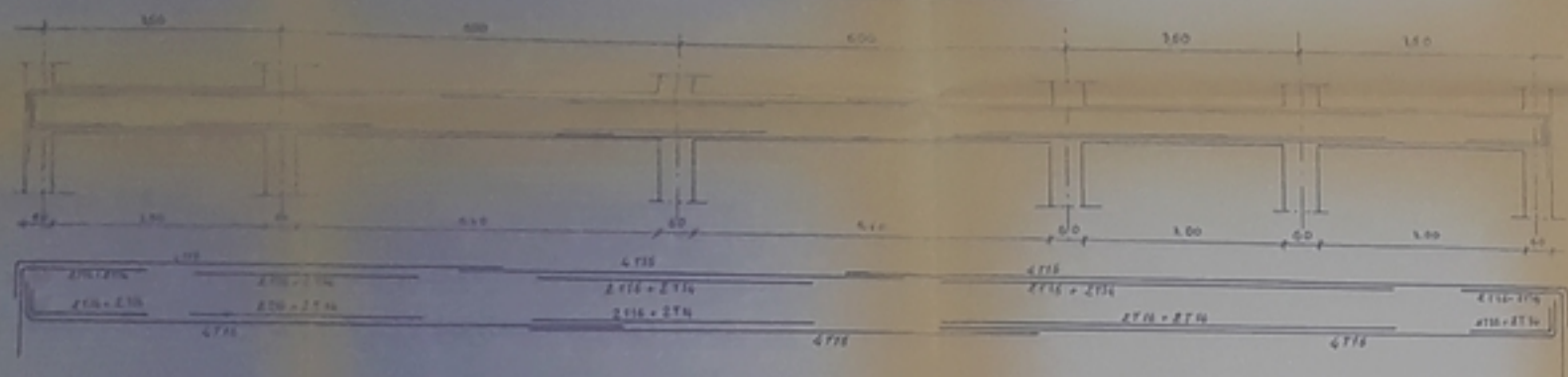
on prend 6T20 ($18,84 \text{ cm}^2$)

armature de peau : $A_p \geq 2 \text{ cm}^2/\text{ml}$

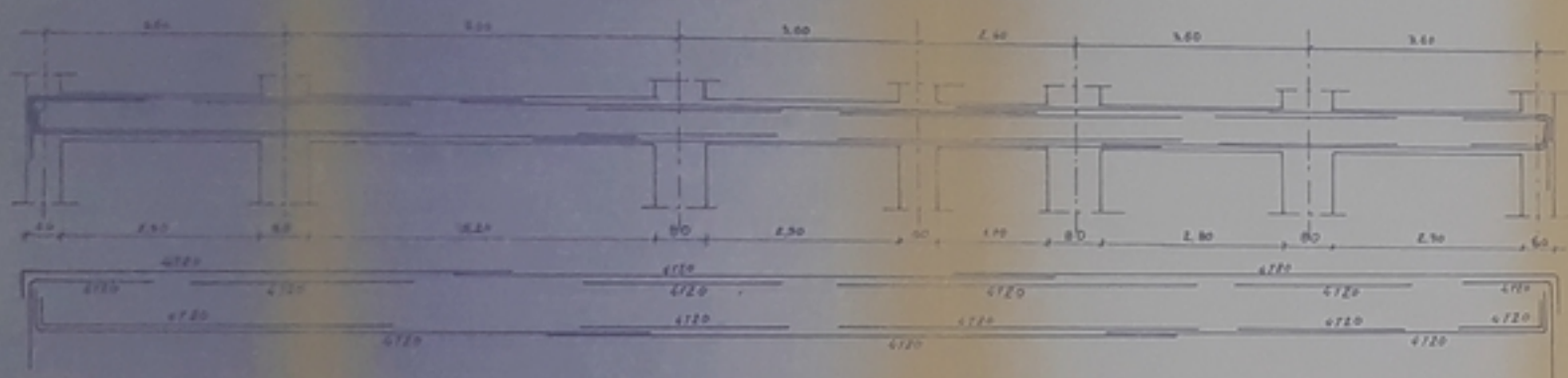
on prend 4T10/_{ml} ($A = 3,14 \text{ cm}^2$)



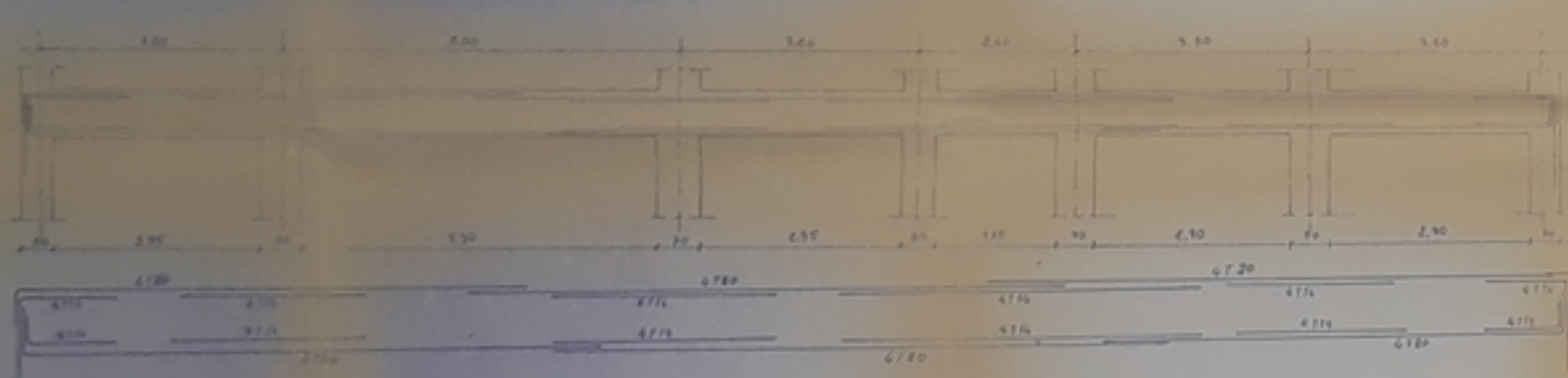
POUTRE NIV 4 "PORTIQUE C-C"



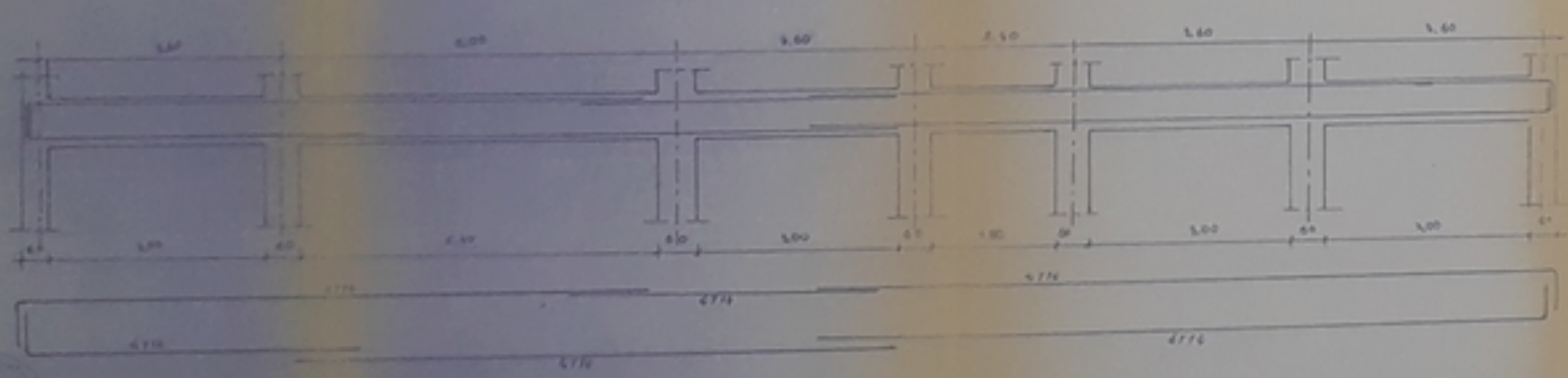
POUTRE NIV 1 "PORTIQUE B-B"



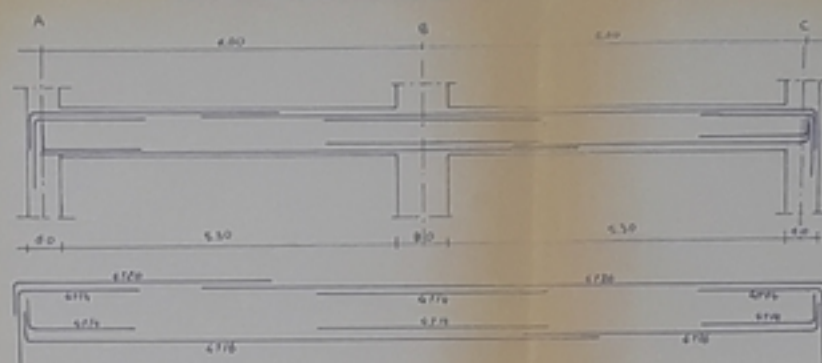
POUTRE NIV 5 "PORTIQUE B-B"



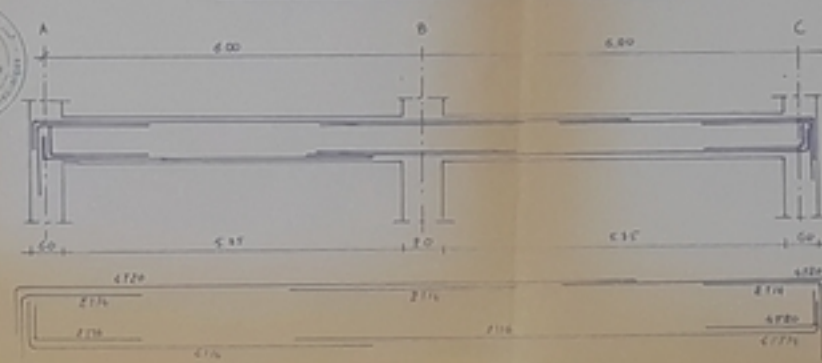
POUTRE NIV 9 "PORTIQUE B-B"



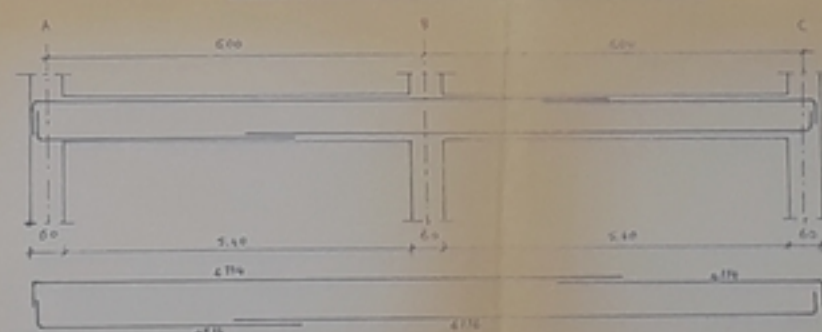
POUTRE "PORTIQUE 3-3" NIV 1



POUTRE NIV 6 "PORTIQUE 3-3"



POUTRE NIV 9 "PORTIQUE 3-3"



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

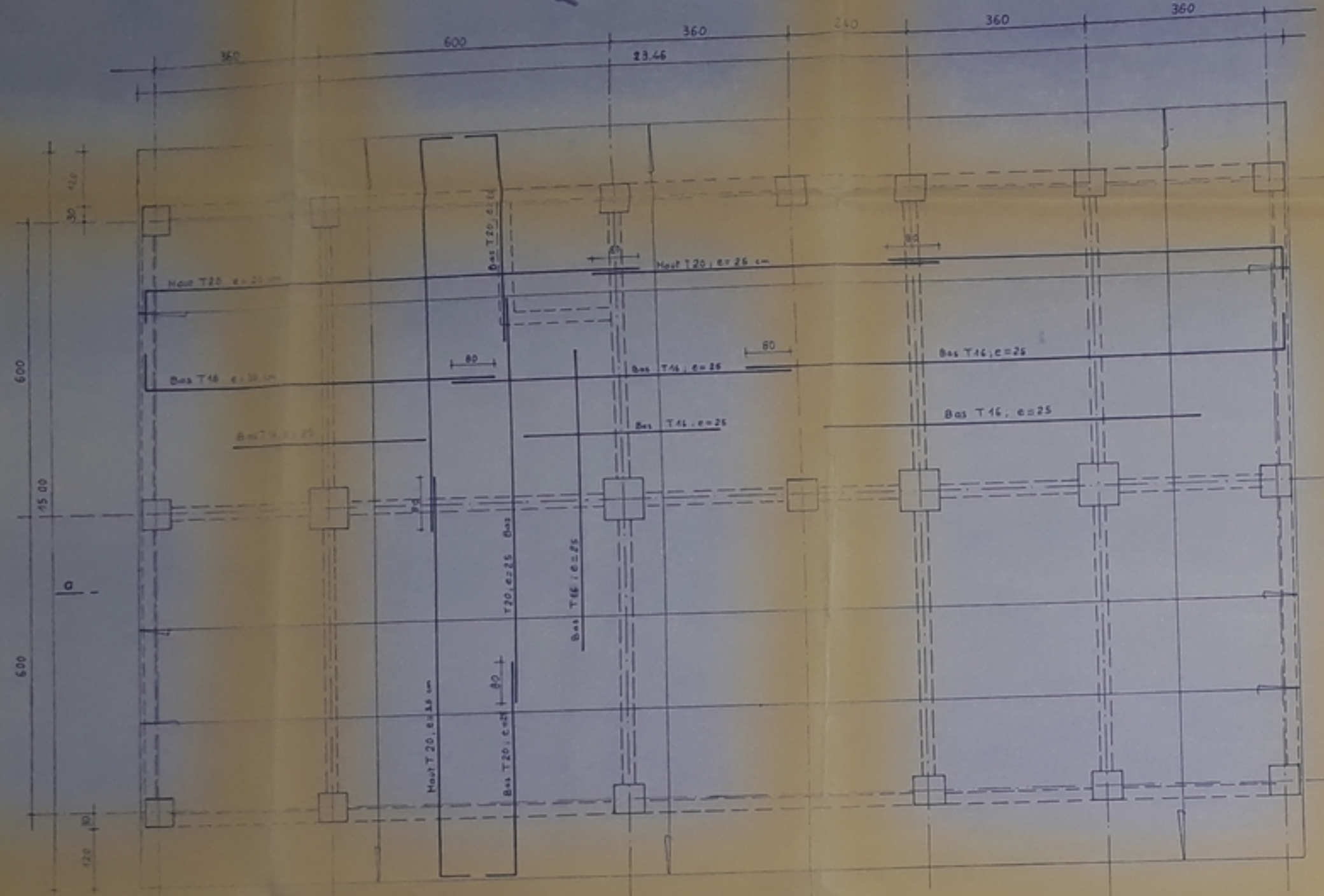
PROJET DE FIN D'ETUDES

FERRAILLAGES
DES
POUTRES

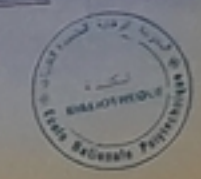
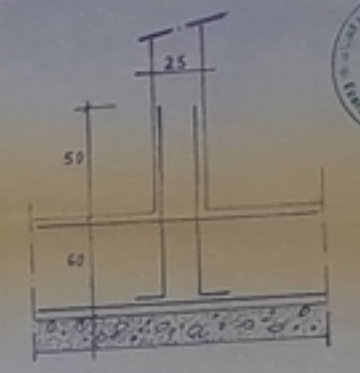
MEGUENN A.
LEHALALI M.

JANVIER 87

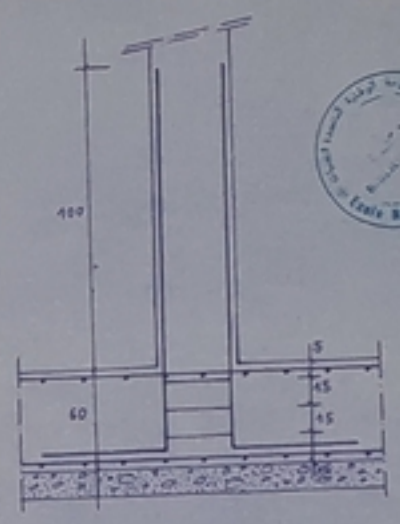
PB-8332
1



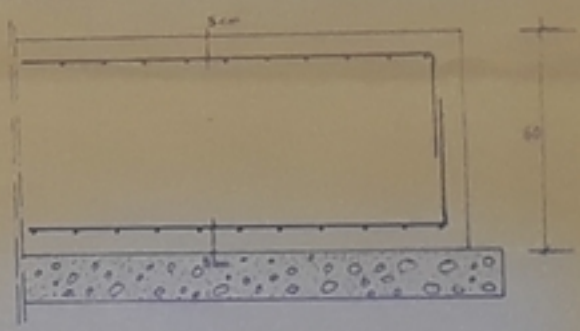
DETAIL D'ATTENTES VOILES



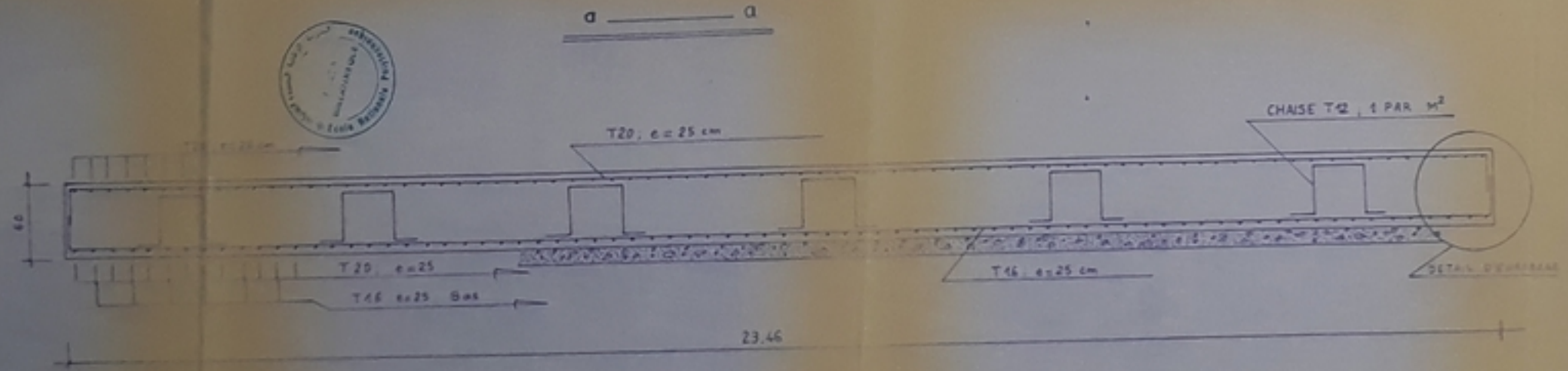
DETAIL D'ATTENTES POTEAU COURANT



DETAIL D'ENROBAGE DES ACIERS



PB 0298-
2

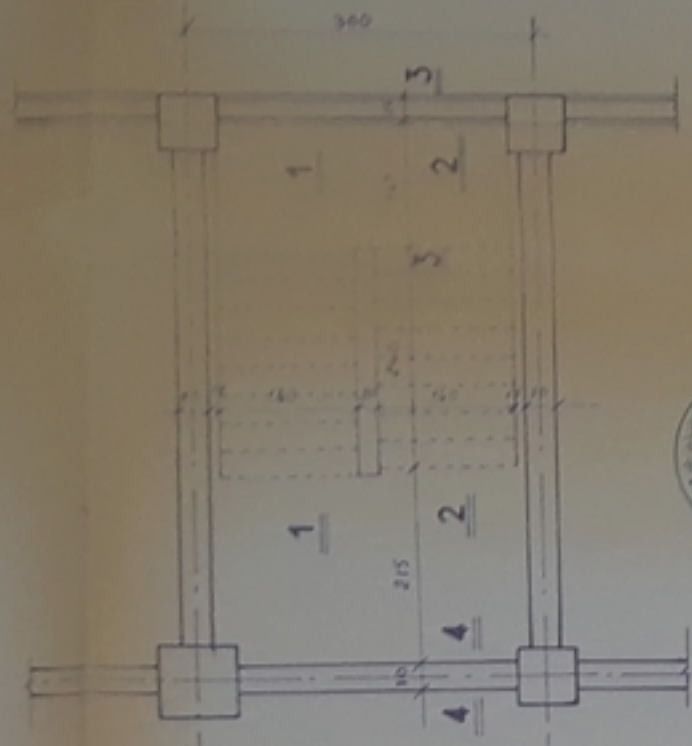


ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

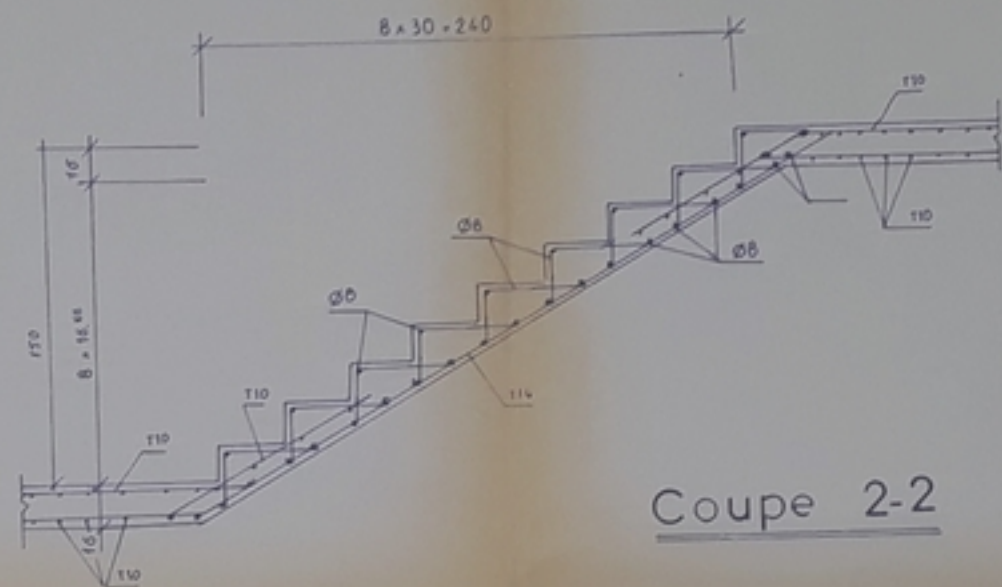
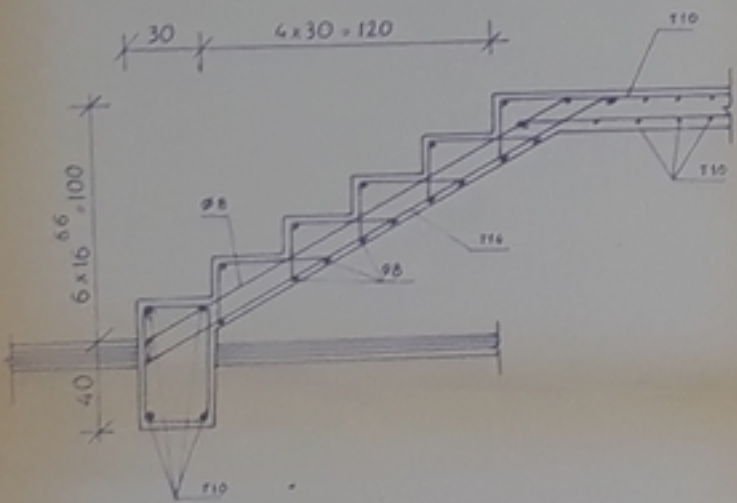
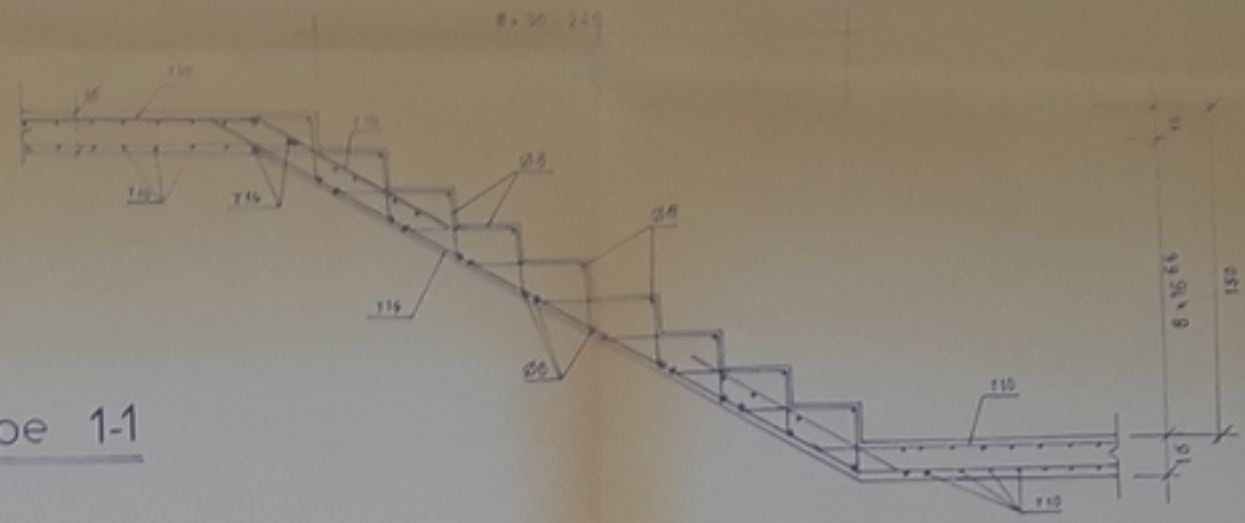
PROJET DE FIN D'ETUDES

COFFRAGE
ET FERRAILLAGE
DU RADIER GENERAL

MÉGUENNA A.
LEHALALI M.



Coupe 1-1

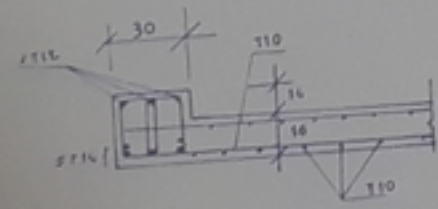


Coupe 2-2

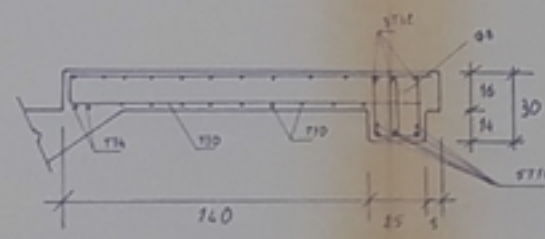


PB 02987

.3.



Coupe 4-4



Coupe 3-3



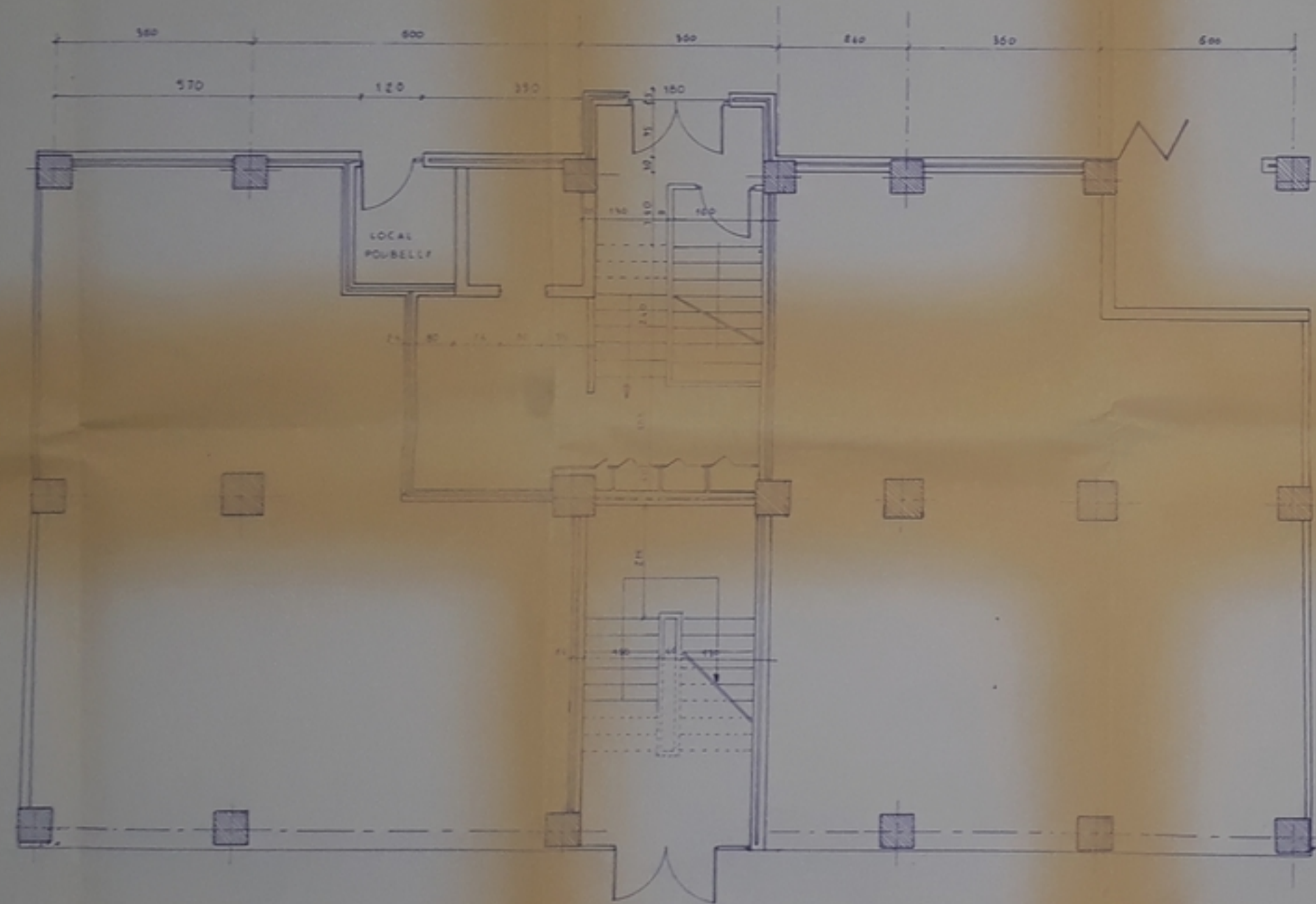
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

FERRAILLAGE
DES
ESCALIERS

MEGUENNI A
LEHALALI M

JANVER 87



600

609



PB0238²
-4-

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

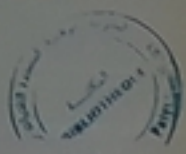
PROJET DE FIN D'ETUDES

VUE EN PLAN

REZ DE CHAUSSEE

MEGUENNI A.
LEHALALI M.

JAN VIER 87



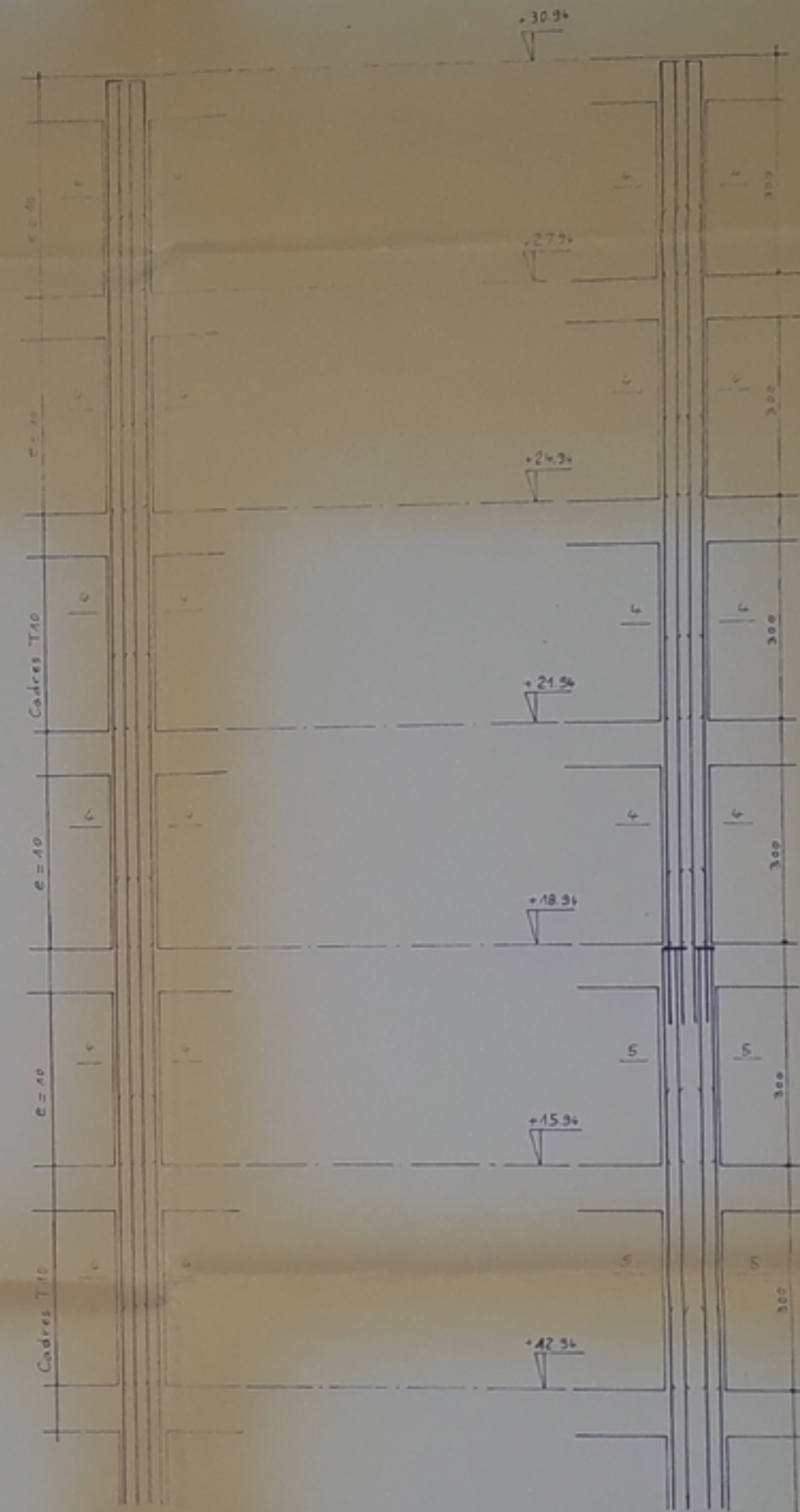
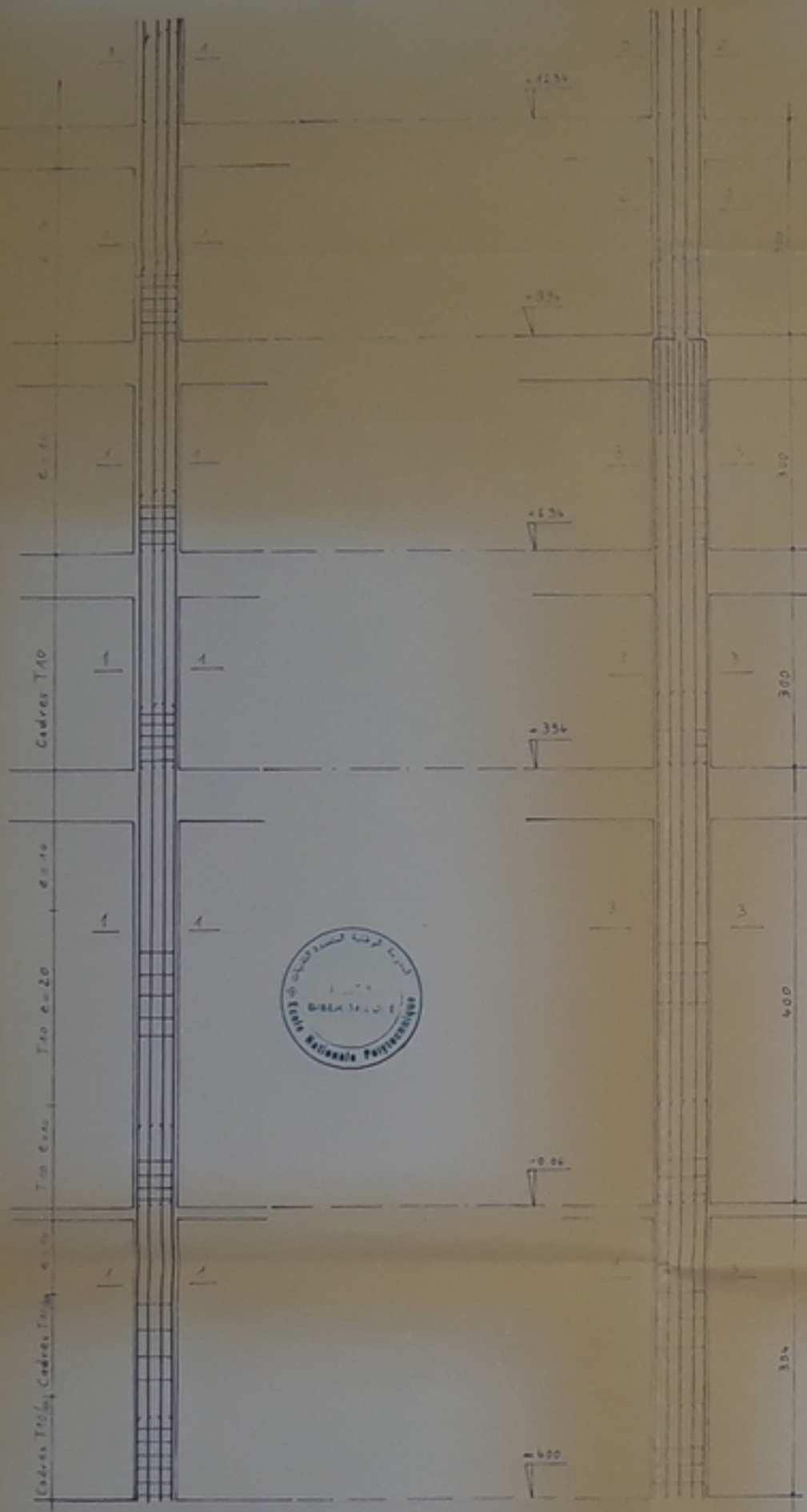
Poteau A3

Poteau B5

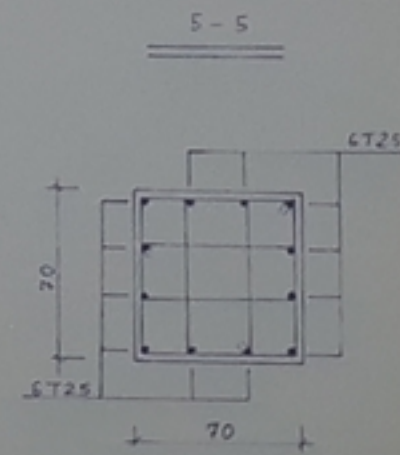
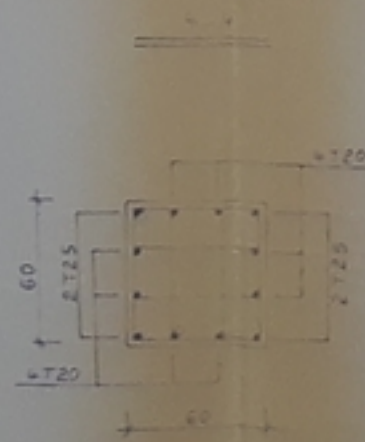
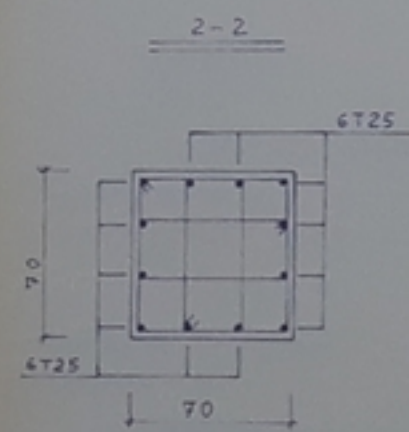
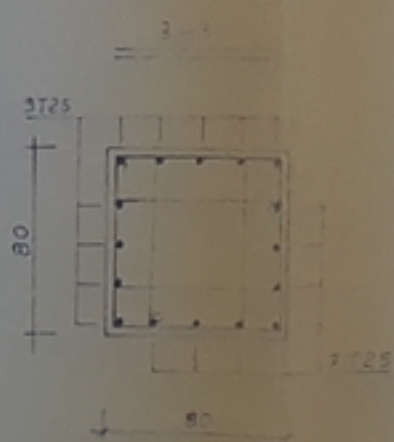
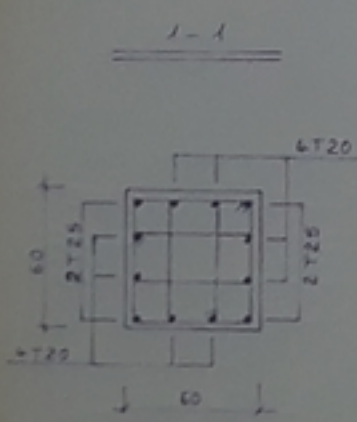


Poteau A3

Poteau B5



PB02982
-5-



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDES

FERRAILLAGES
DES
POTEAUX

MEGUENNI, A
LEHALALI M

JANVIER 87

