

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

8/85

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

Département : Génie Civil

2 esc

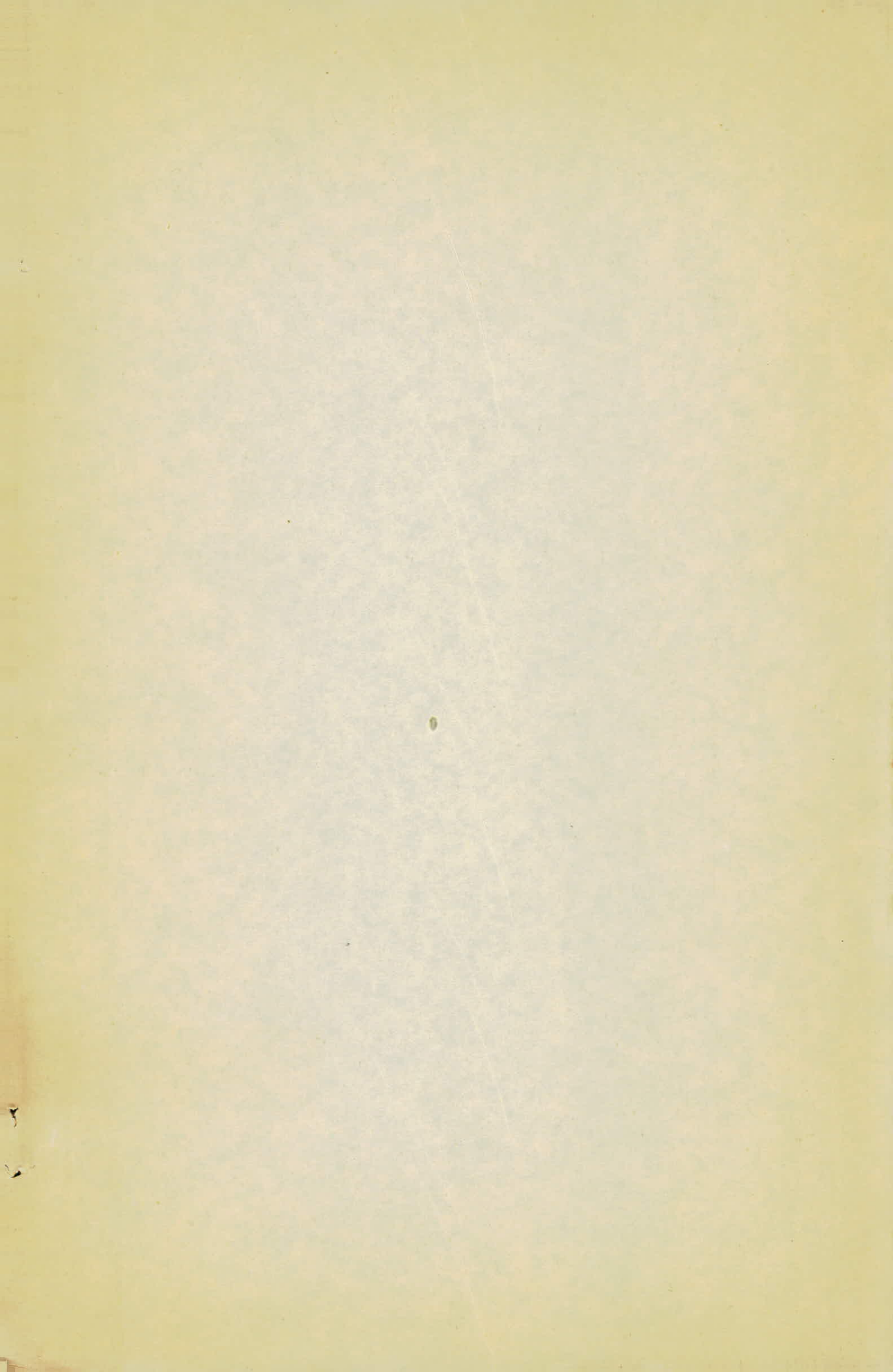
Projet de fin d'Etudes
en vue de l'obtention du Diplome d'ingénieur d'Etat

**Sujet : Batiment Administratif
Ossature auto stable
R - 7**

Proposé par :
B.E.H.A.

Etudié par :
K. BELALMI
S. BEDDIAF


Dirigé par
T. BRANCI



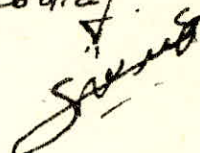
DEDICACES

Je dédie ce modeste travail :

- A la mémoire de mon père
- A ma chère "MERE" à qui je dois tout le respect, le dévouement, et la reconnaissance, pour ses sacrifices, pour ses conseils sa compréhension qui m'ont permis de franchir les plus grands obstacles
- A toute ma famille
- A tous mes amis.

K. Belalmi 

Je dédie ce humble travail à toute ma famille
et à tous ceux qui me sont chers.

S. Beddiaf 

REMERCIEMENTS

- Nous tenons à présenter nos plus sincères remerciements à notre promoteur M^E T. BRANCI pour tous ses conseils et son aide si efficaces.
- Nos plus sincères remerciements à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.
- Notre respect aux membres du Jury qui nous fera l'honneur d'apprécier notre modeste travail.
- que tous ceux qui nous ont aidé dans l'élaboration de ce travail trouvent ici l'expression de nos profonds remerciements:
M^E YANIA (Ingénieur E.T.A.U Hydra)
M^E KAMEL (pour le tirage).

K. Belalmi

S. BEdouf.

SOMMAIRE

- Présentation de L'ouvrage.	1
- Caractéristiques des matériaux.	4
- Charges et surcharges.	8
- Predimensionnement.	10
- Calcul des éléments.	15
1- Acrotère.	15
2- Poutrelles et table de compression.	18
3- Escaliers.	28
4- Poutre palière.	33
- Calcul des rigidités.	36
- Etude au seisme.	47
- Evaluation de la période.	51
- Efforts dans Les portiques engendrés par Les charges horizontales.	73
- Déformations horizontales.	86
- Vérification au renversement.	88
- Efforts dans Les portiques engendrés par Les forces verticales.	89
- Superposition des sollicitations.	111
- Ferrailage des portiques.	131
A- Ferrailage des poutres.	134
B- Ferrailage des poteaux.	175
- Voile périphérique.	197
- Fondations.	198
- Longrines.	205
- Joint de dilatation.	206.

Presentation de l'ouvrage.

1

L'ouvrage qui fait l'objet de notre projet de fin d'études a été proposé par le bureau d'étude de l'habitat d'Alger (B.E.H.A.).

C'est un bâtiment à usage administratif qui sera implanté en zone de moyenne sismicité.

Nous ferons dans ce qui suit l'étude des éléments résistants de ce bâtiment. Il comporte deux blocs séparés par un joint de dilatation. Les deux blocs ont un rez-de-chaussée, 7 étages et un vide sanitaire.

Les dimensions du bâtiment sont les suivantes:

- largeur totale : 10,5 m.
- longueur totale : 27,67 m.
- hauteur totale (y compris l'acrotère): 29,74 m.
- hauteur d'étage : 3,63 m.

La structure de l'ouvrage est une structure autoportante où le contreventement est assuré dans les deux directions et à chaque niveau par des portiques.

Béton armé:

Le béton utilisé pour la construction de l'ouvrage sera conforme aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé (C.C.B.A. 69) ainsi qu'à toutes les règles en vigueur applicables en Algérie. Pour l'acier nous utiliserons de l'acier à haute adhérence (Fe E24) et de l'acier doux (Fe E24).

L'acier doit être propre.

Planchers:

Les planchers seront à corps creux : hourdis + table de compression reposant sur des poutrelles préfabriquées. Ces planchers auront une épaisseur de (16+4) cm et conformément au règlement du C.T.C., le plancher sur vide sanitaire aura une épaisseur de (16+6) cm.

Escaliers:

Les escaliers seront construits en béton armé et la réalisation s'effectuera par étage afin de limiter l'emploi des échelles. Les marches seront revêtues de carrelage.

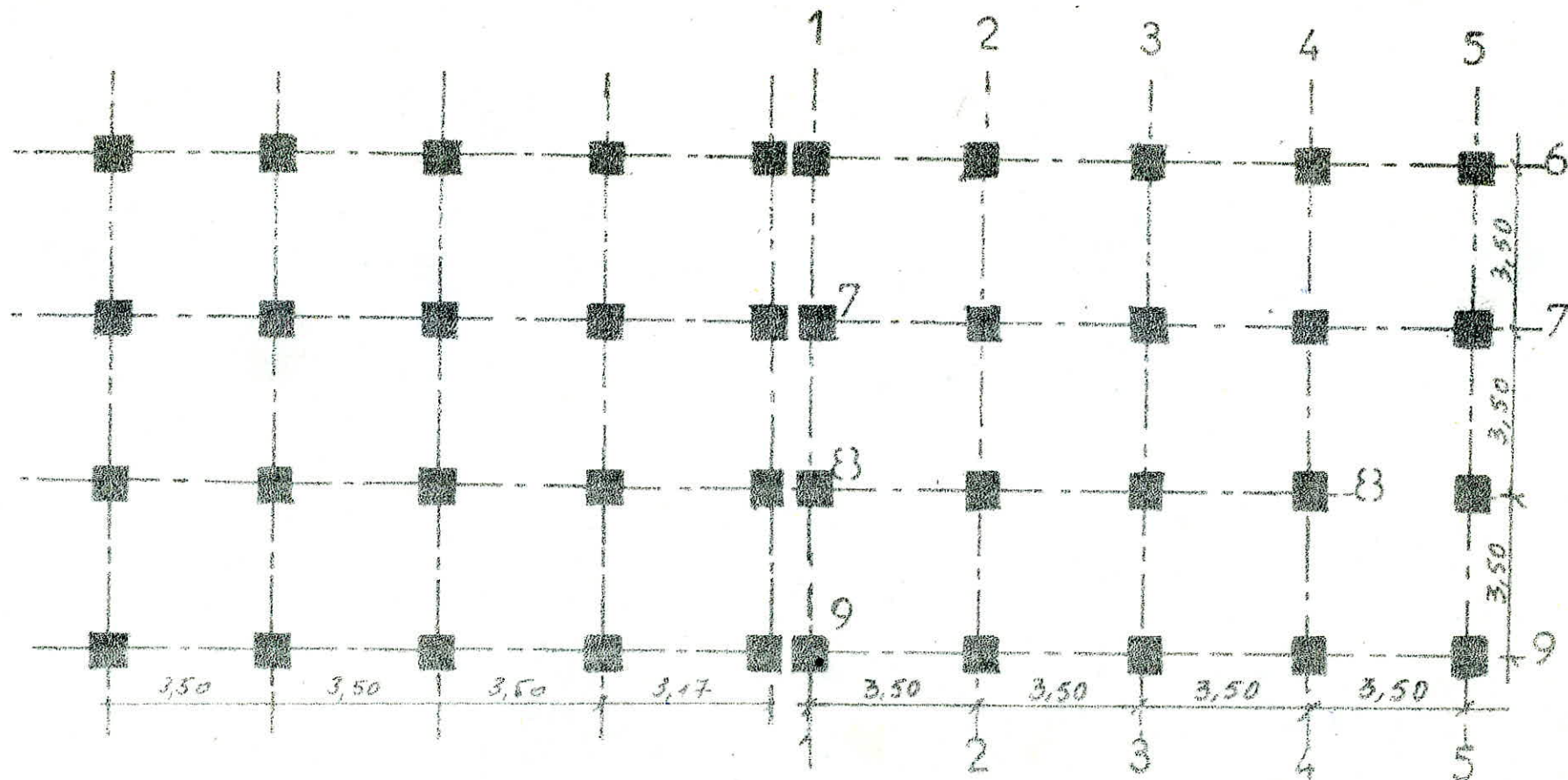
Maçonnerie:

Toute la maçonnerie sera constituée de briques creuses. Les murs extérieurs seront constitués de deux cloisons séparées par un vide d'air de 5 cm (15+5+5). Les murs intérieurs seront des cloisons de séparation de 10 cm d'épaisseur.

Revêtement:

- Enduit plâtre pour les murs et les planchers.
- Carrelage pour les planchers et les escaliers.
- Céramique dans les salles d'eau.

* Notation des poutres.



RDC

4

Caractéristiques des matériaux utilisés & Contraintes admissibles

* béton:

Il est dosé à 350 kg/m^3 de C.P.A. 325; contrôle atténué

La grosseur des granulats C_g : 5/15 mm.

La résistance nominale de la compression $\sigma'_{28} = 270 \text{ bars}$.

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

La composition d'un m^3 de béton est la suivante:

00 l de gravillon, 400 l de sable, 350 kg de ciment CPA325,
175 l d'eau.

- Contrainte de compression admissible:

Elle est donnée par: $\bar{\sigma}_b = \beta'_b \sigma'_{28}$ avec $\beta'_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \epsilon$ où:

α : dépend de la classe de ciment utilisé; pour le ciment de classe 325 $\rightarrow \alpha = 1$.

β : dépend de l'efficacité de contrôle; contrôle atténué $\rightarrow \beta = 5/6$.

γ : dépend des épaisseurs relatives (h_m) des éléments de construction et des dimensions des granulats (C_g).

si $h_m < 4 C_g \rightarrow \gamma = \frac{h_m}{4 C_g}$; si $h_m \geq 4 C_g \rightarrow \gamma = 1$.

δ : dépend de la nature des sollicitations.

$\delta = 0,3$ en compression simple.

$\delta = 0,6$ en flexion simple ou flexion composée lorsque l'effort normal est une traction.

$\delta = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,3 (1 + e_0 / 3 e_1) \\ 0,6 \end{array} \right\} \rightarrow$ dans une flexion composée si l'effort normal est une compression.

e_0 : excentricité de la résultante des forces extérieures par rapport au centre de gravité du béton seul.

e_1 : distance de la limite du noyau central au c.d.g. du béton seul

dans le plan radial passant par le centre de pression.

Quand il s'agira d'une sollicitation du 2^{ème} genre, les valeurs de δ seront multipliées par 1,5.

ϵ : dépend de la forme de la section et de la position de l'axe neutre.

- $\epsilon = 1$ dans le cas de la compression simple.

- $0,5 < \epsilon < 1$ dans les autres cas avec $\sigma'_m \leq \bar{\sigma}'_{b0}$

σ'_m étant la contrainte du béton de la section rendue homogène si elle est entièrement comprimée, ou du béton de la zone comprimée de la section homogène réduite.

Résumé:

- En compression simple:

$$\text{sous SP}_1 \quad \bar{\sigma}'_{b0} = 1,5/6 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 270 = 67,5 \text{ bars} = 67,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{sous SP}_2 \quad \bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 67,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$$

- En flexion simple:

$$\text{sous SP}_1 \quad \bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b0} = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{sous SP}_2 \quad \bar{\sigma}'_b = 1,5 \cdot 137 = 205,5 \text{ kg/cm}^2$$

- Contrainte de traction de référence:

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

α, β, γ prennent les mêmes valeurs que précédemment.

$$\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma'_{28}} = 0,018 + \frac{2,1}{270} = 0,0258 \quad (\sigma'_{28} \text{ en bars})$$

$$\text{sous SP}_1 \quad \bar{\sigma}_b = 5,8 \text{ bars} = 5,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{sous SP}_2 \quad \bar{\sigma}_b = 1,5 \cdot 5,8 = 8,7 \text{ kg/cm}^2$$

* Aciers:

1. Aciers doux (ronds lisses):

$$\text{Nuance Fe E24} \quad \sigma_{en} = 2350 \text{ bars} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

contraintes admissibles

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

sous SP₂ $\bar{\sigma}_a = 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2$.

2. Aciers à haute adhérence:

Nuance Fe E 40 $\sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ si $\phi \leq 20 \text{ mm}$.

$\sigma_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2$ si $\phi > 20 \text{ mm}$.

Contraintes admissibles:

$$\phi \leq 20 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_2 \end{cases}$$

$$\phi > 20 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2667 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4000 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_2 \end{cases}$$

3. Treillis soudés:

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

$\phi > 6 \text{ mm}$ $\sigma_{en} = 4500 \text{ kg/cm}^2$.

Contraintes admissibles:

$$\phi \leq 6 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_1 \\ \bar{\sigma}_a = 5300 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_2 \end{cases}$$

$$\phi > 6 \text{ mm} \rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3000 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4500 \text{ kg/cm}^2 & \text{sous SP}_2 \end{cases}$$

4. Armatures transversales (\perp à la ligne moyenne).

La contrainte de traction admissible est donnée par:

$$\bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \cdot \sigma_{en}$$

avec $\rho_{at} = 1 - \tau_b / 9 \bar{\sigma}_b$ si ρ_{at} est supérieur à $2/3$ et si la section ne comporte pas de reprise de bétonnage.

$\rho_{at} = 2/3$ sinon.

Contrainte de traction imposée par la condition de fissuration:

Les contraintes admissibles doivent rester inférieures ou égales à:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \sigma_1 = \frac{K \cdot \eta \cdot \bar{w}_f}{\phi (1 + 10 \bar{w}_f)} \rightarrow \text{fissuration systématique.} \\ \sigma_2 = 2,4 \sqrt{K \frac{\eta}{\phi} \bar{\sigma}_b} \rightarrow \text{fissuration accidentelle.} \end{array} \right.$$

η : coefficient de fissuration = $\begin{cases} 1 \text{ pour l'acier doux.} \\ 1,6 \text{ pour l'acier à haute adhérence.} \end{cases}$

ϕ : diamètre (en mm) de la plus grosse barre.

$\bar{w}_f = A/B_f$ pourcentage de fissuration

A : section de l'acier tendue ; B_f : section du béton envelopant les barres tendues.

$\bar{\sigma}_b$: contrainte de référence du béton (en bars).

K : coefficient caractérisant le préjudice des fissures sur l'ouvrage.

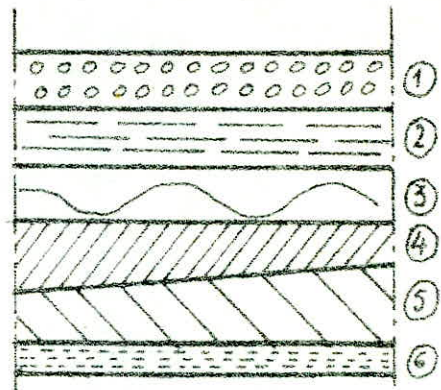
$$K = \begin{cases} 1,5 \cdot 10^6 & \text{fissuration peu préjudiciable.} \\ 1 \cdot 10^6 & \text{fissuration préjudiciable.} \\ 0,5 \cdot 10^6 & \text{fissuration très préjudiciable.} \end{cases}$$

* Charges:

- Plancher terrasse:

1. protection solaire (gravillon : 5cm)
 $0,05 \cdot 1800 = 90 \text{ kg/m}^2$
2. Etanchéité multicouche ... 10 kg/m^2
3. Isolation thermique (liège : 4cm)
 $0,04 \cdot 400 = 16 \text{ kg/m}^2$
4. Forme de pente (2%) ... 120 kg/m^2
5. Dalle de compression + hourdis (4+16)cm.
 285 kg/m^2
6. Enduit de plâtre (1,5cm) ... 30 kg/m^2

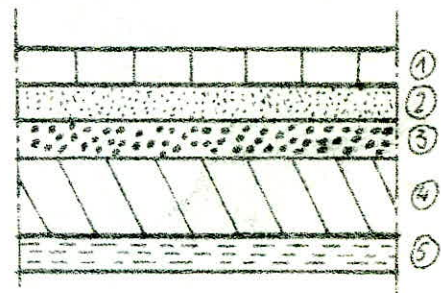
$$G = 551 \text{ kg/m}^2$$



- Plancher courant:

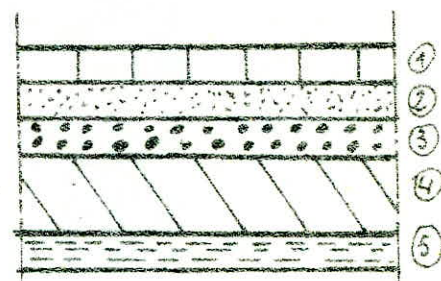
1. Carrelage (2cm) ... $0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
2. Mortier de pose (2cm) ... $0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ kg/m}^2$
3. Sable (1cm) ... $0,01 \cdot 1800 = 18 \text{ kg/m}^2$
4. Hourdis + table de compression (16+4)cm :
 285 kg/m^2
5. Enduit de plâtre ... 30 kg/m^2
6. Cloisons ... 75 kg/m^2

$$G = 492 \text{ kg/m}^2$$



- Plancher R.D.C.

1. Carrelage (2cm) ... $0,02 \cdot 2200 = 44 \text{ kg/m}^2$
2. Mortier de pose (2cm) ... $0,02 \cdot 2000 = 40 \text{ kg/m}^2$
3. Sable (1cm) ... $0,01 \cdot 1800 = 18 \text{ kg/m}^2$
4. Hourdis + table de compression (16+6)cm :
 325 kg/m^2



5. Enduit	18 kg/m ²
6. Cloisons	75 kg/m ²
	<hr/>
	G = 520 kg/m ²

- Acrotère:

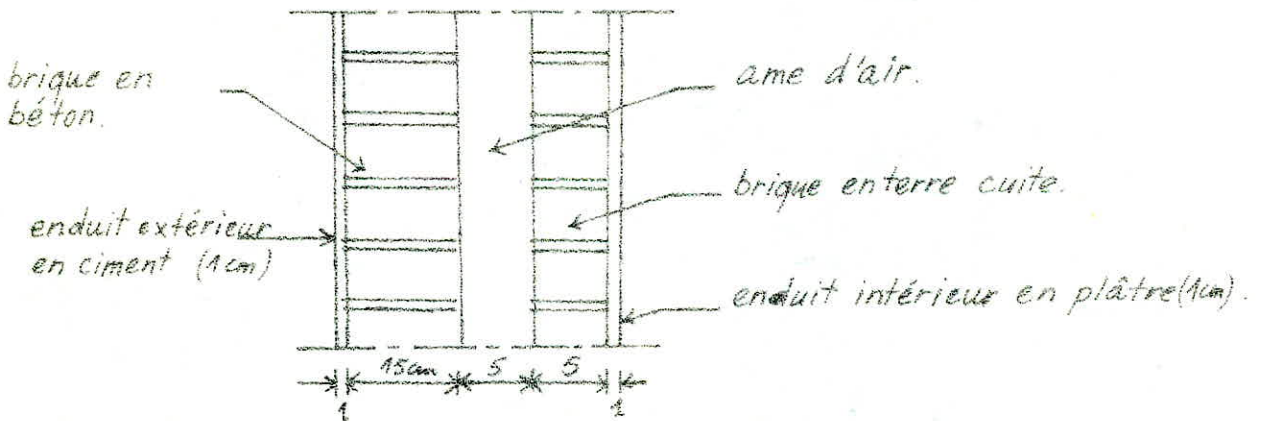
$$2500 \cdot 0,12 \cdot 0,65 = 195,0 \text{ kg/ml}$$

* Surcharges:

- Terrasse non accessible (sauf entretien)	100 kg/m ²
- Étage courant	175 kg/m ²
- Balcons	350 kg/m ²
- Escaliers	250 kg/m ²
- Acrotère, on considère une force horizontale due à la main courante	100 kg/ml

- Remplissage:

Le mur extérieur est formé d'une double cloison, l'une de 15cm, l'autre de 5cm et d'un vide d'air entre elles de 5cm.



- brique creuse (15cm)	157 kg/m ²
- brique creuse (5cm)	68 kg/m ²
- enduit en ciment	18 kg/m ²
- enduit en plâtre	10 kg/m ²
	<hr/>
	Σ = 253 kg/m ²

Poutres:

$$\left. \begin{array}{l} b \geq 20 \text{ cm} \\ ht \geq 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ en zone II.}$$

On prend : - pour les poutres portées : $b \times ht = 40 \times 50$.

- pour les poutres non portées : $b \times ht = 40 \times 40$.

Poteaux:

On fait une descente de charge au niveau du portique le plus chargé. Celui-ci est désigné par 7-7. On choisit un poteau central de section $(30 \times 30) \text{ cm}^2$.

- Niveau n_1 :

- plancher : $0,551 \cdot 12,25 = 6,75 \text{ t}$.
 - poutres longitudinales: = $1,4 \text{ t}$.
 - poutres transversales: = $1,75 \text{ t}$.
- total = 9,9 t

- Niveau n_2 :

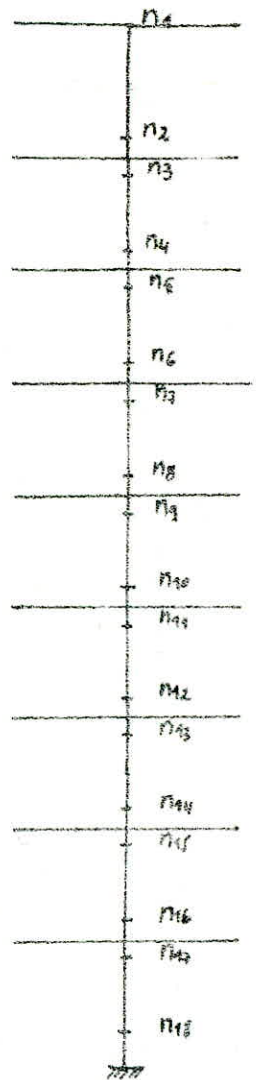
- venant de n_1 : = $9,9 \text{ t}$.
 - poteau: $0,30^2 \cdot 2,5 \cdot 3,63 = 0,82 \text{ t}$.
- total = 10,72 t

- Niveau n_3 :

- venant de n_2 : = $10,72 \text{ t}$.
 - plancher : $0,49 \cdot 12,25 = 6,027 \text{ t}$.
 - poutres longitudinales: = $1,4 \text{ t}$.
 - poutres transversales: = $1,75 \text{ t}$.
- total = 19,897 t

- Niveau n_4 :

- venant de n_3 : = $19,897 \text{ t}$.
 - poteau: = $0,82 \text{ t}$.
- total = 20,717 t



- Niveau n5:

- venant de n4: = 20,717t.
 - poutres longitudinales: = 1,4t.
 - poutres transversales: = 1,75t.
 - planches: = 6,027t.
-
- total = 29,894t.

- Niveau n6:

- venant de n5: = 29,894t.
 - poteau: = 0,82t.
-
- total = 30,714t.

- Niveau n7:

- venant de n6: = 30,714t.
 - poutres longitudinales: = 1,4t.
 - poutres transversales: = 1,75t.
 - planches: = 6,027t.
-
- total = 39,891t.

- Niveau n8:

- venant de n7: = 39,891t.
 - poteau: = 0,82t.
-
- total = 40,711t.

- Niveau n9:

- venant de n8: = 40,711t.
 - poutres longitudinales: = 1,4t.
 - poutres transversales: = 1,75t.
 - planches: = 6,027t.
-
- total = 49,888t.

- Niveau n_{10} :

- venant de n_9 : = 49,778 t.
- poteau: = 0,82 t.
- total = 50,708 t.

- Niveau n_{11} :

- venant de n_{10} : = 50,708 t.
- poutres longitudinales: = 1,4 t.
- poutres transversales: = 1,75 t.
- planchers: = 6,027 t.
- total = 59,885 t.

- Niveau n_{12} :

- venant de n_{11} : = 59,885 t.
- poteau = 0,82 t.
- total = 60,705 t.

- Niveau n_{13} :

- venant de n_{12} : = 60,705 t.
- poutres longitudinales: = 1,4 t.
- poutres transversales: = 1,75 t.
- planchers: = 6,027 t.
- total = 69,882 t.

- Niveau n_{14} :

- venant de n_{13} : = 69,882 t.
- poteau: = 0,82 t.
- total = 70,702 t.

- Niveau n_{15} :

- venant de n_{14} : = 70,702 t.
- poutres longitudinales: = 1,4 t.

- poutres transversales: = 1,75 t.
 - plancher: = 6,027 t.
-
- total = 79,879 t.

- Niveau n₁₆:

- venant de n₁₅: = 79,879 t.
 - poteau: = 0,82 t.
-
- total = 80,699 t.

- Niveau n₁₇:

- venant de n₁₆: = 80,699 t.
 - poutres longitudinales: = 1,4 t.
 - poutres transversales: = 1,75 t.
 - plancher: = 6,027 t.
-
- total = 89,876 t.

- Niveau n₁₈:

- venant de n₁₇: = 89,876 t.
 - poteau: $0,30^2 \cdot 29 \cdot 2,5 = 0,852 t.$
-
- total = 90,528 t.

Donc $G = 90,528 t.$

Calcul de l' " Charge d'exploitation:

$$1,2 \cdot P = 8 (1,2 \cdot S_c) + 1,2 \cdot S_t =$$

$$= 8 (1,2 \cdot 0,25 \cdot 12,25) + 1,2 \cdot 12,25 \cdot 0,1 = 30,97 t.$$

Le poteau doit répondre aux conditions exigées par le C.T.C. ci-dessous:

a) $b_1, b_2 \geq \frac{K \cdot N}{\sigma_{28}}$ avec $K = 4$ en zone II.

$$N = G + 1,2 \cdot P = 121,398 t.$$

b) $\min(b_1, b_2) > 25 \text{ cm}$ en zone II.

c) $\frac{1}{3} \leq \frac{b_1}{b_2} \leq 3.$

$$a) \frac{K \cdot N}{\sigma_{iR}} = \frac{4.121,398 \cdot 10^3}{270} = 1765,79 \text{ cm}^2$$

Pour vérifier la condition a), on doit prendre une section $(45 \times 45) \text{ cm}^2$

$$A = b_1 \cdot b_2 = 45 \cdot 45 = 2025 \text{ cm}^2 > 1765,79 \text{ cm}^2$$

$$b) \text{Min}(b_1, b_2) = 45 \text{ cm} > 25 \text{ cm} \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$c) \frac{1}{3} \leq 1 \leq 3 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

La section $45 \times 45 \text{ cm}^2$ est adoptée pour tous les poteaux.

1. Acrotère:

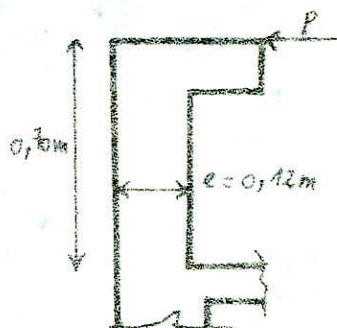
L'acrotère est assimilée à une console encastrée dans le plancher terrasse.

Le calcul se fera pour une bande de 1 m dont les dimensions sont les suivantes:

épaisseur : $e = 0,12 \text{ m}$.

$h = 0,70 \text{ m}$.

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



on a les efforts suivants:

- poids propre : $G = 0,12 \cdot 0,70 \cdot 2500 = 210 \text{ kg/ml}$.

- surcharge : $p = 100 \text{ kg/ml}$ (due à la main courante).

Pour le calcul, on considère une section rectangulaire ($0,12 \times 1 \text{ m}$) soumise à la flexion composée sous un effort normal N et un moment de flexion M .

$N = G = 210 \text{ kg/ml}$ $M = 1,2 p \cdot 0,65 = 84 \text{ kg.m/ml}$.

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

- Excentricité : $e_0 = \frac{M}{N} = 0,4 \text{ m} = 40 \text{ cm}$; $e_1 = \frac{ht}{2} = 6 \text{ cm}$.

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

- Moment fictif : M_f $M_f = N \left(e_0 + \frac{ht}{2} = d \right) = 210 (40 + 6 - 2) = 92,4 \text{ kg.cm}$.

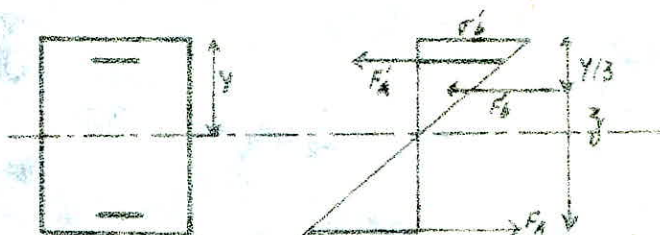
- Moment résistant du béton (M_{rb}):

$M_{rb} = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \bar{\sigma}_b \cdot \gamma \cdot \left(h - \frac{\gamma}{3} \right)$ avec $\gamma = \frac{n \cdot \bar{\sigma}_b}{n \cdot \bar{\sigma}_b + \bar{\sigma}_a} \cdot h$

$\bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$; $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$; $h = 70 - 2 = 68 \text{ cm}$; $b = 100 \text{ cm}$.

d'où $\gamma = 4,23 \Rightarrow M_{rb} = 2490 \text{ kg.cm}$.

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



- Armatures tendues:

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

$$\mu = \frac{15 \cdot M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,00495 \rightarrow \epsilon = 0,9679 ; K = 141.$$

$$A_{fa} = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = 0,3409 \text{ cm}^2.$$

$$\text{d'où: } A_{fc} = A_{fa} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,2659 \text{ cm}^2.$$

Cette section est très faible, on adoptera la section d'armature minimale donnée par la condition de non fragilité.

- Condition de non fragilité: (C.C.B.A. 67. Art 52).

$$A \geq 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 100 \cdot 10 = 0,97 \text{ cm}^2.$$

on adoptera (5T6/ml) $\rightarrow A = 1,41 \text{ cm}^2$; avec un espacement constant de 20cm et on prévoit également des armatures perpendiculaires aux armatures principales

- Vérification de la contrainte de compression du béton:

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{141} = 19,858 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2. \text{ c'est vérifié.}$$

- Condition de non fissuration:

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

$K = 10^6$ fissuration préjudiciable.

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

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

$$\sigma_1 = \frac{K \cdot \eta \cdot \bar{\omega}_f}{\phi(1 + 10 \cdot \bar{\omega}_f)} = 901,8 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{K \cdot \eta \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\phi}} = 3010,38 \text{ kg/cm}^2.$$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 3010,38 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$ la fissuration est vérifiée.

- Vérification à l'effort tranchant:

On doit vérifier : $A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z}$.

$$T = 1,2 \cdot P = 120 \text{ kg} \quad ; \quad M = -8400 \text{ kg.cm} \quad ; \quad z = \frac{7}{8} \cdot h = 8,75 \text{ cm}.$$

$$T + \frac{M}{z} = 120 - \frac{8400}{8,75} < 0.$$

L'armature ne sera pas soumise à aucun effort de traction supplémentaire.

- Vérification au seisme:

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

$$F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p \quad (\text{R.P.A.}).$$

où : $Z = \frac{\text{valeur du coefficient "A" pour le groupe d'usage du bâtiment.}}{\text{valeur du coefficient "A" pour le groupe d'usage du bâtiment en zone II}}$

$$Z = \frac{0,15}{0,25} = 0,6.$$

$A =$ coefficient d'accélération de zone. Les valeurs de A sont tirées du tableau 1 (R.P.A. page 14).

$I = \frac{\text{valeur du coefficient "A" pour le groupe d'usage du bâtiment.}}{\text{valeur du coefficient "A" pour le groupe d'usage en zone II.}}$

$$I = \frac{0,15}{0,15} = 1.$$

C_p : la valeur de C_p est tirée du tableau 4 (R.P.A. page 37) en fonction de l'immeuble et de la direction horizontale de la force.

$$C_p = 0,8$$

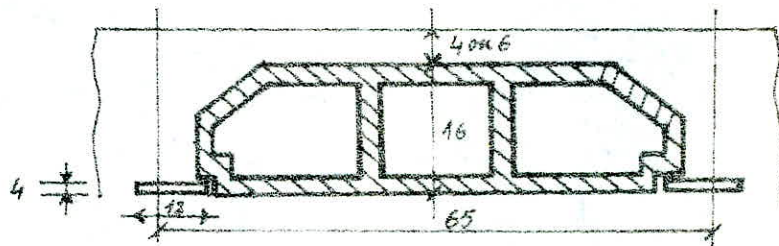
$$W_p: \text{ poids propre de l'acrotère} = 1,0 \cdot 12,0 \cdot 7 \cdot 2500 = 210 \text{ kg/ml}.$$

d'où : $F_p = 100,8 < 1,2 P = 120 \rightarrow$ c'est vérifié.

2. Poutrelles et tables de compression:

Tous les planchers sont à corps creux constitués de poutrelles préfabriquées associées aux corps creux (46+4) cm et (16+6) cm pour le plancher r.d.c.

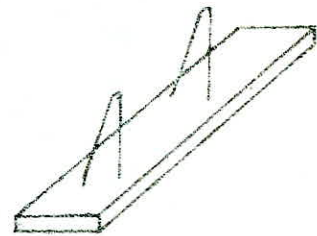
4 cm et 6 cm étant des épaisseurs de la table de compression. Les poutrelles possèdent des armatures en attente permettant une bonne liaison avec le béton de la table de compression et elles seront disposées suivant le sens longitudinal du bâtiment.



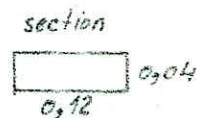
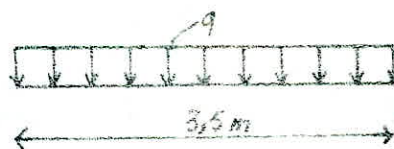
Les poutrelles sont calculées sous la sollicitation du 1^{er} genre (G + 1,2.p); le calcul se fait en deux étapes:

- 1^{ère} étape:

Avant le coulage du béton, la poutrelle est considérée comme simplement appuyée, elle supporte son poids propre, l'hourdis et la surcharge de l'ouvrier qui pose l'hourdis.



- schéma statique:



- charge supportée par la poutrelle:

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

• corps creux : $0,65 \times 3,5 = 0,062 \text{ t/ml}$.

• surcharge pondérée : $1,2 \times 0,1 \times 0,65 = 0,078 \text{ t/ml}$.

$$q = 0,152 \text{ t/ml}$$

- moment en travée : $M_0 = q \cdot l^2 / 8 = 0,152 \cdot 3,5^2 / 8 = 0,233 \text{ t.m}$.

- effort tranchant aux appuis : $T_{\max} = q \cdot l / 2 = 0,152 \cdot 3,5 / 2 = 0,266 \text{ t}$.

- Calcul des armatures (méthode de P. CHARRON):

On considère un enlèvement $d = 2 \text{ cm}$.

$$\mu = \frac{15 \cdot M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 2,6 \rightarrow K = 1,81.$$

$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 1546,96 > \bar{\sigma}'_b \rightarrow$ les armatures comprimées sont nécessaires. Vu les dimensions de la section du béton ceci est impossible. On prévoit des échafaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et les surcharges avant le coulage de la table de compression.

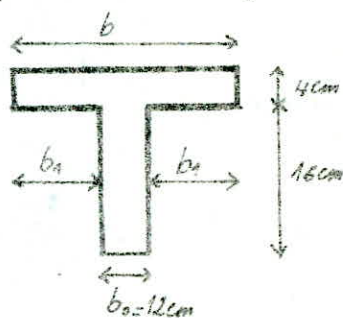
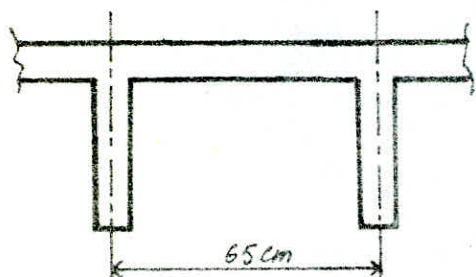
- 2^{ème} étape:

La poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue. Elle sera calculée comme une section en T^e en travée et comme une section rectangulaire aux appuis.

A. poutrelles du plancher terrasse et planchers courants:

On a deux types de poutrelles, donc le calcul sera fait seulement avec le moment max en travée, le moment max sur appui et l'effort tranchant max de toutes les travées et appuis.

A.1: Calcul de la largeur de la table de compression: (C.C.B.A. 68. Art 55).



l : distance entre faces voisines de 2 nervures consécutives = $65 - 12 = 53$ cm.

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

$$b_1 \leq \frac{L}{10} = 350/10 = 35 \text{ cm.}$$

$$b_1 \leq (6 \div 8 h_0) = (24 \div 32) \text{ cm.}$$

la première condition est la plus restrictive don $b_1 = 26,5$ cm.

$$\text{d'où } b = 2b_1 + b_0 = 2 \cdot 26,5 + 12 = 65 \text{ cm.}$$

A.2: détermination des efforts agissants sur la poutrelle:

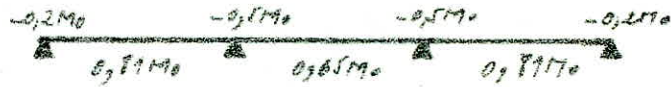
Le plancher est à surcharges modérées, on peut utiliser la méthode

fermaitaire (C.C.B.A. 68 - Art 55). si on appelle M_0 le moment isostatique en travée, on aura:

• poutrelle type 1:



• poutrelle type 2:



A-2.1: charges et surcharges:

pour une poutrelle:

- plancher terrasse: $q = 0,65 (0,551 + 4,2 \times 0,1) = 0,436 \text{ t/ml.}$

- plancher courant: $q = 0,65 (0,492 + 1,2 \times 2,5) = 0,514 \text{ t/ml.}$

on calculera le ferrailage de toutes les poutrelles des planchers terrasse et courants avec $q = 0,514 \text{ t/ml.}$

• $M_0 = q \cdot l^2 / 8 = 0,788 \text{ t.m.}$

• les moments maximums qui serviront aux calculs sont:

$M_t = 0,81 M_0 = 0,638 \text{ t.m.}$

$M_a = -0,5 M_0 = -0,394 \text{ t.m.}$

• effort tranchant max:

$T^{\max} = q \cdot l / 2 + (0,5 M_0 - 0,2 M_0) / l = 0,967 \text{ t.}$

$M_t^{\max} = 0,638 \text{ t.m.}$

$M_a^{\max} = 0,394 \text{ t.m.}$

$T^{\max} = 0,967 \text{ t.}$

A.3. Ferrailage: (méthode de P. CHARRON).

a. armatures longitudinales:

- En travée: $\mu = \frac{15 \cdot 0,638 \cdot 10^5}{2800 \cdot 55 \cdot 18^2} = 0,0162.$

$\rightarrow K = 73,75$; $\epsilon = 0,94365$; $\kappa = 0,169 \rightarrow \alpha \cdot h = 3,042 < h_0 = 4 \text{ cm}$

\Rightarrow l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire de $(b, h) = 65 \times 18.$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 37,97 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_e}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = \frac{0,638 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,94365 \cdot 18} = 1,34 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 1,57 \text{ cm}^2 (2T10).$$

- Aux appuis:

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,394 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,0543 \rightarrow \varepsilon = 0,9027 ; K = 36,4$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{36,4} = 76,9 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{0,394 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9027 \cdot 18} = 0,866 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 1,13 \text{ cm}^2 (1T12).$$

- Vérifications:

1. contraintes:

- en travée:

$$\bar{w} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 1,57}{65 \cdot 18} = 0,134 \rightarrow \varepsilon = 0,9394 ; K = 67,5.$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} = \frac{0,638 \cdot 10^5}{1,57 \cdot 0,9394 \cdot 18} = 2403,2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{67,5} = 26,44 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- aux appuis:

$$\bar{w} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 1,13}{12 \cdot 18} = 0,52 \rightarrow \varepsilon = 0,8918 ; K = 31,2.$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{0,394 \cdot 10^5}{1,13 \cdot 0,8918 \cdot 18} = 2172,089 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2172,089}{31,2} = 69,6 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

2. condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \bar{\sigma}_b / \sigma_{en}.$$

- en travée:

$$A = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 65 \cdot 18 \cdot 5,9 / 4200 = 1,43 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appuis:

$$A_a = 1,13 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 12 \cdot 18 \cdot 5,9 / 4200 = 0,21 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

3. Condition de la flèche:

$$- h_t / l = 20 / 350 = 0,057 > \frac{1}{15} \cdot \frac{M_b}{M_o} = \frac{1}{15} \cdot \frac{0,638}{0,738} = 0,053$$

$$- h_t / l = 0,057 > \frac{1}{22,5} = 0,044$$

$$- A = 1,57 < \frac{36 \cdot b \cdot h}{\sigma_{en}} = 1,85$$

aucune justification de la flèche n'est nécessaire.

4. Vérification de la fissuration:

- en travée:

$$\sigma_2 = 2,4 \cdot \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10}} = 2856 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appuis:

$$\bar{\omega}_f = \frac{1,13}{4 \cdot 12} = 0,0235 ; \sigma_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,0235}{12(1+0,235)} = 2806 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

5. Vérification de l'adhérence:

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

$$\tau_d = \frac{T^{max}}{\pi \cdot \rho \cdot z} = \frac{967}{2 \cdot 3,14 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = 9,77 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_d = 24d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

} $\tau_d < \bar{\tau}_d \rightarrow \text{c'est vérifié.}$

6. Condition aux appuis:

$$A \geq T + \frac{M}{z} = 967 - \frac{0,394 \cdot 10^5 \cdot 8}{7 \cdot 18} = -1534,58 < 0$$

b. Armatures transversales:

La contrainte de cisaillement est: $\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{0,967 \cdot 10^3}{12 \cdot \frac{7}{8} \cdot 18} = 5,11 \text{ kg/cm}^2$

$$\sigma'_b = 89,7 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \cdot \bar{\sigma}'_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b \rightarrow$ les armatures transversales droites suffisent. On choisit des cadres ϕ_6 ($A_t = 0,565 \text{ cm}^2$) en acier doux.

= contrainte admissible des armatures transversales avec reprise de bétonnage:

$$\sigma_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2.$$

= espacement admissible:

$$E = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 h = 3,6 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0,3 \cdot \frac{\sigma_{at}}{\sigma_b}\right) = 18 \left(1 - 0,3 \cdot \frac{1600}{5,9}\right) = 13,32 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

$$\rightarrow E = 13,32 \text{ cm.}$$

= l'écartement des armatures transversales est donné par:

$$t = \frac{A_t \cdot \gamma \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{0,56 \cdot 7 \cdot 18 \cdot 1600}{967,8} = 14,59 \text{ cm.}$$

on prend un espacement: $t = 14 \text{ cm.}$

le premier cours d'armatures sera à $\frac{t}{2} = 7 \text{ cm}$ du nu d'appui.

c. Ferrailage de la table de compression (C.C.B.A. 68 - Art 58-2):

Afin de limiter les risques de fissuration et pour faire répartir les charges, on prévoit un treillis soudé (quadrillage) de maille 20×20 .

Ses dimensions des mailles ne doivent pas dépasser:

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

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

Les sections de ces armatures doivent vérifier les conditions suivantes:

- armatures perpendiculaires aux nervures:

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

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

Dans notre cas $l_n = 65 \text{ cm}$, $\sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2$ ($\phi \leq 6 \text{ mm}$).

$$\text{d'où: } A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2 < A_{\perp N} = 1,41 \text{ cm}^2 = 5 \phi_6 / \text{ml.}$$

- armatures parallèles aux nervures:

$$A_{// N} \geq \frac{A_{\perp N} / \text{ml}}{2} = \frac{1,41}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 < A_{// N} = 5 T_6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2.$$

On adopte un treillis soudé ϕ_c maille 20×20 .

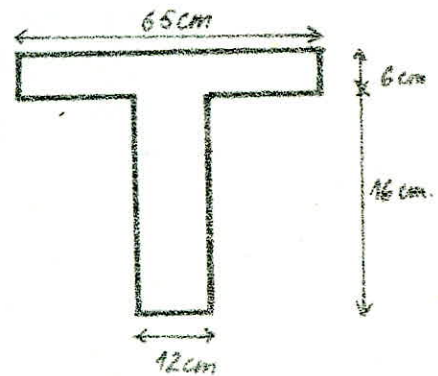
B. poutrelles du rez-de chaussée:

On a un rez-de chaussée sur vide-sanitaire, le règlement oblige à prendre 6cm au lieu de 4cm pour la table de compression. Comme pour les poutrelles des autres planchers, on doit prévoir des échafaudages avant le coulage du béton. Les dimensions de la section à étudier ne changent pas $b = 65 \text{ cm}$.

B.1: Détermination des efforts agissant sur la poutrelle:

On a deux types de poutrelles.

On procède comme pour les poutrelles des planchers précédents.



B.1.1: Charges et surcharges à considérer:

Pour une poutrelle on a:

- poids propre du plancher : $0,65 \times 0,120 = 0,338 \text{ t/ml}$.

- surcharge pondérée : $\frac{1,2 \times 0,65 \times 0,15}{0,15} = 0,195 \text{ t/ml}$.

$q = 0,533 \text{ t/ml}$.

- $M_0 = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{0,533 \cdot 3,5^2}{8} = 0,816 \text{ t.m}$.

- les moments maximums qui serviront au calcul:

$M_t^{\text{max}} = 0,81 \cdot M_0^{\text{max}} = 0,81 \cdot 0,816 = 0,66 \text{ t.m}$.

$M_a^{\text{max}} = -0,5 \cdot M_0^{\text{max}} = -0,5 \cdot 0,816 = -0,408 \text{ t.m}$.

- effort tranchant max:

$T_{\text{max}} = \frac{q \cdot l}{2} + \frac{0,5 \cdot 10 \cdot 0,21 M_0}{l} = \frac{0,533 \cdot 3,5}{2} + \frac{0,3 \cdot 0,816}{3,5} = 1 \text{ t}$.

B.2: Ferrailage:

- en travée:

$\mu = \frac{15 \cdot 0,66 \cdot 10^6}{2800 \cdot 65 \cdot 20^2} = 0,0136 \rightarrow \epsilon = 0,9482 ; K = 0,15 ; \alpha = 0,1554$.

$\rightarrow \alpha \cdot h = 3,108 \text{ cm} < h_0 = 6 \text{ cm}$. \rightarrow l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire (65x20).

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{79,5} = 34,5 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{0,66 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9432 \cdot 20} = 1,24 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 1,57 \text{ cm}^2 (2T10)$$

- aux appuis:

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,408 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 20^2} = 0,0455 \rightarrow \varepsilon = 0,9108; K = 44,4.$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{44,4} = 62,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{0,408 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9108 \cdot 20} = 0,799 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 1,13 \text{ cm}^2 (2T12)$$

B.3. Vérifications:

1. contraintes:

- en travée:

$$\bar{\omega} = \frac{1,57 \cdot 10^2}{65 \cdot 20} = 0,1208 \rightarrow K = 79,7; \varepsilon = 0,9422.$$

$$\sigma_a = \frac{0,66 \cdot 10^5}{1,57 \cdot 0,9422 \cdot 20} = 2230,85 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{79,5} = 34,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appuis:

$$\bar{\omega} = \frac{1,13 \cdot 100}{12 \cdot 20} = 0,4708 \rightarrow \varepsilon = 0,896; K = 33,4.$$

$$\sigma_a = \frac{0,408 \cdot 10^5}{1,13 \cdot 0,896 \cdot 20} = 2014,85 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{2014,85}{33,4} = 60,87 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

2. condition de non fragilité:

- en travée:

$$A = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 65 \cdot 20 \cdot 5,0/4200 = 1,26 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appuis:

$$A = 1,13 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 12 \cdot 20 \cdot 5,9 / 4200 = 0,23 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

3. Vérification de la flèche:

$$- \frac{ht}{L} = \frac{22}{350} = 0,063 > \frac{M_t}{15,170} = \frac{0,66}{15,0,816} = 0,0539.$$

$$- \frac{ht}{L} = 0,063 > \frac{1}{22,5} = 0,044.$$

$$- \frac{A}{b.R.} = 0,0065 < \frac{43}{4200} = 0,0102.$$

Aucune justification de la flèche n'est nécessaire.

4. Fissuration:

- en travée:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2d.b} = \frac{1,57}{2 \cdot 2 \cdot 12} = 0,0327.$$

$$\sigma_t = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0327}{10(1 + 0,0327)} = 5914 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appuis:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2d.b} = \frac{1,13}{2 \cdot 2 \cdot 12} = 0,0235$$

$$\sigma_t = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0235}{10(1 + 0,0235)} = 2806 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

5. Vérification de l'adhérence:

$$\tau_d = \frac{T}{\eta \cdot p \cdot z} = \frac{1 \cdot 10^3}{2,3 \cdot 14 \cdot \frac{7}{8} \cdot 20} = 9,09 \text{ kg/cm}^2.$$

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

} $\tau_d < \bar{\tau}_d \rightarrow \text{c'est vérifié.}$

6. Conditions aux appuis:

$$T + \frac{M}{z} = 1000 - \frac{0,408 \cdot 10^5 \cdot 8}{7 \cdot 20} < 0 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

B.3: Armatures transversales:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{1 \cdot 10^3 \cdot 8}{12 \cdot 7 \cdot 20} = 4,76 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\sigma_b = 60,87 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_{b0} = 67,5 \text{ kg/cm}^2.$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot \bar{\sigma}_{b0} = 20,5 \text{ kg/cm}^2.$$

$\sigma_b < \bar{\sigma}_b \rightarrow$ les armatures transversales droites suffisent. On choisit les cadres $\phi 6$ ($A_t = 0,56 \text{ cm}^2$).

- Contrainte admissible des armatures transversales:

On suppose qu'il y a reprise de bétonnage: $\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2$.

- Espacement admissible:

$$E = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 h = 4 \text{ cm} \\ h \left(1 - 0,3 \cdot \frac{4,76}{5,9} \right) = 15,16 \text{ cm} \end{array} \right. \Rightarrow E = 15,16 \text{ cm}.$$

$$\text{- l'écartement est } t = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{0,56 \cdot 7 \cdot 20 \cdot 1600}{1000 \cdot 8} = 15,68 \text{ cm}.$$

On prend un espacement constant $t = 15 \text{ cm}$. Le premier cadre est à $7,5 \text{ cm}$ du nu d'appui.

B.4: Table de compression:

On adopte le même treillis que celui des planchers précédents treillis $\phi 6$.

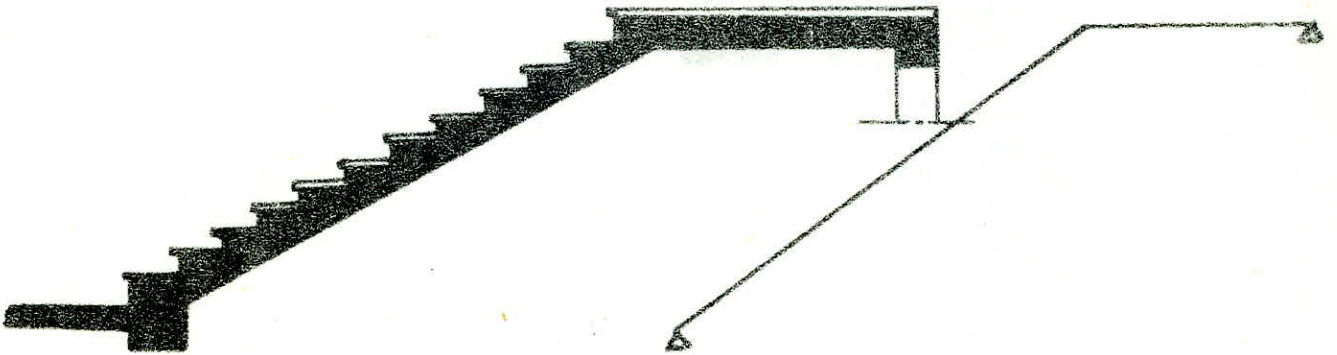
$$A_{1N} = A_{1N} = 1,41 \text{ cm}^2 ; l_n = 65 \text{ cm on a lieu:}$$

$$A_{1N} > 43 \cdot \frac{l_n}{\sigma_{en}} = 43 \cdot \frac{65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2.$$

$$A_{1N} > A_{1N} / 2 = 0,705 \text{ cm}^2.$$

3. Escaliers:

On a un seul type d'escalier à étudier. Il comporte une pailleasse et un palier.



La pailleasse est inclinée d'un angle α par rapport à l'horizontale:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{181,5}{225} = 0,806 \Rightarrow \alpha = 38,89^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,778 \text{ et } \sin \alpha = 0,627.$$

• Vérification de la condition de BLONDEL:

- la hauteur de la marche: $h = \frac{181,5}{11} = 16,5 \text{ cm.}$

- la largeur d'une marche: $g = 27 \text{ cm.}$

- la condition de BLONDEL: $60 < 2h + g < 64 \text{ cm.}$

$$2h + g = 61 \text{ cm} \Rightarrow 60 < 61 < 64 \text{ cm} \longrightarrow \text{c'est vérifiée.}$$

• Prédimensionnement:

On prend pour la pailleasse et le palier la même épaisseur.

$$\frac{l}{30} \leq e_p \leq \frac{l}{20} \quad \text{avec: } l = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{225}{0,778} = 289,08 \text{ cm.}$$

donc $9,63 \leq e_p \leq 14,45 \text{ cm}$

On prend $e_p = 14 \text{ cm.}$

- Evaluation des charges:

1. paillasse:

- poids propre = $\frac{2500 \cdot 0,44}{0,778} = 1449,87 \text{ kg/m}^2$

- poids des marches = $\frac{2200 \cdot 0,1845}{2} = 202,95 \text{ kg/m}^2$

- revêtement (carrelage + mortier) = 84 kg/m^2

- garde-corps (en acier) = 50 kg/m^2

charge permanente $G = 783,52 \text{ kg/m}^2$

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

Pour une tranche de 1m on a: $G = 783,52 \text{ kg/m}^2$

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

En appelant q_2 la charge totale de la paillasse on a:

$q_2 = G + 1,2 \cdot P = 1263,52 \text{ kg/m}^2$

2. palier:

- poids propre = $2500 \times 0,44 = 1100 \text{ kg/m}^2$

- revêtement (carrelage + mortier) = 84 kg/m^2

charge permanente $G = 1184 \text{ kg/m}^2$

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

Pour une tranche de 1m on a $G = 1184 \text{ kg/m}^2$; $P = 400 \text{ kg/m}^2$

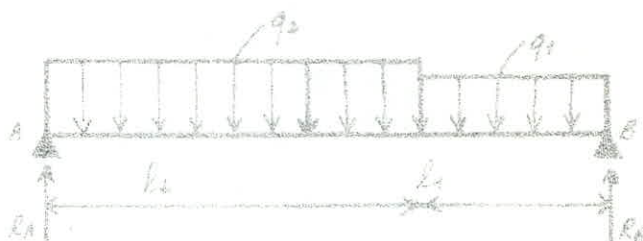
En appelant q_1 la charge totale du palier on a:

$q_1 = G + 1,2 \cdot P = 1604 \text{ kg/m}^2$

- Détermination des efforts:

- schéma statique:

$l_2 = 3,03 \text{ m}$; $l_1 = 1,62 \text{ m}$



- calcul des réactions aux appuis:

$\sum F_y = 0 \rightarrow R_A + R_B = q_2 \cdot l_2 + q_1 \cdot l_1$

$$\sum M/A = 0 \rightarrow R_b(l_1+l_2) - q_1 \cdot l_1 \left(l_2 + \frac{l_1}{2} \right) - q_2 \cdot l_2 \cdot \frac{l_2}{2} = 0.$$

On tire: $R_b = 2500,63 \text{ kg/ml} = T_b.$

$$R_a = 2871,68 \text{ kg/ml} = T_a.$$

- calcul du moment isostatique max:

$$M(x) = R_a \cdot x - q_2 \cdot \frac{x^2}{2} \Rightarrow \frac{dM(x)}{dx} = R_a - q_2 \cdot x = 0. \Rightarrow x = \frac{R_a}{q_2} = 2,272 \text{ m.}$$

$$M_x^{\max} = M(2,272) = 3263,32 \text{ kg}^2/\text{ml}.$$

- moments hyperstatiques:

En tenant compte du semi-encastrement aux appuis, on aura:

$$M_b = 0,85 \cdot M_0^{\max} = 2773,822 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{ml}.$$

$$M_a = 0,3 \cdot M_0^{\max} = 978,996 \text{ kg} \cdot \text{m} / \text{ml}.$$

- Calcul des armatures:

On utilise la méthode de P. CHARRON.

- en travée:

$$\mu = \frac{15 \cdot M_b}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 2773,822 \cdot 10^4}{2800 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,1031. \rightarrow \epsilon = 0,87265 ; K = 24,25.$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{24,25} = 115,46 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A_t = \frac{M_b}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{2773,822 \cdot 10^4}{2800 \cdot 0,87265 \cdot 12} = 9,46 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

On adoptera 9T12/ml avec un espacement $t = 12 \text{ cm}$. Dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartition qui sont données par $A_r \geq \frac{A}{4} = 2,54 \text{ cm}^2$, soit 7T8/ml avec un espacement $t = 14 \text{ cm}$.

- sur appui:

$$\mu = \frac{15 \cdot 978,996 \cdot 10^4}{2800 \cdot 100 \cdot 12^2} = 0,0365 \rightarrow \epsilon = 0,9183 ; K = 46,2.$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{46,2} = 60,6 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A_a = \frac{978,996 \cdot 10^4}{0,9183 \cdot 12 \cdot 2800} = 3,17 \text{ cm}^2/\text{ml}.$$

On adoptera ST90/ml avec un espacement $t = 17$ cm. Pour les armatures de répartition, on choisit 6T8/ml avec $t = 16$ cm.

- Vérifications:

1. Contraintes:

- en travée:

$$\bar{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 10,7}{100 \cdot 12} = 0,8917 \rightarrow \varepsilon = 0,869055 ; K = 23,14$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M_t}{A_t \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{2773,82 \cdot 10^3}{10,17 \cdot 0,869055 \cdot 12} = 2645,34 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2600}{23,14} = 112,36 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appui:

$$A(\text{ST90}) = 3,92 \text{ cm}^2 ; \bar{\omega} = \frac{392}{100 \cdot 12} = 0,327 \rightarrow \varepsilon = 0,9108 ; K = 41$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{978,886 \cdot 10^3}{3,92 \cdot 0,9108 \cdot 12} = 2285 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{41} = 68,29 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

2. Condition de non-fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 12 \cdot \frac{5,9}{2800} = 1,16 \text{ cm}^2$$

- en travée : $A_t = 10,17 > 1,16 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$

- sur appui : $A_a = 3,92 > 1,16 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$

3. Vérification de la flèche:

Pour la flèche en travée, il suffit de vérifier l'inégalité suivante:

$$A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{\sigma_{en}} = 100 \cdot 12 \cdot \frac{43}{4200} = 12,28 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

4. Vérification de la fissuration:

- en travée:

$$\bar{\omega}_f = \frac{10,17}{2,2 \cdot 100} = 0,023$$

$$\sigma_1 = \frac{K \cdot \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{(1 + 10 \cdot \bar{\omega}_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0025}{12(1 + 0,25)} = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

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

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 4000 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow$ c'est vérifié.

- sur appui:

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \cdot \eta \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10}} = 2856 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow$ pas de fissuration.

5. Condition aux appuis:

On doit vérifier que: $A_a \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{\gamma}$

$$T + \frac{M}{\gamma} = 2871,68 - \frac{978,996 \cdot 10^4}{7/8 \cdot 12} < 0$$

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

6. Armatures transversales:

La contrainte de cisaillement est donnée par:

$$\tau_b = \frac{T^{\max}}{b \cdot z}$$

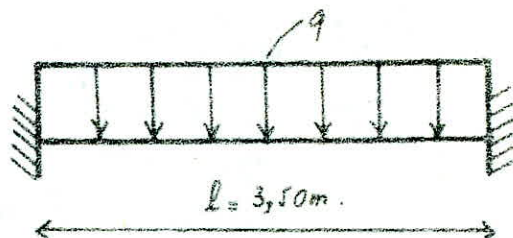
$$\tau_b = \frac{2871,68 \times 8}{100 \cdot 7 \cdot 12} = 2,73 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,785 \text{ kg/cm}^2$$

Donc on n'a pas besoin d'armatures transversales.

4. Poutre palière:

Cette poutre palière d'une section (25x35) est supposée semi-encastée aux poteaux à mi-hauteur.

1. schéma statique:



2. charges à considérer:

- poids propre:	$2500 \cdot 0,35 \cdot 0,25 = 218,75 \text{ kg/ml}$	
- réaction du palier:	$2500,63 \text{ kg/ml}$	$2500,63 \text{ kg/ml}$
- poids d' $\frac{1}{2}$ mur:		$176,5 \text{ kg/ml}$
		<hr/>
		$q = 2895,88 \text{ kg/ml}$

3. moment isostatique:

$$M_0^{\max} = q \cdot \frac{L^2}{8} = 4434,32 \text{ kg.m}$$

4. moments en travée et sur appui:

En tenant compte du semi-encastrement on aura:

$$M_t = 0,85 \cdot M_0^{\max} = 3769,17 \text{ kg.m}$$

$$M_a = 0,3 \cdot M_0^{\max} = 1330,29 \text{ kg.m}$$

5. ferrailage:

- en travée:

$$\mu = \frac{15 \cdot 3769,17 \cdot 10^4}{2800 \cdot 25 \cdot 32^2} = 0,0788 \rightarrow \xi = 0,88595 ; K = 28,85$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{28,85} = 97,05 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{3769,17 \cdot 10^4}{2800 \cdot 0,88595 \cdot 32} = 4,75 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } 3T16 = 6,03 \text{ cm}^2$$

- sur appui:

$$\mu = \frac{15 \cdot 1330,29 \cdot 10^4}{2800 \cdot 25 \cdot 32^2} = 0,0278 \rightarrow \xi = 0,978 ; K = 54,25$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{54,25} = 51,6 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0.$$

$$A = \frac{1330,29 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,978 \cdot 32} = 1,52 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{soit } 3710 = 2,35 \text{ cm}^2.$$

6. Vérifications:

a. Contraintes:

- en travée:

$$\bar{\omega} = \frac{6,03 \cdot 100}{25 \cdot 32} = 0,753 \rightarrow \varepsilon = 0,87485 ; K = 24,95.$$

$$\sigma_a = \frac{3769,97 \cdot 100}{2800 \cdot 0,87485 \cdot 32} = 4,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{24,95} = 112,22 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appui:

$$\bar{\omega} = \frac{2,35 \cdot 100}{35 \cdot 32} = 0,2039 \rightarrow \varepsilon = 0,9147 ; K = 43,6.$$

$$\sigma_a = \frac{1330,29 \cdot 100}{2,35 \cdot 0,9147 \cdot 32} = 1933,97 \frac{\text{kg/cm}^2}{\text{cm}^2} < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{43,6} = 64,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

b. Condition de non fragilité:

$$A \geq c,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 32 \cdot 25 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,78 \text{ cm}^2.$$

- en travée:

$$A_t = 6,03 \text{ cm}^2 > 0,78 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

- sur appui:

$$A_a = 2,35 \text{ cm}^2 > 0,78 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

c. Vérification de la flèche:

$$\frac{A}{b \cdot h} = \frac{6,03}{25 \cdot 32} = 0,0075 < \frac{43}{4200} = 0,01 \rightarrow \text{c'est vérifié.}$$

d. Fissuration:

- en travée:

$$\bar{w}_f = \frac{6,03}{2.3.25} = 0,1206$$

$$\sigma_s = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,1206}{16 (1 + 0,1206)} = 4300,99 > \bar{\sigma}_a$$

- sur appui:

$$\bar{w}_f = \frac{2,35}{2.3.25} = 0,0387$$

$$\sigma_s = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0387}{16 (1 + 0,0387)} = 3238,75 > \bar{\sigma}_a$$

Donc pas de risque de fissuration.

7. Armatures transversales:

$$T^{\max} = q \cdot \frac{l}{2} = 2895,88 \cdot \frac{350}{2} = 5067,79 \text{ kg}$$

$$\tau_b = \frac{T^{\max}}{b \cdot z} = \frac{5067,79}{25 \cdot 28} = 7,24 \text{ kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b$$

On peut utiliser des cadres et des étriers perpendiculaires à la ligne moyenne.

On prend (1 cadre + 1 étrier) $\phi 8 = 1,13 \text{ cm}^2$.

- espacement admissible $\bar{e} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 h = 6,4 \text{ cm} \\ 21,45 \text{ cm} \end{array} \right. = 21,45 \text{ cm}$

- espacement: $e = \frac{28 \cdot 1,13 \cdot 1600}{5067,79} = 9,98 \text{ cm}$

On prend un espacement constant: $e = 10 \text{ cm}$.

Le calcul des rigidités ainsi que le calcul des effets sous les charges horizontales sera fait par la méthode de "MUTO".

Exposé de la méthode:

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

Celle nous permet en une première étape de distribuer les efforts tranchants dans les niveaux correspondant des différents portiques et en deuxième étape d'en déduire les moments fléchissants dans les poteaux et les poutres.

Conditions d'application:

- Cette méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leurs plans, ayant une ossature composée de portiques représentant la totalité des charges verticales et horizontales.

- Les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers.

- Les diagramme de répartition des charges en élévation soit rectangulaire (cas des vents) ou triangulaire (cas des séismes).

- Pour obtenir une précision convenable il faut que la raideur (I/h) des poutres ne soit pas très faible devant celle des poteaux, on doit avoir $K \geq 0,8$ pour tous les nœuds de l'ossature.

- Les poteaux dont $K < 0,8$ doivent être considérés comme ne faisant pas partie de la structure résistante aux charges horizontales.

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

- La raideur (I/h) 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.

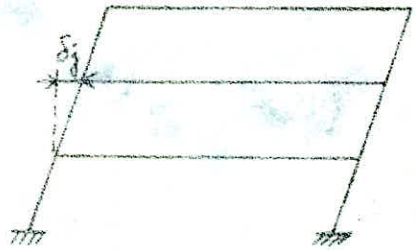
Etapes de calcul:

1. Calcul des rigidités linéaires des poteaux et des poutres:
 $K_{pot} = I/h$; $K_{pout} = I/l$.
2. Calcul des coefficients \bar{K} et du coefficient de correction α_j dans les 2 sens.
3. Calcul des raideurs corrigées des poteaux $\alpha_j K_j$ dans les deux sens.
4. Calcul de la rigidité de niveau dans les deux sens.
5. Détermination du centre de masse et du centre de torsion.
6. Calcul de la rigidité à la torsion.

* Pour avoir une bonne compréhension des étapes de calcul, on a jugé bon de donner les définitions et les explications avant les applications numériques.

a. Déplacement relatif du niveau "j":

C'est le déplacement du plancher (j) par rapport au plancher immédiatement inférieur (j-1)



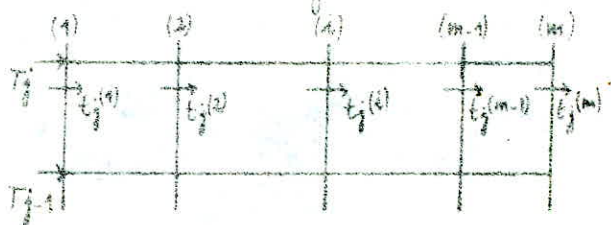
b. Rigidité de niveau "j" d'un portique:

La rigidité (R_j) relative de niveau "j" représente l'effort tranchant de niveau qui produit un déplacement relatif de niveau égal à l'unité.

$$R_j = T_j / \delta_j$$

c. Rigidité d'un poteau appartenant à un niveau "j":

Soit $t_j^{(i)}$: part de l'effort tranchant de niveau T_j revenant au poteau (i) du niveau (j) considéré.



La rigidité du poteau (i) est donnée par:

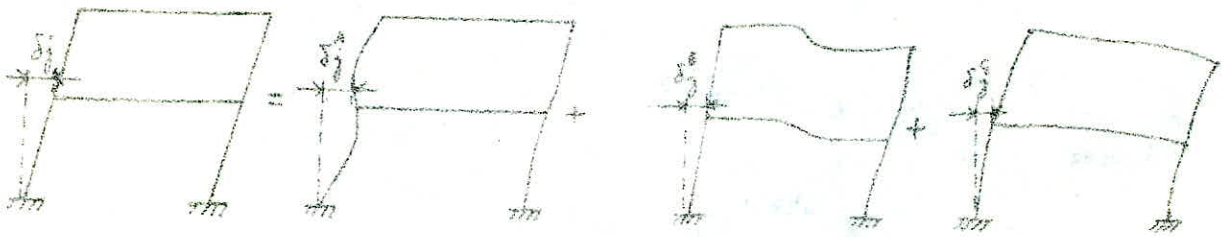
$$r_j^{(i)} = t_j^{(i)} / \delta_j$$

d. Expression de la rigidité relative de niveau "j" en fonction de celle du poteau:

$$R_j = T_j / \delta_j = \sum_{i=1}^m r_j^{(i)} \quad \text{On suppose que tous les poteaux du même niveau ont le même déplacement.}$$

e. Rigidité de niveau:

Un portique à plusieurs niveaux soumis à des forces horizontales a un déplacement qui peut être décomposé en 3 composantes: $\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B + \delta_j^C$.



δ_j^A : déplacement de translation dû à la déformation de flexion des poteaux en supposant les poutres infiniment rigides.

δ_j^B : déplacement dû à la rotation des nœuds en fonction de la rigidité réelle des poutres.

δ_j^C : déplacement de console dû aux déformations axiales relatives des poteaux tendus respectivement comprimés.

Si le portique ne dépasse pas 15 niveaux $\delta_j^C \approx 0 \Rightarrow \delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B$ et la rigidité

de niveau deviendra:
$$R_j = \frac{T_j}{\delta_j^A + \delta_j^B} = \frac{T_j}{\delta_j^A} \cdot \frac{1}{1 + \delta_j^B / \delta_j^A} = \frac{T_j}{\delta_j^A} \cdot a_j$$

$$R_j = T_j \cdot a_j / \delta_j^A = R_j^{\infty} \cdot a_j \quad \text{avec:}$$

$a_j = \frac{1}{1 + \delta_j^B / \delta_j^A}$: coefficient de MOTO ; $R_j^{\infty} = T_j / \delta_j^A$: rigidité de niveau avec des poutres infiniment rigides.

MOTO donne les coefficients a_j comme suit:

• Etage courant:
$$a_j = \frac{R}{2+R} \quad R = \frac{\sum K \text{ poutre}}{2K \text{ poteau}}$$



$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + K_4}{2K_{pot}}$$



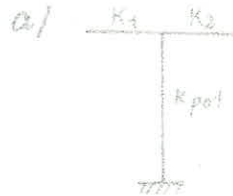
$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{2K_{pot}}$$



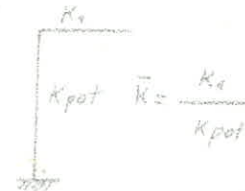
$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{2K_{pot}}$$

1^{er} niveau (R.D.C.):

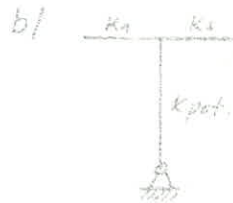
$$a_j = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$$



$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_{pot}}$$



$$\bar{K} = \frac{K_1}{K_{pot}}$$



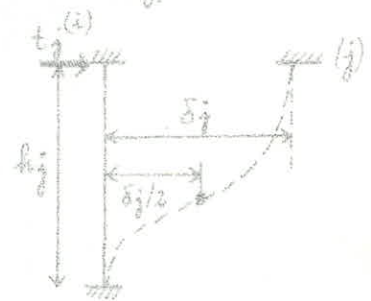
$$a_j = \frac{0,5 \bar{K}}{1 + 2 \bar{K}} ; \bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{K_{pot}}$$

Remarque: Dans le cas et au niveau du 1^{er} étage les poteaux sont supposés encastrés dans les poutres qui eux même sont encastrées dans des voiles très rigides.

f. Calcul de la rigidité corrigée d'un poteau (i) du niveau (j):

soit $r_j^{(i)}$ la rigidité d'un poteau (i) du niveau (j) supposé encastré à ses extrémités (avec poutres infiniment rigides).

$$r_j^{(i)} = \frac{t_j^{(i)}}{\delta_j} = \frac{12 E I_j^{(i)}}{h_j^3} = 12 \frac{E}{h_j^3} \cdot \frac{I_j^{(i)}}{k_j} = 12 \frac{E}{h_j^3} K_j^{(i)}$$



avec: $K_j^{(i)} = I_j^{(i)} / k_j$: rigidité linéaire du poteau (i).

$$E = E_j = 21000 \sqrt{\sigma_j} = 21000 \sqrt{275 \cdot 1,2} = 381484 \text{ kg/cm}^2$$

$I_j^{(i)}$: moment d'inertie du poteau (i) par rapport à un axe passant par le c.d.g de la section du poteau et \perp à $t_j^{(i)}$.

h_j : hauteur d'étage (j).

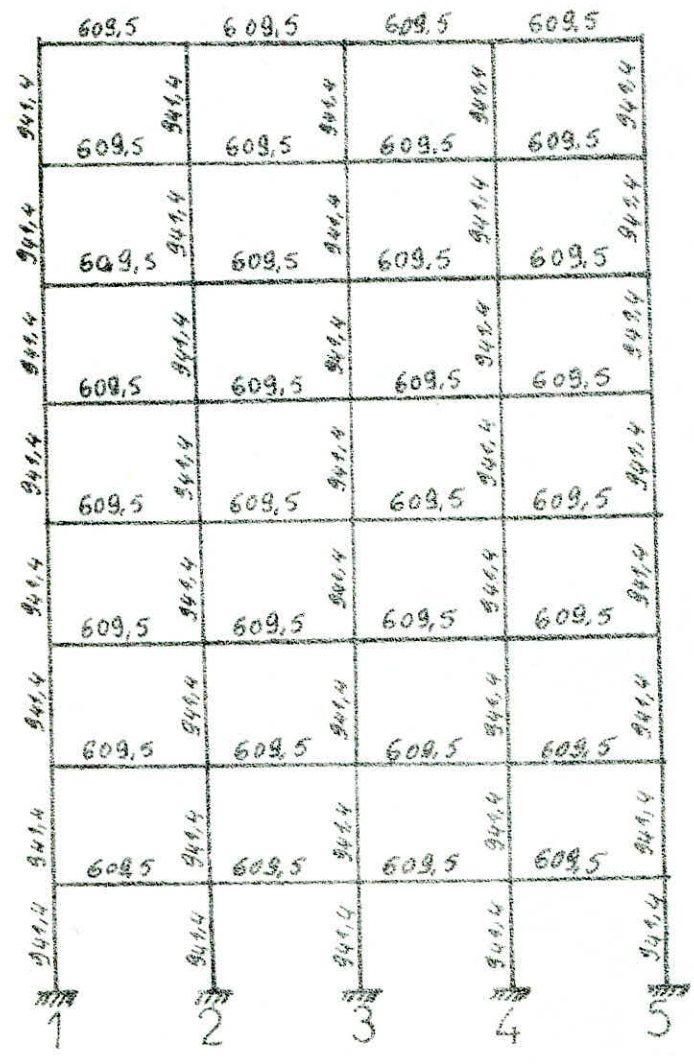
La rigidité corrigée du poteau (i) est donnée par: $r_j^{(i)} = a_j^{(i)} \cdot r_j^{(i)0} \Rightarrow r_j^{(i)} = \frac{12 E}{h_j^3} \cdot a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)}$

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

$$R_j = \sum_{i=1}^{n} r_j^{(i)} = \sum_{i=1}^{n} \frac{12 E}{h_j^3} a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)} \text{ . Pour le même étage } (h_j = cte) \rightarrow R_j = \frac{12 E}{h_j^3} D_j ; D_j = \sum_{i=1}^{n} a_j^{(i)} K_j^{(i)} .$$

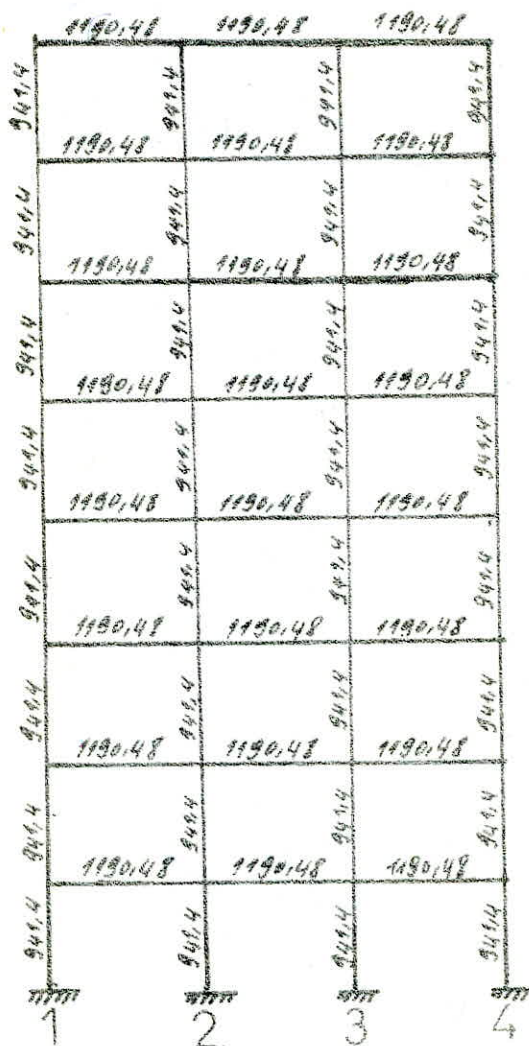
* calcul des rigidités relatives de niveau corrigées :

A/ Portiques longitudinaux : (6-6) ; (7-7) ; (9-9)



Niv	ρ_{0j}	$\bar{\kappa}$	α_j	K_p	$\alpha_j \cdot K_p$	D_j	R_j
2 ^e	1	0,65	0,39	941,4	235,35	4 128,03	143492,55
	2	1,295	0,39	941,4	1219,11		
	3	1,295	0,39	941,4	1219,11		
	4	1,295	0,39	941,4	1219,11		
	5	0,65	0,25	941,4	235,35		
1 ^{er}	1	0,65	0,434	941,4	408,57	2356,32	81861,29
	2	1,295	0,545	941,4	513,06		
	3	1,295	0,545	941,4	513,06		
	4	1,295	0,545	941,4	513,06		
	5	0,65	0,434	941,4	408,57		

B/ Portiques transversaux : 1-1 ; 2-2 ; 3-3 ; 4-4 ; 5-5 .



Niv	q _{0k}	\bar{K}	a_j	K_p	$a_j K_p$	D_j	R_j
8 7 6 5 4 3 2	1	1,265	0,39	941,4	367,15	1788,66	62140,12
	2	2,53	0,56	941,4	527,18		
	3	2,53	0,56	941,4	527,18		
	4	1,265	0,39	941,4	367,15		
1	1	1,265	0,54	941,4	508,36	2278,2	79147,31
	2	2,53	0,67	941,4	630,74		
	3	2,53	0,67	941,4	630,74		
	4	1,265	0,54	941,4	508,36		

Détermination du centre de masse et du centre de torsion

a) Centre de masse :

Les coordonnées du centre de masse sont les suivantes :

NIVEAU	8 ^e	7 ^e , 6 ^e , 5 ^e , 4 ^e , 3 ^e	1 ^e et 2 ^e
X_G (m)	7,076	6,854	6,964
Y_G (m)	5,703	5,709	5,260

b) Centre de torsion :

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

$$x_{Gj} = \frac{\sum_{i=1}^m R_{jy}^{(i)} \cdot x_i^{(i)}}{R_{jy}} \quad ; \quad y_{Gj} = \frac{\sum_{i=1}^m R_{jx}^{(i)} \cdot y_i^{(i)}}{R_{jx}}$$

avec :

$$R_{jy} = \sum_{i=1}^m R_{jy}^{(i)} \quad ; \quad R_{jx} = \sum_{i=1}^m R_{jx}^{(i)}$$

qui sont respectivement les rigidités relatives de l'étage (j) dans le sens transversal et longitudinal

b.1) Calcul de la rigidité relative de l'étage j :

- sens longitudinal : $R_{jx} = \sum_{i=6,7,8,9} R_{jx}^{(i)}$ (en kg/cm)

- sens transversal : $R_{jy} = \sum_{i=1}^6 R_{jy}^{(i)}$

NIV	8 ^e ; 7 ^e ; 6 ^e ; 5 ^e ; 4 ^e ; 3 ^e ; 2 ^e	1 ^e
R_{jy}	310700,6	395736,65
R_{jx}	531106,907	309620,86

b.2) Calcul de $\sum R_{jy} \cdot x_j$ et $\sum R_{jx} \cdot y_j$

Les résultats sont donnés dans les tableaux suivants :

Portiques transversaux

NIV	Port	1-1	2-2	2-2	4-4	5-5	$\sum R_{jy} x_j^{(6)}$
5, 6, 7, 8 2, 3, 4	X_j	0,0	3,5	7	10,5	14	2774904,2
	R_{jy}	62140,12	62140,12	62140,12	62140,12	62140,12	
1 ^e	X_j	0,0	3,5	7	10,5	14	2770155,85
	R_{jy}	79147,31	79147,31	79147,31	79147,31	79147,31	

Portiques Longitudinaux:

NIV	Port	6-6	7-7	8-8	9-9	$\sum R_{jx} Y_j$
5, 6, 7, 8 2, 3, 4	Y_j	10,5	7	3,5	0	3011663,55
	R_{jx}	143412,50	143412,50	143412,50	143412,50	
1 ^e	Y_j	10,5	7	3,5	0	1719087,09
	R_{jx}	81861,29	81861,29	81861,29	81861,29	

b-3/ coordonnées du centre de torsion:

NIVEAU	8 ^e ; 7 ^e ; 6 ^e ; 5 ^e ; 4 ^e ; 3 ^e	2 ^e	1 ^e
X_c (m)	7	7	7
Y_c (m)	5,25	5,25	5,25

calcul des excentricités entre C et G:

NIV	X_G	X_C	$e_x = X_G - X_C $	Y_G	Y_C	$e_y = Y_G - Y_C $
8 ^e	7,015	7	0,015	5,703	5,25	0,453
3, 4; 5; 6; 7	6,854	7	0,146	5,709	5,25	0,459
2 ^e	6,964	7	0,036	5,260	5,25	0,01
1 ^e	6,964	7	0,036	5,260	5,25	0,01

D'après le (R.P.A) on a chaque niveau et dans chaque direction la résultante des forces horizontales a une excentricité par rapport au centre de torsion égale à la plus grande des deux valeurs suivantes:

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

- excentricité théorique résultant du calcul.

$$\max(5\% l_x, 5\% l_y) = \frac{5 \cdot 14}{100} = 0,70 \text{ m}$$

donc on prend pour tous les niveaux les excentricités suivantes:

$$e_x = e_y = 0,70 \text{ m} = 70 \text{ cm}$$

* calcul des coordonnées des portiques par rapport au centre de torsion:

par rapport au repère (oxy) qui a comme origine le centre de torsion "C" les coordonnées des portiques sont:

• portiques transversaux:

		port					
		1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	
x(m)	Niv	8,76,5,4,3	-7	-3,5	0	3,5	7
	2	-7	-3,5	0	3,5	7	
	1	-7	-3,5	0	+3,5	7	

• portiques longitudinaux:

		port				
		6-6	7-7	8-8	9-9	
y(m)	Niv	8,76,5,4,3	5,25	1,75	-1,75	-5,25
	2	5,25	1,75	-1,75	-5,25	
	1	5,25	1,75	-1,75	-5,25	

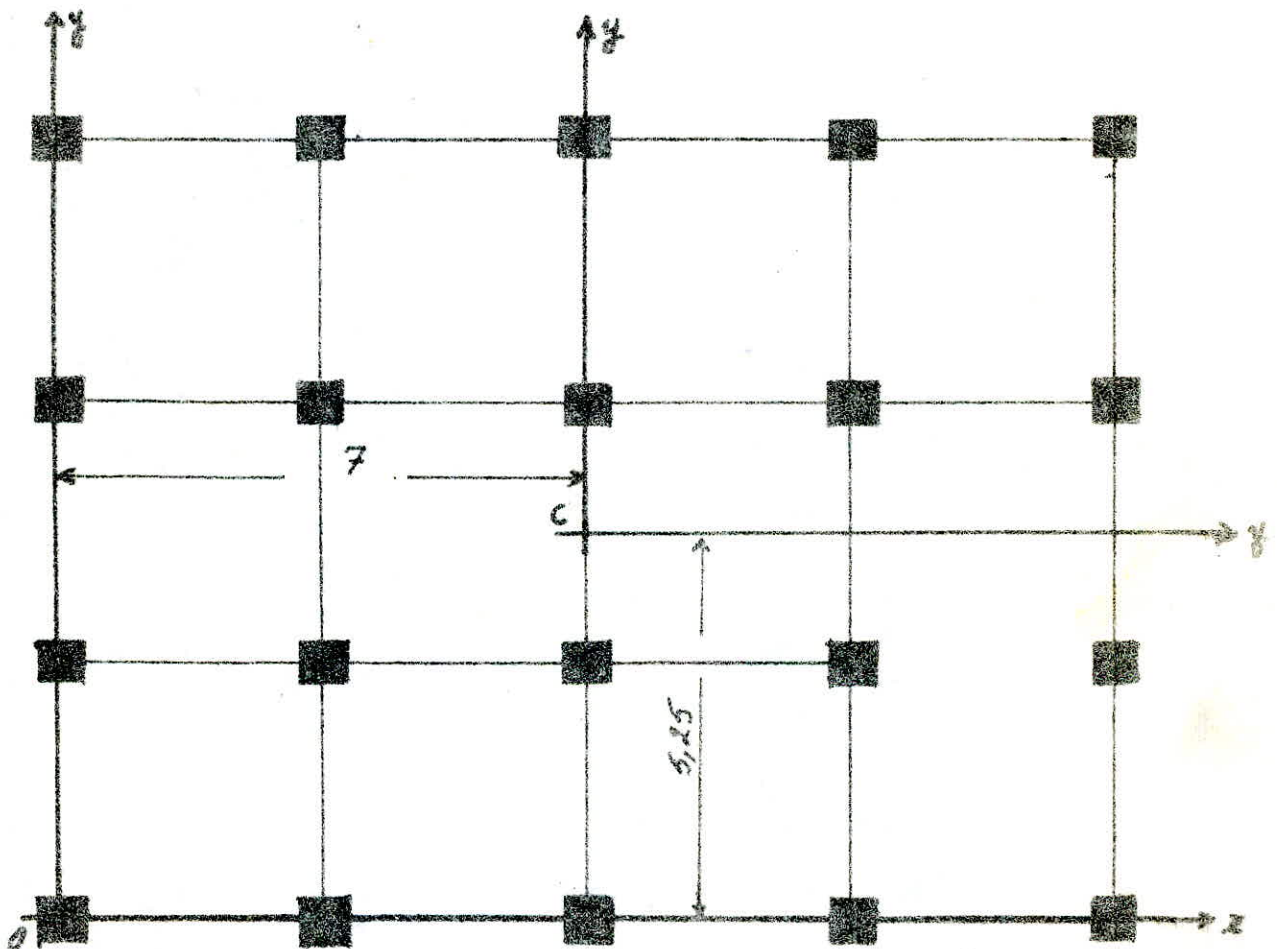
* calcul de la rigidité à la torsion ($R_{j\theta}$):

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

$$R_{j\theta} = \sum_{l=1}^5 R_{jy}^{(l)} \cdot [x_j^{(l)}]^2 + \sum_{l=6}^9 R_{jx}^{(l)} \cdot [y_j^{(l)}]^2$$

où x_j et y_j sont les coordonnées des poteaux par rapport au repère (Cx, y) .

NIV	8;7;6;5;4;3;2	1°
$R_{j\theta}(\text{kgcm})$	$16,266 \cdot 10^{10}$	$14,855 \cdot 10^{10}$



Position du centre de torsion.

- Généralités:

Les secousses sismiques imposent aux constructions des accélérations particulières pouvant atteindre l'ordre de grandeur de la pesanteur. Il en résulte des efforts pouvant s'exercer suivant des directions quelconques.

La grande partie de l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes forces sismiques. L'intensité de ces secousses est suffisante pour causer des dégâts importants aux constructions à moins que celles-ci soient construites d'une manière adéquate pour résister à ces efforts. Par ailleurs, quelques règles de conception générale de bâtiment sont recommandées à savoir:

- réduire autant que possible la hauteur des bâtiments ainsi que le rapport de la hauteur avec la largeur.
- éviter les ensembles mal équilibrés en hauteur ou en inertie et les éléments mal liés à l'ossature.
- prévoir des fondations soigneusement chaînées et engagées dans le sol afin de s'opposer aux efforts de soulèvements dus au séisme.
- prévoir, si possible, un sous-sol ou des fondations profondes armées qui ancrent la construction dans le sol.
- éviter les ouvertures de très grandes dimensions.
- abaisser le plus que possible le C.D.G. de la construction.
- réaliser des nœuds rigides ainsi qu'une bonne disposition des armatures.
- prévoir des encadrements armés liés à l'ossature autour des ouvertures.
- les recouvrements des barres en attente (dans les poteaux) devront être au moins égaux à 50 fois le diamètre de ces barres et réalisés sans crochets.
- assurer l'indéformabilité de l'ensemble par des contreventements dans tous les sens.

Règlement suivi:

Depuis le séisme d'ECHELEF le 10 octobre 1980, le C.T.C. a élaboré un règlement

parasismique algérien (R.P.A. 83) rendant les conditions de sécurité plus strictes. C'est ce règlement qui est suivi.

Principe de calcul:

On va faire le calcul simplifié en substituant aux effets dynamiques réels des sollicitations statiques qui sont censées être équivalentes à celles des efforts dynamiques. Ce calcul se fait avec une étude dynamique. Il n'est valable que si les conditions suivantes sont vérifiées (Art 22.11. R.P.A.):

- 1. le bâtiment ou bloc étudié a une hauteur au plus égale à 45m en zone II → c'est vérifié.
- 2. la forme du bâtiment à étudier est simple, symétrique, proche d'un rectangle avec partie en saillie ou en retrait ne dépassant pas 25% des dimensions du rectangle inscrit de référence dans le sens considéré.
- 3. dans le cas des décrochements en élévation, la variation des dimensions dans les deux directions ne dépasse pas 25% entre deux niveaux adjacents et ne s'effectue que dans le sens d'une réduction à hauteur croissante.
- 4. la distance entre le centre de masse et le centre de torsion ne dépasse à aucun niveau 20% de la largeur effective du bâtiment mesurée perpendiculairement à la direction de l'action sismique.

NIV	$ X_G - X_C $	20% de la largeur	$ Y_G - Y_C $	20% de la largeur
8 ^e	0,015	2,1	0,453	2,8
7 ^e , 6 ^e , 5 ^e , 4 ^e , 3 ^e	0,146	2,1	0,459	2,8
2 ^e	0,036	2,1	0,01	2,8
1 ^e	0,036	2,1	0,01	2,8

- 5. le rapport masse sur rigidité de deux niveaux successifs ne doit pas varier de plus de 25% dans chaque direction.
- 6. le bâtiment étudié présente un degré d'amortissement voisin à tous les niveaux.

En particulier, dans le cas des ossatures autoportantes avec remplissage en maçonnerie.

Les remplissages insérés entre les poteaux ont à tous les niveaux une densité du même ordre. Toute la maçonnerie utilisée dans les différents étages est construite des mêmes matériaux, donc les remplissages auront une densité du même ordre. Les cloisons sont disposées presque de la même façon dans tous les niveaux → c'est vérifié.

7. La structure ne présente pas plusieurs degrés de liberté dans un même plan horizontale. → c'est vérifié.

Détermination des charges sismiques sous l'action sismique:

Les charges sont supposées concentrées au niveau du plancher. La charge sismique est : $W = G + P/5$.

G : poids propre (charge permanente).

$\frac{P}{5}$: poids des équipements fixes (armoire, etc...).

- Niveau 8: surface du plancher terrasse = 162,75 m².

- Acrotère : 0,12 . 0,70 . 40 . 2,5 = 8,4 t.
 - plancher terrasse : 0,551 . 162,75 = 89,675 t.
 - Poutres longitudinales : = 21 t.
 - Poutres transversales : = 29,25 t.
 - $\frac{1}{2}$ poteaux : = 18,375 t.
 - $\frac{1}{2}$ murs extérieurs : = 23,878 t.
 - $\frac{P}{5}$: = 3,255 t.
- $W = 193,833 t.$

- Niveau 7: surface du plancher = 162,75 m².

- poids du plancher : 0,492 . 162,75 = 80,073 t.
- poutres longitudinales : = 21 t.
- poutres transversales : = 29,25 t.

- poteaux : = 36,75 t.
 - murs extérieurs : = 47,756 t.
 - escaliers : = 5,255 t.
 - $\frac{P}{5}$: = 8,1375 t.
-
- W = 228,22 t.

- Niveau 6, 5, 4, 3 : surface du plancher = 160,75 t.

- poids du plancher : = 80,073 t.
 - poutres longitudinales : = 21 t.
 - poutres transversales : = 29,25 t.
 - poteaux : = 36,75 t.
 - murs extérieurs : = 47,756 t.
 - escaliers : = 10,51 t.
 - $\frac{P}{5}$: = 8,1375 t.
-
- W = 233,476 t.

- Niveau 2° et 1° :

- poids du plancher : = 72,324 t.
 - poutres longitudinales : = 21 t.
 - poutres transversales : = 26,25 t.
 - poteaux : = 36,75 t.
 - murs extérieurs : = 45 t.
 - escaliers : = 10,51 t.
 - $\frac{P}{5}$: = 7,35 t.
-
- W = 219,184 t.

Effet du seisme:

L'excitation sismique provoque une accélération dynamique au niveau du sol (dynamique veut dire variable avec le temps). De ce fait, il y a création d'accélération affectant les masses de la structure liée au sol qui produisent des forces d'inertie opposées à ces mêmes accélérations. L'effet d'un seisme est assimilable à une oscillation libre.

Modelisation:

Elle dépend de deux paramètres:

- le respect de la position du centre de gravité des masses et leur répartition dans la structure.
- la rigidité des éléments.

La modélisation de notre structure sera représentée par une console verticale flexible, rigidement encastrée à la base; où les masses sont concentrées d'une manière ponctuelle au niveau des planchers.

Ces considérations vérifient bien les deux paramètres ci-dessus. En effet la masse considérée composée, selon une supposition, de la masse des murs de l'étage supérieur, celle de l'étage inférieur et les mi-masses des planchers supérieurs et inférieurs en plus de la masse du plancher où l'on concentre la masse ponctuelle. Le centre de gravité de ces masses coïncide avec celui du plancher, donc c'est vérifié. Les planchers sont indéformables dans leur plan d'où ils peuvent être schématisés par une seule masse. Nous obtenons ainsi un modèle à 9 masses concentrées. Chacune à 1 degré de liberté qui est le déplacement horizontal. Le système présente 9 degrés. On dit encore que le système est un oscillateur multiple d'ordre 9.

Remarque 1:

Dans la figure h_1 représente la hauteur entre les masses ponctuelles et H la hauteur totale du bâtiment.

Remarque 2:

Nous étudions notre structure suivant deux plans verticaux perpendiculaires indépendants. Théoriquement nous avons trois degrés de liberté par masse (le déplacement vertical et la rotation ont été négligés).

Remarque 3:

Cette modélisation est faite pour une sollicitation dynamique horizontale. Elle n'est pas valable pour une sollicitation dynamique verticale, car à ce moment les planchers ne sont plus indéformables mais flexibles (il faut considérer plusieurs masses). Sachant que dans la pratique, le séisme vertical est très inférieur au séisme horizontal, nous ferons l'hypothèse que la modélisation reste valable.

Etapes et méthodes de calcul:

1^{ère} étape: Calcul dynamique des périodes propres d'oscillation par l'une des deux méthodes numériques approximatives qui sont:

- la méthode de M^r: LORD RAYLEIGH.
- la méthode de M^r: STOBOLA VIANELLO.

2^{ème} étape: L'évaluation des forces d'inertie du système statique équivalent par le PSG9 ou RPA. En utilisant la période la plus défavorable des périodes calculées dans la première étape; d'où le nom de "Calcul pseudo-dynamique".

Remarque:

La 3^{ème} étape sera la distribution de ces forces entre éléments qu'on appelle contreventements par une méthode classique d' RDM.

Exposé de la méthode de RAYLEIGH:

Principe:

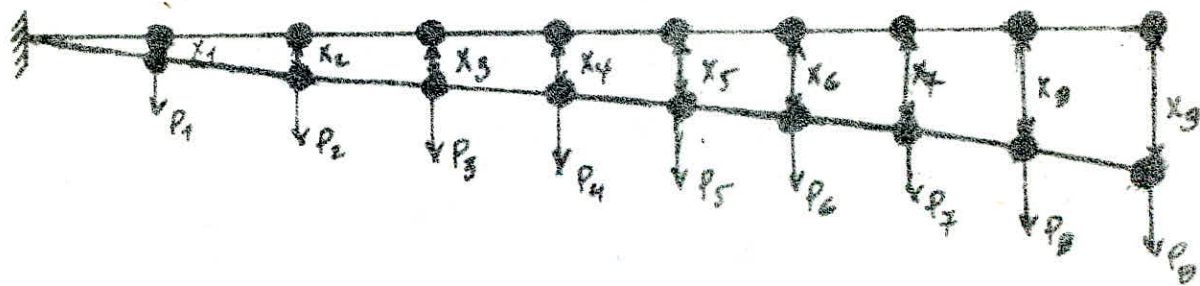
Cette méthode est basée sur la conservation d'énergie. Elle suppose donc les systèmes non amortis conservatifs. Mais compte tenu de l'influence négligeable de l'amortissement sur les valeurs des pulsations propres, elle peut être utilisée pour le calcul des caractéristiques dynamiques des structures réelles.

Domaine d'application:

La fréquence propre de vibration d'un système à 1 degré de liberté constitue une information primordiale. Pour cette raison, il est souhaitable de savoir déterminer cette fréquence fondamentale de manière simple. La méthode de RAYLEIGH est très utile pour la détermination du premier mode fondamental. Son utilisation pour les modes supérieurs étant très laborieuse. Notons que cette méthode est très pratique pour un système oscillant ayant un grand nombre de degrés de liberté.

Schéma de calcul de RAYLEIGH:

On imagine la structure retournée à 90° dans le champ de pesanteur. Celle-ci est sollicitée par les forces $P_i = m_i \cdot g$ agissant dans la direction des d.d.l. et soient x_1, x_2, \dots, x_n les déplacements statiques résultants. La méthode de RAYLEIGH suppose que la déformée du 1^{er} mode est assimilable à la déformée statique produite par les forces P_i .



Les forces extérieures sont reliées aux déplacements par la relation matricielle suivante: $[P] = [K] \cdot [D]$

où: $[P]$: vecteur colonne des forces.

$[K]$: matrice de rigidité de la console.

$[D]$: vecteur colonne des déplacements.

$[D] = [K^{-1}] [P] = [S] \cdot [P]$ S : matrice de souplesse de la console (matrice carrée d'ordre $n \times n$).

$$P = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \vdots \\ P_n \end{bmatrix}; \quad D = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix}; \quad S = \begin{bmatrix} \delta_{11} & \delta_{12} & \dots & \delta_{1j} & \dots & \delta_{1n} \\ \delta_{21} & \delta_{22} & \dots & \delta_{2j} & \dots & \delta_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{i1} & \delta_{i2} & \dots & \delta_{ij} & \dots & \delta_{in} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \delta_{n1} & \delta_{n2} & \dots & \delta_{nj} & \dots & \delta_{nn} \end{bmatrix}$$

$$\text{D'où: } \begin{cases} x_1 = \delta_{11} \cdot P_1 + \delta_{12} \cdot P_2 + \dots + \delta_{1j} \cdot P_j + \dots + \delta_{1n} \cdot P_n \\ x_2 = \delta_{21} \cdot P_1 + \delta_{22} \cdot P_2 + \dots + \delta_{2j} \cdot P_j + \dots + \delta_{2n} \cdot P_n \\ \vdots \\ x_i = \delta_{i1} \cdot P_1 + \delta_{i2} \cdot P_2 + \dots + \delta_{ij} \cdot P_j + \dots + \delta_{in} \cdot P_n \\ \vdots \\ x_n = \delta_{n1} \cdot P_1 + \delta_{n2} \cdot P_2 + \dots + \delta_{nj} \cdot P_j + \dots + \delta_{nn} \cdot P_n \end{cases}$$

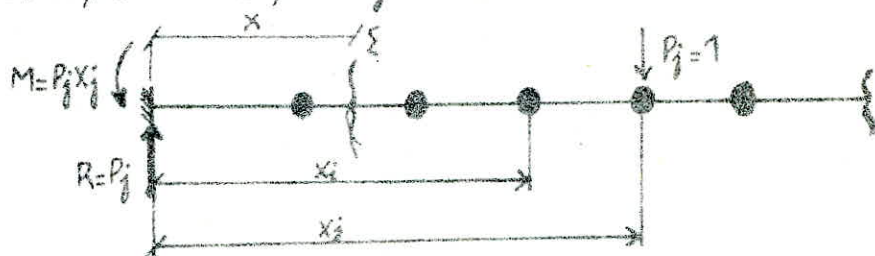
Calcul des coefficients de la matrice de souplesse:

Ces coefficients se calculent par l'évaluation des déplacements pour que toutes les forces soient nulles sauf une. En effet, si toutes les forces sont nulles sauf P_j auquel on impose la valeur $P_j = 1$ on aura:

$$\begin{aligned} x_1 &= \delta_{1j} \\ x_2 &= \delta_{2j} \\ \vdots \\ x_i &= \delta_{ij} \\ \vdots \\ x_n &= \delta_{nj} \end{aligned}$$

On peut donc calculer les coefficients de la matrice en évaluant les déplacements aux nœuds (masses) pour les n cas des forces imposées.

Évaluation des déplacements pour $P_j = 1$:



$$M(x) = -P_j x_j + P_j x \rightarrow M(x) = x - x_j ; \frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EI} = \frac{x_j - x}{EI}$$

$$\Rightarrow \frac{dy}{dx} = \frac{1}{EI} \left(x_j x - \frac{x^2}{2} \right) + C ; \text{ pour } x=0 \rightarrow y'(0) = 0 \rightarrow C = 0$$

$$\text{d'où : } y(x) = \frac{1}{EI} \left(x_j \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6} \right) + C_1 ; \text{ pour } x=0 \rightarrow y(0) = 0 \rightarrow C_1 = 0$$

$$\Rightarrow y(x) = \frac{1}{EI} \left(x_j \frac{x^2}{2} - \frac{x^3}{6} \right)$$

$$\boxed{X_i = \delta_{ij} = \frac{1}{EI} \left[\frac{x_j^2}{2} \left(x_j - \frac{x_i}{3} \right) \right]} \quad (I) \quad \text{avec } j > i.$$

D'après le théorème de réciprocité de MAXWELL - BETTI on a : $\delta_{ij} = \delta_{ji}$.

Remarque:

δ_{ij} : déplacement en i dû à une force unitaire appliquée en j .

Calcul de la pulsation propre fondamentale de RAYLEIGH:

Afin d'établir l'expression de la pulsation fondamentale, on écrit que l'énergie du système conservatif reste constante pendant le mouvement.

$$E_{\text{totale}} = E_p(t) + E_c(t) = C^{\text{te}} \quad \text{avec : } E_p(t) : \text{énergie potentielle à l'instant } t.$$

$$E_c(t) : \text{énergie cinétique à l'instant } t.$$

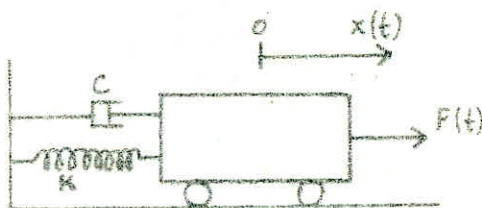
Pour un système à plusieurs degrés de liberté, les masses m_1, m_2, \dots, m_n auront des élongations $x_1(t), \dots, x_n(t)$ dépendant du temps. Pour calculer $E_p(t)$ et $E_c(t)$ il faut trouver ces élongations qui sont solutions de l'équation du mouvement.

Equation du mouvement:

Le calcul des solutions sera fait pour un système dynamique ayant une masse (oscillateur simple à 1 degré de liberté) et on applique pour le calcul des énergies le principe de superposition des effets. Le système sera modélisé par un chariot en tenant compte des caractéristiques physiques essentielles de toute structure élastique linéaire soumise à un chargement dynamique et qui sont:

- = la souplesse ou rigidité.
- = le mécanisme de déperdition d'énergie en amortissement.
- = la source extérieure d'excitation.

Les forces agissant suivant la direction du degré de liberté de déplacement sont le chargement dynamique $F(t)$ et 3



forces engendrées par le mouvement: la force d'inertie F_I , la force d'amortissement F_D et la force de rappel du ressort élastique F_S . L'équation du mouvement exprime l'équilibre de ces forces. D'après le principe de d'Alembert cette équation s'écrit: $F_I + F_D + F_S = F(t)$.

Chacune des forces figurant au 1^{er} membre de cette équation est fonction du déplacement $x(t)$ et de ses dérivées par rapport au temps.

$$F_I = m \cdot \ddot{x}(t) ; F_D = C \cdot \dot{x}(t) ; F_S = K \cdot x(t).$$

C = coefficient d'amortissement. K = coefficient de raideur.

$$\text{d'où : } m \ddot{x}(t) + C \cdot \dot{x}(t) + K \cdot x(t) = F(t) \rightarrow \ddot{x}(t) + \frac{C}{m} \dot{x}(t) + \frac{K}{m} x(t) = \frac{1}{m} F(t).$$

en posant $\omega^2 = \frac{K}{m}$ on aura:

$$\ddot{x}(t) + \frac{C}{m} \dot{x}(t) + \omega^2 x(t) = \frac{1}{m} F(t).$$

La méthode de RAYLEIGH suppose que la masse oscille librement (cas de séisme) sans amortissement $\rightarrow F_D = 0$ et $F(t) = 0$ d'où: $\ddot{x}(t) + \omega^2 x(t) = 0$.

Cette équation différentielle a une solution de la forme:

$$x_i(t) = x_i \cdot \sin(\omega_1 t + \varphi_1) \quad i \in [1, n]$$

x_i : l'amplitude ; ω_1 : pulsation du 1^{er} mode fondamental.

φ_1 : déphasage du mode fondamental.

L'oscillation libre peut être obtenue en relâchant l'oscillateur après l'avoir écarté de sa position d'équilibre. Nous faisons correspondre l'instant initial

($t=0$) à la position écartée juste avant le relâchement.

$$\text{dmc: } x_i(t) = x_i \rightarrow \sin(\omega_1 t + \varphi_1)_{t=0} = 1 \rightarrow \sin \varphi_1 = 1 = \sin\left(\frac{\pi}{2} + 2k\pi\right)$$

$$k=0 \rightarrow \varphi_1 = \pi/2.$$

$$x_i(t) = x_i \cdot \sin\left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}\right) \rightarrow \dot{x}_i(t) = x_i \cdot \omega_1 \cdot \cos\left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Calcul des énergies:

Notre structure a plusieurs masses, donc les 2 énergies peuvent être exprimées comme somme des énergies de toutes les masses en faisant le principe de superposition des effets. On aura:

$$E_c(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i \cdot \dot{x}_i^2(t) \quad ; \quad E_p(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i(t).$$

$$\Rightarrow E_c(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i^2 \cdot \omega_1^2 \cdot \cos^2\left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2} \omega_1^2 \cdot \sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i^2 \cdot \cos^2\left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}\right).$$

$$E_p(t) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i \cdot \sin\left(\omega_1 t + \frac{\pi}{2}\right).$$

Au quart de la période $t = \frac{T}{4} \Rightarrow E_p\left(\frac{T}{4}\right) = 0$ et $E_c\left(\frac{T}{4}\right)$ est maximale.

$$\Rightarrow E_{c \max} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i^2 \cdot \omega_1^2.$$

A la demi période $t = \frac{T}{2} \Rightarrow E_c\left(\frac{T}{2}\right) = 0$ et $E_p\left(\frac{T}{2}\right)$ est maximale

$$\Rightarrow E_{p \max} = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i.$$

Pour que l'énergie totale soit constante, il faut que l'on ait $E_{p \max} = E_{c \max}$.

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n m_i \cdot x_i^2 \cdot \omega_1^2 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n P_i \cdot x_i \Rightarrow \omega_1 = \sqrt{g \frac{\sum P_i \cdot x_i}{\sum P_i \cdot x_i^2}}$$

d'où:
$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{\sum P_i \cdot x_i^2}{g \cdot \sum P_i \cdot x_i}} \quad : \text{ période du 1er mode fondamental.}$$

Remarques:

1. A la place des valeurs des amplitudes x_i qui sont des inconnues, RAYLEIGH a introduit les valeurs des déplacements statiques correspondant à l'action

des charges P_i statiquement appliquées. L'erreur ne sera pas importante.

2. Cette formule donne des résultats à une précision de l'ordre de 1 à 3% près par défaut pour les constructions élancées; 3 à 6% pour les cas courants.

Résumé:

D'après l'exposé théorique, les étapes de calcul sont les suivantes:

1. calcul des éléments de la matrice de souplesse : δ_{ij} .
2. évaluation des déplacements $x_i = \sum \delta_{ij} \cdot P_j$
3. calcul de la période.
4. détermination des forces sismiques par RPA ou PS.

X_i	X_j	$i \setminus j$	1	2	3	4	5	6	7	8
3,63	1	1	95,94	39,86	63,78	87,69	111,61	135,52	159,44	183,36
7,26	2	2	127,55	223,22	318,88	414,55	510,22	605,87	701,54	797,21
10,89	3	3	430,49	645,73	860,98	1076,22	1291,47	1506,7		
14,52	4	4	1020,42	1403,08	1785,73	2168,36	2551,05			
18,15	5	5	1993	2590,91	3488,81	4386,71				
21,78	6	6	3443,91	4304,89	5165,87					
25,41	7	7	5468,81	6640,69						
29,04	8	8								
										8163,35

valeurs des déplacements unitaires $K \delta_{ij}$

($K = EI$).

Déplacements statiques

$w_j = P_j = F_{0j}$	$K_{stj} = K X_{0j}$	$P_{1j} = \frac{X_{0j}}{X_{0m}}$
193,833	6329420,6	1
228,22	5260406,76	0,831104
233,476	4202494,03	0,663962
233,476	3175902,075	0,501768
233,476	2211977,92	0,349476
233,476	1353254,52	0,213804
219,184	653423,45	0,103236
219,184	177222,62	0,027999

1^{ère} Iteration

$F_{1j} = C_{1j} P_j$	$K X_{1j}$	$C_{1j} = \frac{X_{1j}}{X_{1m}}$
193,833	4386648,85	1
189,67	3622443,67	0,825560
155,02	2867025,36	0,653579
117,15	2141457,74	0,488176
81,59	1346950,89	0,307057
49,92	884318,98	0,201593
22,63	418846,01	0,095482
6,14	111204,054	0,025351

Deuxième itération

$F_{2j} = C_{2j} P_j$	$K X_{2j}$	$C_{2j} = \frac{X_{2j}}{X_{2m}}$
193,833	3442699,62	1
156,58	2830674,43	0,822225
101,32	2229169,91	0,647506
57,19	1654505,79	0,480584
25,05	1127936,87	0,327632
10,06	673547,24	0,195645
2,16	316766,74	0,092011
0,16	97277,99	0,028256

3^{ème} itération

$F_{3j} = C_{3j} P_j$	$K X_3$	$C_{3j} = \frac{X_3}{X_{3m}}$
193,833	2905665,63	1
128,744	2381786,8	0,819704
65,605	1869569,41	0,643422
27,485	1382576,31	0,475821
8,207	939070,65	0,323186
1,968	558778,09	0,199306
0,199	261931,89	0,090145
0,005	68879,76	0,023705

4^{ème} Iteration

$F_{4j} = C_{4j} P_j$	$K X_{4j}$	$C_{4j} = \frac{X_{4j}}{X_{4m}}$
193,833	2558042,64	1
105,53	2093972,68	0,818584
42,21	1640015,86	0,641121
13,08	1209926,32	0,473012
2,65	819989,77	0,32055
0,378	486903,81	0,19034
0,018	227809,05	0,089056
1,18510 ⁴	62199,06	0,02431

* Valeurs des déplacements:

J'arrête l'itération parce que les valeurs de la 4^{ème} itération sont sensiblement les mêmes que celles de la 3^{ème} itération, les pour le calcul des déplacements, on considère les valeurs de la 2^{ème} itération, que l'on divise par $K = EI$.

x_i, x_j m	Déplacé Long (cm)	déplacement trans (cm)
x_8	1,646	2,639
x_7	1,377	2,193
x_6	1,100	1,749
x_5	0,831	1,325
x_4	0,579	0,922
x_3	0,354	0,564
x_2	0,171	0,273
x_1	0,0463	0,0739

$$E = 21000 \sqrt{1,25} = 395,10$$

Sens Long :

$$K = E \Sigma I = 382131750 \text{ t.m}$$

Sens trans :

$$K = E \Sigma I = 239489250 \text{ t.m}$$

* calcul de la période :

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{g}} \sqrt{x_{4m}}$$

$$x_{4m} = \frac{2558042,64}{EI}$$

Sens Long : $T = 0,164 \text{ s}$

Sens trans : $T = 0,207 \text{ s}$

Calcul des forces sismiques:

Pour notre cas, toutes les conditions de l'application sont vérifiées donc on peut faire un calcul statique équivalent. Pour ce calcul, on a l'intensité de la force sismique horizontale qui est donnée par la formule de (R.P.A. 81 - Art 3.3.1)

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

V = force horizontale totale.

A = coefficient d'accélération des zones. Il dépend du groupe de la structure et de la zone sismique. Pour notre cas (groupe d'usage 2; zone II) $\rightarrow A = 0,15$ (R.P.A. - Tab 1).

B = facteur de comportement de la structure. Il dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements. Ses valeurs de B sont données par le tableau -2- (R.P.A. 81). Structure autostable $\rightarrow B = 1/4$.

Q = facteur de qualité. Ses valeurs de Q sont données par la formule:

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q \quad \text{ou:} \quad (\text{Art 3.3.1.4 RPA 81})$$

- q est la pénalité qui dépend de l'observation (ou de la non observation) des critères q .

Les critères ainsi que les valeurs de P_q correspondantes sont donnés dans le tableau suivant:

- Sens longitudinal:

q	critères	valeurs de P_q	
		critère observé	critère non observé
1	conditions minimales des files porteuses	0 0*	0,1
2	surabondance en plan.	0*	0,1 0,1
3	symétrie en plan.	0 0*	0,1
4	régularité en élévation.	0 0	0,1*
5	contrôle de la qualité des matériaux.	0	0,1* 0,1
6	contrôle de la qualité de la construction.	0	0,1* 0,1

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q = 1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3.$$

- Sens transversal: $Q = 1,3$.

W = la valeur de W comprend la totalité des charges permanentes (poids propre de la structure, poids des remplissages et des revêtements, poids des équipements fixes, etc...). $W = 1794,325 \text{ t}$.

D = facteur d'amplification dynamique. Sa valeur est déterminée d'après le type du sol en fonction de la période T du bâtiment à partir du graphe du (R.P.A. 81 - page 37). $T < 0,5 \Rightarrow D = 2$.

Distribution des forces latérales:

La force latérale totale V doit être distribuée sur la structure selon la formule suivante: $V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i$ (R.P.A. 81 - Art 3.3.3).

- la force F_t concentrée au sommet est calculée à partir de la formule:

$$F_t = 0,07 \cdot T \cdot V. \quad F_t \text{ doit être inférieure à } 0,25 V.$$

F_t peut être prise égale à zéro si $T \leq 0,75$.

dans notre cas $F_t = 0$.

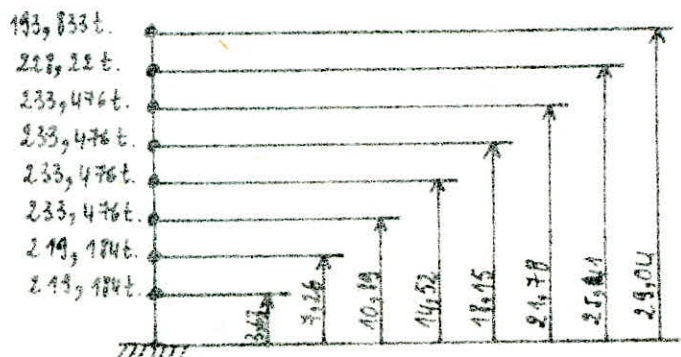
- la partie restante de l'effort horizontal V doit être distribuée sur la hauteur d'après la formule suivante:

$$F_k = \frac{(V - F_t) \cdot W_k \cdot h_k}{\sum_{i=1}^n W_i \cdot h_i}$$

F_k : effort horizontal au niveau k .

W_i et W_k : parties de W qui se trouvent au niveau i, k respectivement.

Modélisation sous forme de console:

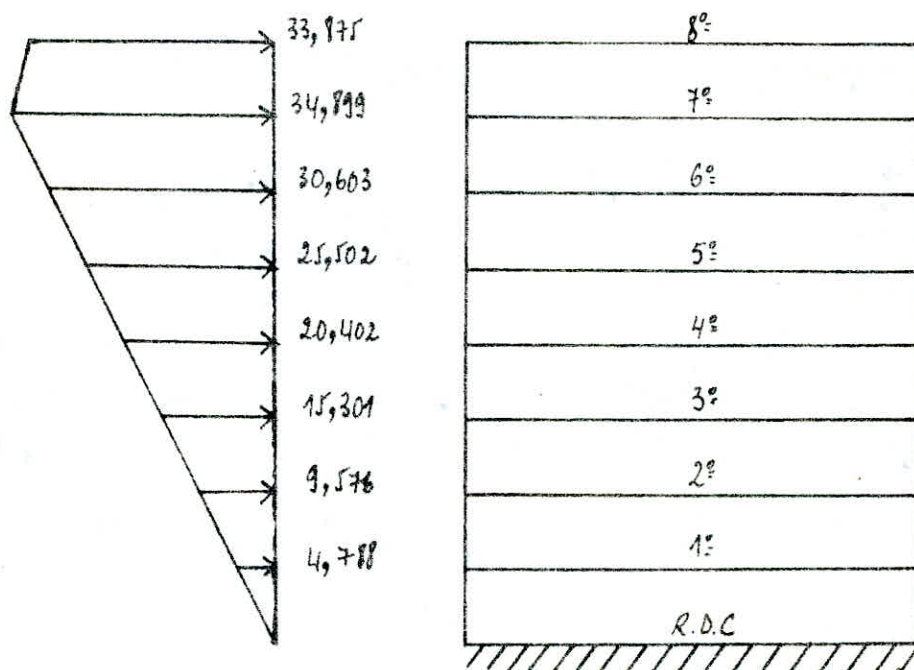


Seisme longitudinal:

$$V_L = 0,15 \cdot \frac{1}{4} \cdot 2 \cdot 1,3 \cdot 1794,325 = 174,947 \text{ t.}$$

$$\begin{aligned} \sum W_i \cdot h_i &= 219,194 (3,63 + 7,26) + 233,476 (10,89 + 14,52 + 18,15 + 21,78) + 228,22 \cdot 25,41 \\ &+ 193,833 \cdot 29,04 = 29070,216 \text{ t.m.} \end{aligned}$$

NIV	8	7	6	5	4	3	2	1
$W_k(t)$	193,833	228,22	233,476	233,476	233,476	233,476	219,194	219,194
$h_k(m)$	29,04	25,41	21,78	18,15	14,52	10,89	7,26	3,63
$W_k \cdot h_k$	5628,91	5799,07	5081,11	4237,59	3390,07	2542,55	1594,29	795,64
$F_k(t)$	33,875	34,899	30,603	25,502	20,402	15,301	9,576	4,788



Pour le seisme transversal, la distribution des forces latérales est la même que celle du seisme longitudinal car on a les mêmes coefficients et les mêmes masses.

Effort tranchant d'étage "j" (Z_j):

C'est la somme des forces agissantes au dessus du niveau "j" considéré pour un bâtiment comportant n étages.

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

- sens longitudinal (de même pour le sens transversal):

$$\tau_{x8} = \tau_{y8} = 33,875t. \quad 3,63 \times 8$$

$$\tau_{x7} = \tau_{y7} = 68,774t. \quad 3,63 \times 7$$

$$\tau_{x6} = \tau_{y6} = 99,377t. \quad 3,63 \times 6$$

$$\tau_{x5} = \tau_{y5} = 124,879t. \quad 3,63 \times 5$$

$$\tau_{x4} = \tau_{y4} = 145,281t. \quad 3,63 \times 4$$

$$\tau_{x3} = \tau_{y3} = 160,582t. \quad 3,63 \times 3$$

$$\tau_{x2} = \tau_{y2} = 170,158t. \quad \times 3,63 \times 2$$

$$\tau_{x1} = \tau_{y1} = 174,946t. \quad \times 3,63$$

Détermination de l'effort de niveau (T_j) revenant à chaque portique:

L'effort tranchant d'étage (T_j) s'applique au C.D.G. de l'étage j c.à.d. en G . Comme on a une rotation de plancher autour du centre de torsion C , T_j appliqué en G est équivalent à T_j appliqué en C plus un couple de torsion M_j

$$M_j = T_j \cdot e.$$

D'où sous l'action de T_{jx} , on a un effort de niveau (j) qui sera:

a) dans les portiques longitudinaux:

$$T_{jx}^{(e)} = T_{jx} \cdot \frac{R_{jx}}{R_{j0}} + T_{jx} \cdot \frac{R_{jx}^{(e)} \cdot y_j^{(e)}}{R_{j0}} \cdot e_y.$$

- le 1^{er} terme étant dû à la translation.

- le second est dû à la rotation.

b) dans un portique transversal quelconque:

$$T_{jx}^{(t)} = T_{jx} \cdot \frac{R_{jy}^{(t)} \cdot x_j^{(t)}}{R_{j0}} \cdot e_y.$$

On aura des expressions analogues pour l'action de T_{jy} .

En conclusion, on aura dans chaque portique un effort tranchant de niveau qui sera:

- pour les portiques transversaux:

$$T_{jy} = T_{jy} \cdot \frac{R_{jy}}{R_{j0}} + T_{jy} \cdot \frac{R_{jy} \cdot x_j}{R_{j0}} \cdot e_x + T_{jx} \cdot \frac{R_{jy}}{R_{j0}} \cdot e_y \cdot x_j$$

- pour les portiques longitudinaux:

$$T_{jx} = \tau_{jx} \cdot \frac{R_{jx}}{R_{jx}} + \tau_{jx} \cdot \frac{R_{jx} \cdot y_j}{R_{j0}} \cdot e_y + \tau_{jy} \cdot \frac{R_{jx} \cdot y_j}{R_{j0}} \cdot e_y$$

Calcul du déplacement relatif (δ_j):

Le déplacement relatif (δ_j) d'un étage est donné par:

$$\delta_j = \frac{T_j}{R_j}$$

Les valeurs de T_j et de δ_j sont données dans les tableaux qui suivent.

Portiques transversaux

Niveau	Z_{ix} (l.)	R_{iy} (kg/cm)	R_{jy} (kg/cm)	Z_{iy} (l.)	Porte-queue	R_{ij} (kg/cm)	X_j (cm)	$\frac{R_{ij}}{R_{jy}}$	$\frac{R_{ij} \cdot X_j}{R_{jy}}$	$\frac{R_{ij} \cdot X_j}{R_{jy}}$	T_j (l.)	$\frac{T_j}{R_{ij}}$
3	33,875	310700,6	16,266.18°	33,875	1	62140,12	-700	6,775	-0,634	-0,634	6,775	0,109
					2	62140,12	-350	6,775	-0,317	-0,317	6,775	0,109
					3	62140,12	0	6,775	0	0	6,775	0,109
					4	62140,12	350	+6,775	0,317	0,317	7,409	0,119
					5	62140,12	700	6,775	0,634	0,634	8,043	0,129
7	68,774	310700,6	16,266.18°	68,774	1	62140,12	-700	13,755	-1,287	-1,287	13,755	0,221
					2	62140,12	-350	13,755	-0,639	-0,639	13,755	0,221
					3	62140,12	0	13,755	0	0	13,755	0,221
					4	62140,12	+350	13,755	0,639	0,639	15,038	0,242
					5	62140,12	+700	13,755	1,287	1,287	16,328	0,262
6	99,377	310700,6	16,266.18°	99,377	1	62140,12	-700	19,875	-1,86	-1,86	19,875	0,319
					2	62140,12	-350	19,875	-0,93	-0,93	19,875	0,319
					3	62140,12	0	19,875	0	0	19,875	0,319
					4	62140,12	+350	19,875	0,93	0,93	21,735	0,350
					5	62140,12	+700	19,875	1,86	1,86	23,595	0,380
5	124,879	310700,6	16,266.18°	124,879	1	62140,12	-700	24,976	-2,337	-2,337	24,976	0,400
					2	62140,12	-350	24,976	-1,168	-1,168	24,976	0,400
					3	62140,12	0	24,976	0	0	24,976	0,400
					4	62140,12	+350	24,976	1,168	1,168	27,342	0,440
					5	62140,12	+700	24,976	2,337	2,337	29,65	0,477
4	145,281	310700,6	16,266.18°	145,281	1	62140,12	-700	29,056	-2,719	-2,719	29,056	0,467
					2	62140,12	-350	29,056	-1,359	-1,359	29,056	0,467
					3	62140,12	0	29,056	0	0	29,056	0,467
					4	62140,12	350	29,056	1,359	1,359	31,774	0,511
					5	62140,12	700	29,056	2,719	2,719	34,492	0,555
3	160,582	310700,6	16,266.18°	160,582	1	62140,12	-700	32,116	-3,006	-3,006	32,116	0,517
					2	62140,12	-350	32,116	-1,503	-1,503	32,116	0,517
					3	62140,12	0	32,116	0	0	32,116	0,517
					4	62140,12	350	32,116	1,503	1,503	35,112	0,565
					5	62140,12	700	32,116	3,006	3,006	38,128	0,613
2	170,158	310700,6	16,266.18°	170,158	1	62140,12	-700	34,031	-3,185	-3,185	34,031	0,547
					2	62140,12	-350	34,031	-1,592	-1,592	34,031	0,547
					3	62140,12	0	34,031	0	0	34,031	0,547
					4	62140,12	350	34,031	1,592	1,592	37,215	0,598
					5	62140,12	700	34,031	3,185	3,185	40,401	0,650
1	174,946	310700,6	16,266.18°	174,946	1	79147,39	-700	34,989	-4,629	-4,629	34,989	0,442
					2	79147,39	-350	34,989	-2,315	-2,315	34,989	0,442
					3	79147,39	0	34,989	0	0	34,989	0,442
					4	79147,39	350	34,989	2,315	2,315	39,619	0,500
					5	79147,39	700	34,989	4,629	4,629	44,247	0,559

Portiques longitudinaux:

Niveau	R_{ix} (kg/cm)	R_{ix} (kg/cm)	Z_{ix} (t)	Z_{ix} (t)	Portique	R_{ix} (kg/cm)	Z_{ix} (m)	$\frac{R_{ix}}{Z_{ix}}$	$\frac{R_{ix}}{Z_{ix}}$	$\frac{R_{ix}}{Z_{ix}}$	T_{ix}	$S_j = \frac{T_{ix}}{R_{ix}}$
3	531296,9	16,266.10	33,875	33,875	6	143412,55	5,25	9,144	1,09	1,09	11,324	0,079
					7	143412,55	1,75	9,144	0,366	0,366	9,876	0,069
					8	101059,257	-1,75	6,443	-0,258	-0,258	6,443	0,064
					9	143412,55	-5,25	9,144	-1,09	-1,09	9,144	0,064
7	531296,9	16,266.10	68,774	68,774	6	143412,55	5,25	18,564	0,228	2,228	23,02	0,161
					7	143412,55	1,75	18,564	0,143	0,143	20,05	0,139
					8	101059,257	-1,75	13,082	-0,523	-0,523	13,082	0,123
					9	143412,55	-5,25	18,564	-2,228	-2,228	18,564	0,129
6	531296,9	16,266.10	99,377	99,377	6	143412,55	5,25	26,825	3,22	3,22	33,265	0,232
					7	143412,55	1,75	26,825	1,073	1,073	28,971	0,202
					8	101059,257	-1,75	18,903	-0,756	-0,756	18,903	0,187
					9	143412,55	-5,25	26,825	-3,22	-3,22	26,825	0,187
5	531296,9	16,266.10	124,879	124,879	6	143412,55	5,25	33,708	4,046	4,046	41,8	0,291
					7	143412,55	1,75	33,708	1,349	1,349	36,406	0,254
					8	101059,257	-1,75	23,754	-0,95	-0,95	23,754	0,235
					9	143412,55	-5,25	33,708	-4,046	-4,046	33,708	0,235
4	531296,9	16,266.10	145,281	145,281	6	143412,55	5,25	39,216	4,707	4,707	48,63	0,339
					7	143412,55	1,75	39,216	1,569	1,569	42,354	0,295
					8	101059,257	-1,75	27,634	-1,106	-1,106	27,634	0,273
					9	143412,55	-5,25	39,216	-4,707	-4,707	39,216	0,273
3	531296,9	16,266.10	160,582	160,582	6	143412,55	5,25	43,346	5,203	5,203	53,752	0,375
					7	143412,55	1,75	43,346	1,734	1,734	46,814	0,326
					8	101059,257	-1,75	30,545	-1,222	-1,222	30,545	0,326
					9	143412,55	-5,25	43,346	-5,203	-5,203	43,346	0,302
2	531296,9	16,266.10	170,158	170,158	6	143412,55	5,25	45,931	5,513	5,513	56,957	0,397
					7	143412,55	1,75	45,931	1,838	1,838	49,607	0,346
					8	101059,257	-1,75	32,366	-1,295	-1,295	32,366	0,320
					9	143412,55	-5,25	45,931	-5,513	-5,513	45,931	0,320
1	309620,86	14,655.10	174,946	174,946	6	81861,29	5,25	46,254	3,591	3,591	53,436	0,653
					7	81861,29	1,75	46,254	1,197	1,197	48,648	0,594
					8	64036,99	-1,75	36,183	-0,936	-0,936	36,183	0,565
					9	81861,29	-5,25	46,254	-3,591	-3,591	46,254	0,565

* Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau :

On prend les portiques les plus sollicités. On a déjà calculé le déplacement relatif de niveau (δ_j) pour chaque portique, mais comme les poteaux d'un même niveau doivent avoir le même déplacement donc si on a (m) poteaux par niveau, on aura :

$$\delta_j^{(1)} = \delta_j^{(2)} = \dots = \delta_j^{(i)} = \dots = \delta_j^{(m)}$$

D'où :

$$\frac{t_j^{(1)}}{r_j^{(1)}} = \frac{t_j^{(2)}}{r_j^{(2)}} = \dots = \frac{t_j^{(i)}}{r_j^{(i)}} = \dots = \frac{t_j^{(m)}}{r_j^{(m)}}$$

avec : $t_j^{(i)}$: part de l'effort tranchant revenant au poteau (i) du niveau j

et : $r_j^{(i)}$: rigidité corrigée du poteau (i) du niveau (j)

donc on a :

$$t_j^{(i)} = \frac{r_j^{(i)}}{R_j} T_j = \frac{r_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^m r_j^{(i)}} \cdot T_j$$

$$\text{or : } r_j^{(i)} = \frac{12 \cdot E}{l_j^3} \cdot a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)} \quad \text{avec } K_j = \text{cste.}$$

$$\Rightarrow \boxed{t_j^{(i)} = \frac{a_j^{(i)} K_j^{(i)}}{\sum a_j^{(i)} K_j^{(i)}} \cdot T_j = \frac{a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)}}{D_j} \cdot T_j}$$

Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau.

Portiques longitudinaux (7-7) & (6-6); (5-5)

			Pot.	1	2	3	4	5
Niv	T_j	D_j	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
8	11.324	4128.03	t_j	0.646	3.344	3.344	3.344	0.646
7	23.020	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	1.312	6.798	6.798	6.798	1.312
6	33.265	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	1.897	9.824	9.824	9.824	1.897
5	44.800	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	2.383	12.345	12.345	12.345	2.383
4	48.630	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	2.773	14.362	14.362	14.362	2.773
3	53.752	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	3.065	15.874	15.874	15.874	3.065
2	56.957	4128.03	$a_j K_j$	235.35	1219.11	1219.11	1219.11	235.35
			t_j	3.247	16.821	16.821	16.821	3.247
1	53.436	235632	$a_j K_j$	408.57	513.06	513.06	513.06	408.57
			t_j	9.265	11.635	11.635	11.635	9.265

Portique longitudinal (B-B)

			Pot.	1	2	3	4
NIV	T_j	D_j	$a_j K_j$	235.25	1219.11	1219.11	235.36
8	41.324	2908.92	t_j	0.916	4.746	4.746	0.916
7	23.02	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	1.362	9.647	9.647	1.362
6	33.265	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	2.691	13.941	13.941	2.691
5	41.80	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	3.392	17.518	17.518	3.392
4	48.63	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	3.934	20.38	20.38	3.934
3	53.352	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	4.348	22.527	22.527	4.348
2	56.957	2908.92	$a_j K_j$	235.36	1219.11	1219.11	235.36
			t_j	4.608	23.87	23.87	4.608
1	53.436	1843.26	$a_j K_j$	408.57	513.06	513.06	408.57
			t_j	11.844	14.873	14.873	11.844

Portiques transversaux
(1-1) (2-2) (3-3) (4-4) & (5-5)

			Pol.	1	2	3	4
NIV	T_j	D_j	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
8	8.043	1788.66	t_j	1.651	2.371	2.371	1.651
7	11.323	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	3.352	4.813	4.813	3.352
6	23.595	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	4.843	6.954	6.954	4.843
5	29.65	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	6.086	8.739	8.739	6.086
4	34.492	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	7.08	10.166	10.166	7.08
3	39.128	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	7.826	11.238	11.238	7.826
2	40.401	1788.66	$a_j K_j$	367.15	527.18	527.18	367.15
			t_j	8.292	11.908	11.908	8.292
1	44.247	2278.2	$a_j K_j$	508.36	630.74	630.74	508.36
			t_j	9.873	12.250	12.250	9.873

- Calcul des moments dans les poteaux:

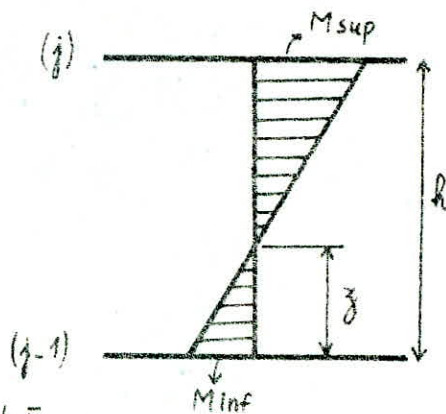
La position du point d'inflexion est calculée en fonction des caractéristiques du portique:

$$z = y \cdot h \text{ tel que: } y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3.$$

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

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

avec: y_0 : coefficient donné par les tableaux du bulletin N°5 C.T.C. en fonction de \bar{K} , du nombre total de niveaux de portiques et du numéro du niveau.



y_1 : terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire (I/l) des poutres supérieures et inférieures. Il est donné par des tableaux en fonction de α_1 et de \bar{K} ;

$$\alpha_1 = \frac{K_1 + K_2}{K_3 + K_4} \rightarrow \text{poutres supérieures.}$$

$$K_3 + K_4 \rightarrow \text{poutres inférieures.}$$

y_2 : terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur d'étage supérieur. Il est donné en fonction de $\alpha_2 = h_1/h$ et de \bar{K} . ($y_2 = 0$ pour le dernier niveau).

y_3 : terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur de l'étage inférieur adjacent. Il est donné en fonction de α_3 et de \bar{K} . $\alpha_3 = h_1/h$. ($y_3 = 0$ pour le 1^{er} niveau).

Remarques:

- Dans notre cas $h_j = 3,63$ m pour tous les niveaux: $y_2 = y_3 = 0$.
- Les coefficients y_0, y_1, y_2 et y_3 sont donnés par le bulletin du C.T.C. N°5.

Postique longitudinal B.B

Niv	Pot	$\frac{1}{2}(H)$	\bar{K}	β_0	α_1	β_1	$y - \hat{y}_i$	$\frac{(m)}{\beta - \beta_0}$	M sup (fm)	$h - \beta$ (m)	M sup (E-m)
8 ^o	1	0,916	0,65	0,30	1	0	0,30	1,089	0,997	2,541	2,527
	2	4,746	1,295	0,38	1	0	0,38	1,379	6,545	2,251	10,663
	3	4,746	1,295	0,38	1	0	0,38	1,379	6,548	2,281	10,688
	4	0,916	0,65	0,30	1	0	0,30	1,089	0,997	2,541	2,527
7 ^o	1	1,862	0,65	0,4	1	0	0,4	1,452	2,704	2,177	4,055
	2	9,647	1,295	0,45	1	0	0,45	1,634	15,763	1,996	19,255
	3	9,647	1,295	0,45	1	0	0,45	1,634	15,763	1,996	19,255
	4	1,862	0,65	0,40	1	0	0,40	1,452	2,704	2,178	4,055
6 ^o	1	2,691	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	4,397	1,996	5,371
	2	13,941	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	23,532	1,942	27,073
	3	13,941	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	23,532	1,942	27,073
	4	2,691	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	4,397	1,996	5,371
5 ^o	1	3,382	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	5,526	1,996	6,773
	2	17,578	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	29,57	1,94	34,009
	3	17,578	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	29,57	1,942	34,009
	4	3,382	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	5,526	1,996	6,773
4 ^o	1	3,934	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	6,428	1,996	7,852
	2	20,37	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	36,989	1,815	36,989
	3	20,37	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	36,989	1,815	36,989
	4	3,934	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	6,428	1,996	7,852
3 ^o	1	4,547	0,65	0,50	1	0	0,50	1,815	7,892	1,815	7,892
	2	22,527	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	40,886	1,815	40,886
	3	22,527	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	40,886	1,815	40,886
	4	4,547	0,65	0,50	1	0	0,50	1,815	7,892	1,815	7,892
2 ^o	1	4,608	0,65	0,525	1	0	0,525	1,908	8,783	1,724	7,944
	2	23,87	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	43,324	1,815	43,324
	3	23,87	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	43,324	1,815	43,324
	4	4,608	0,65	0,525	1	0	0,525	1,908	8,783	1,724	7,944
1 ^o	1	14,892	0,65	0,70	1	0	0,70	2,541	30,096	1,089	12,898
	2	14,892	1,295	0,635	1	0	0,635	2,305	34,282	1,325	19,802
	3	14,892	1,295	0,635	1	0	0,635	2,305	34,282	1,325	19,802
	4	14,894	0,65	0,70	1	0	0,70	2,541	30,096	1,089	12,898

poétique transversal

Niv	Pot	t _g CH	K	J ₀	x ₁	y ₁	γ=2x	δ=4y	μ _{imp} (t _{imp})	h-3	M sup (t _{sup})
8 ^e	1	1,651	1,265	0,36	1	0	0,76	1,307	2,158	2,223	3,835
	2	2,871	0,56	0,28	1	0	0,28	1,016	2,409	2,614	6,197
	3	2,371	0,56	0,28	1	0	0,28	1,016	2,409	2,614	6,197
	4	1,651	0,39	0,19	1	0	0,19	0,689	1,187	2,941	4,855
7 ^e	1	3,352	1,265	0,45	1	0	0,45	1,634	5,477	3,996	6,690
	2	4,813	0,56	0,38	1	0	0,38	1,379	6,137	2,571	10,834
	3	4,813	0,56	0,38	1	0	0,38	1,379	6,137	2,571	10,834
	4	3,352	0,39	0,35	1	0	0,35	1,27	11,257	3,56	7,910
6 ^e	1	4,843	1,265	0,46	1	0	0,46	1,669	8,083	1,961	9,497
	2	6,954	0,56	0,42	1	0	0,42	1,525	10,605	2,105	14,637
	3	6,954	0,56	0,42	1	0	0,42	1,525	10,605	2,105	14,639
	4	4,843	0,39	0,39	1	0	0,39	1,416	6,858	2,214	10,722
5 ^e	1	6,086	1,265	0,46	1	0	0,46	1,669	10,158	1,961	11,933
	2	8,739	0,56	0,45	1	0	0,45	1,634	14,239	1,996	17,463
	3	8,739	0,56	0,45	1	0	0,45	1,634	14,239	1,996	17,463
	4	6,086	0,39	0,44	1	0	0,44	1,597	9,779	2,033	12,373
4 ^e	1	7,08	1,265	0,5	1	0	0,5	1,815	12,850	1,815	12,850
	2	10,166	0,56	0,45	1	0	0,45	1,634	16,671	1,996	20,291
	3	10,166	0,56	0,45	1	0	0,45	1,634	16,671	1,996	20,291
	4	7,08	0,39	0,45	1	0	0,45	1,634	11,539	1,996	14,132
3 ^e	1	7,826	1,265	0,50	1	0	0,50	1,815	14,204	1,815	14,204
	2	11,238	0,54	0,50	1	0	0,50	1,815	20,397	1,815	20,397
	3	11,238	0,56	0,50	1	0	0,50	1,815	20,397	1,815	20,397
	4	7,826	0,39	0,50	1	0	0,50	1,815	14,204	1,815	14,214
2 ^e	1	8,292	1,265	0,50	1	0	0,50	1,815	15,049	1,815	15,05
	2	11,908	0,56	0,55	1	0	0,55	1,966	23,414	1,664	19,895
	3	11,908	0,56	0,55	1	0	0,55	1,966	23,414	1,664	19,895
	4	8,292	0,39	0,56	1	0	0,56	2,033	16,857	1,597	13,242
1 ^e	1	9,873	1,265	0,66	1	0	0,66	2,396	23,656	1,254	12,183
	2	12,25	2,53	0,62	1	0	0,62	2,25	27,563	1,38	16,905
	3	12,25	2,53	0,62	1	0	0,62	2,25	27,563	1,38	16,905
	4	9,873	1,265	0,66	1	0	0,66	2,033	20,022	1,597	15,767

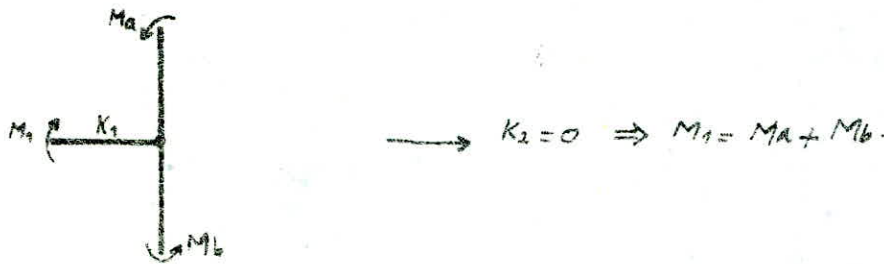
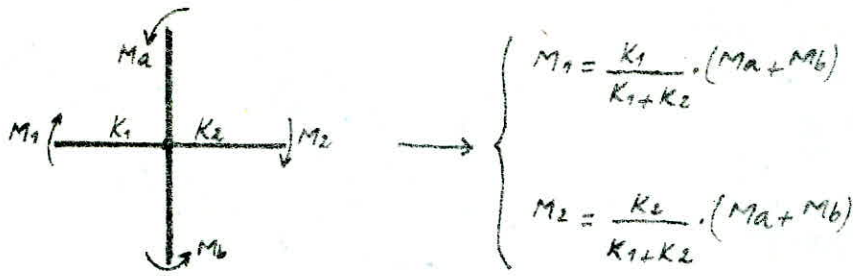
Portique Long: 7-7.

Calcul des Moments dans les Poteaux

NIV	Pot	t_j (t)	\bar{K}	γ_0	α_1	γ_1	$\gamma = \sum \gamma_i$	$\beta = \frac{\gamma h}{(2m)}$	Minf (t.m)	(h- β) (m)	M sup (t.m)
8	1	0,646	0,65	0,30	1	0	0,30	1,089	0,703	2,541	1,641
	2	3,344	1,295	0,30	1	0	0,30	1,378	4,611	2,251	7,527
	3	3,344	1,295	0,30	1	0	0,30	1,378	4,611	2,251	7,527
	4	3,344	1,295	0,30	1	0	0,30	1,378	4,611	2,251	7,527
	5	0,646	0,65	0,30	1	0	0,30	1,089	0,703	2,541	1,641
7	1	1,312	0,65	0,4	1	0	0,40	1,452	1,905	2,178	2,858
	2	6,798	1,295	0,45	1	0	0,45	1,634	11,100	1,996	13,539
	3	6,798	1,295	0,45	1	0	0,45	1,634	11,100	1,996	13,539
	4	6,798	1,295	0,45	1	0	0,45	1,634	11,100	1,996	13,539
	5	1,312	0,65	0,4	1	0	0,40	1,452	1,905	2,178	2,858
6	1	1,897	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	3,099	1,996	3,786
	2	9,824	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	16,583	1,942	19,078
	3	9,824	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	16,583	1,942	19,078
	4	9,824	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	16,583	1,942	19,078
	5	1,897	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	3,099	1,996	3,786
5	1	2,383	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	3,894	1,996	4,756
	2	12,345	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	20,838	1,942	23,974
	3	12,345	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	20,838	1,942	23,974
	4	12,345	1,295	0,465	1	0	0,465	1,688	20,838	1,942	23,974
	5	2,383	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	3,894	1,996	4,756
4	1	2,773	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	1,905	1,815	5,563
	2	14,362	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	26,067	1,815	26,067
	3	14,362	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	26,067	1,815	26,067
	4	14,362	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	26,067	1,815	26,067
	5	2,773	0,65	0,45	1	0	0,45	1,634	1,905	1,815	5,563
3	1	3,065	0,65	0,50	1	0	0,50	1,815	5,563	1,815	5,563
	2	15,874	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	28,841	1,815	28,841
	3	15,874	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	28,841	1,815	28,841
	4	15,874	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	28,841	1,815	28,841
	5	3,065	0,65	0,50	1	0	0,50	1,815	5,563	1,815	5,563
2	1	3,247	0,65	0,525	1	0	0,525	1,906	6,180	1,724	5,598
	2	16,821	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	30,53	1,815	30,53
	3	16,821	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	30,53	1,815	30,53
	4	16,821	1,295	0,50	1	0	0,50	1,815	30,53	1,815	30,53
	5	3,247	0,65	0,525	1	0	0,525	1,906	6,180	1,724	5,598
1	1	3,265	0,65	0,70	1	0	0,70	2,541	23,542	1,089	10,09
	2	11,635	1,295	0,635	1	0	0,635	2,305	26,819	1,325	15,446
	3	11,635	1,295	0,635	1	0	0,635	2,305	26,819	1,325	15,446
	4	11,635	1,295	0,635	1	0	0,635	2,305	26,819	1,325	15,446
	5	3,265	0,65	0,70	1	0	0,70	2,541	23,542	1,089	10,09

- Calcul des moments dans les poutres:

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

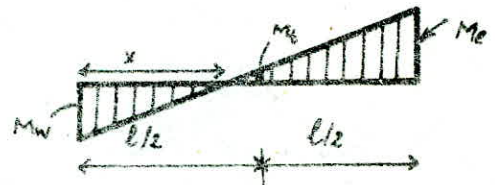


Moment en travée:

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

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

$$(1) \text{ et } (2) \rightarrow M_e = \frac{M_e - M_w}{2}$$



Effort tranchant:

À partir des moments dans les poutres, on peut calculer les efforts tranchants pour une travée indépendante (fig ci-dessus). Composons l'équation du moment:

$$M = a \cdot x + b \rightarrow T = \frac{dM}{dx} = a.$$

$$x=0 \Rightarrow b = M_w.$$

$$x=l \Rightarrow -M_e = a \cdot l + M_w \Rightarrow a = - \frac{M_e + M_w}{l}$$

$$T = - \frac{M_e + M_w}{l}$$

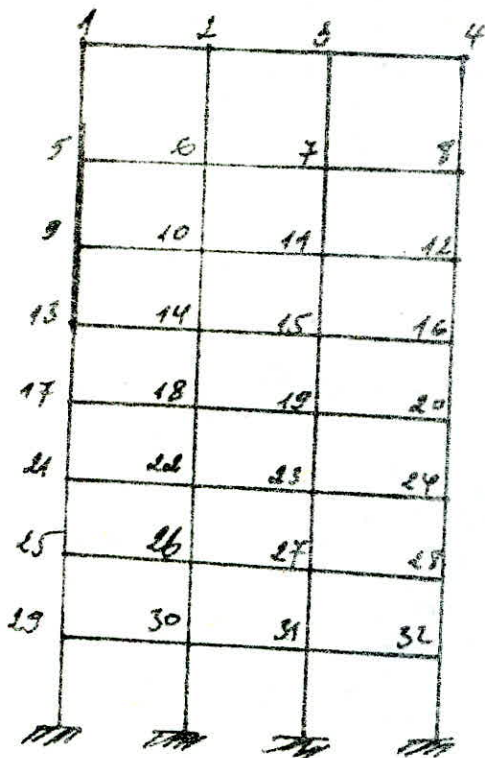
Effort normal:

Pour un niveau (h), l'effort normal dans les poteaux sera:

$$N_i = - (T_{i,e} - T_{i,w}).$$

Calcul des moments dans les poutres

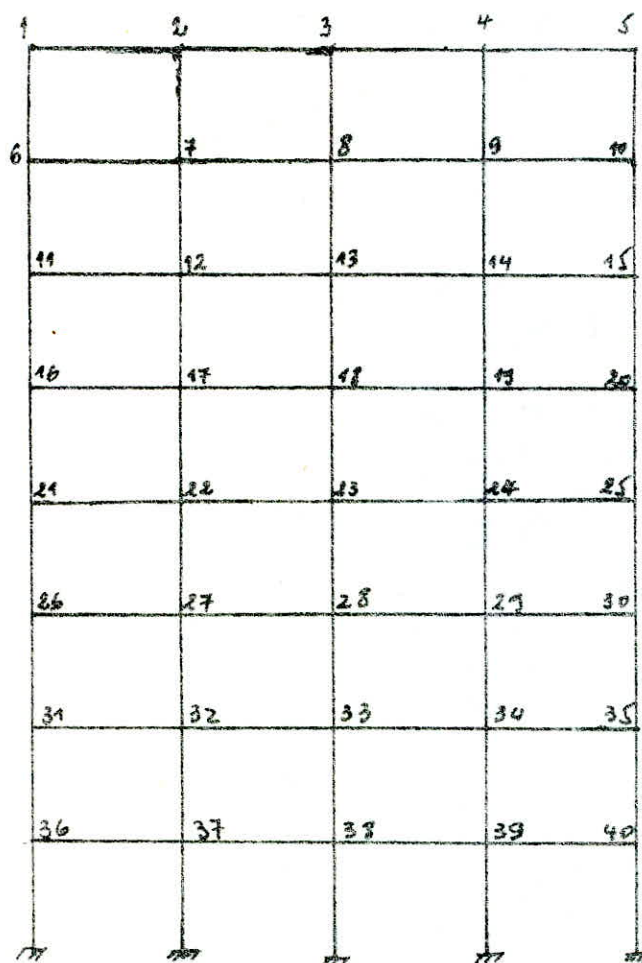
Poutique longitudinal (B-Ø)



Niv	noeud	M_0 (t.m)	M_1 (t.m)	M_2 (t.m)	M_3 (t.m)
8	1	0	2.327	0	2.327
	2-3	0	10.683	5.342	5.342
	4	0	2.327	2.327	0
7	5	0.997	4.055	0	5.502
	6-7	6.545	19.255	12.897	12.897
	8	0.997	4.055	5.502	0
6	9	2.704	5.371	0	8.075
	10-11	15.763	27.073	21.419	21.419
	12	2.704	5.371	8.075	0
5	13	4.397	6.75	0	11.147
	14-15	28.532	34.019	28.775	28.775
	16	4.397	6.75	11.147	0
4	17	5.526	7.852	0	13.378
	18-19	29.57	36.989	33.279	33.279
	20	5.526	7.852	13.378	0
3	21	6.428	7.891	0	14.319
	22-23	36.989	40.886	38.937	38.937
	24	6.428	7.891	14.319	0
2	25	7.892	7.944	0	15.836
	26-27	40.886	43.324	42.105	42.105
	28	7.892	7.944	15.836	0
1	29	8.783	12.898	0	21.681
	30-31	43.324	49.707	31.545	31.545
	32	8.783	12.898	21.681	0

Calcul des moments dans les poutres

Poutrique longitudinal (7-7)



NIV	noeud	M_a (t.m)	M_b (t.m)	M_1 (t.m)	M_2 (t.m)
8	1	0	1.641	0	1.641
	2-4	0	2.527	3.763	3.763
	5	0	1.641	1.641	0
7	6	0.703	2.858	0	3.561
	7-9	4.611	13.569	9.09	9.09
	10	0.703	2.858	3.561	0
6	11	1.905	3.786	0	5.691
	12-14	11.108	19.078	15.093	15.093
	15	1.905	3.786	5.691	0
5	16	3.099	4.756	0	7.855
	17-19	16.583	23.972	20.277	20.277
	20	3.099	4.756	7.855	0
4	21	3.894	5.535	0	9.429
	22-24	20.938	26.067	23.452	23.452
	25	3.894	5.535	9.429	0
3	26	4.531	5.563	0	10.094
	27-29	26.067	28.811	27.439	27.439
	30	4.531	5.563	10.094	0
2	31	5.563	5.598	0	11.161
	32-34	28.811	30.53	29.67	29.67
	35	5.563	5.598	11.161	0
1	36	6.189	10.09	0	16.279
	37-39	30.53	15.416	22.973	22.973
	40	6.189	10.09	16.279	0

Calcul des moments dans les poutres

Portique transversal:

Niv	nœud	M_0 (t.m)	M_1 (t.m)	M_2 (t.m)	M_3 (t.m)
8 ^e	1	0	3,835	0	3,835
	2; 3	0	6,197	3,0985	3,0985
	4	0	4,855	4,855	0
7 ^e	5	2,158	6,69	0	8,848
	6; 7	2,409	10,834	6,6295	6,6295
	8	1,187	7,91	3,047	0
6 ^e	9	5,477	9,497	0	14,974
	10; 11	6,637	14,638	10,6395	10,6395
	12	4,257	10,722	14,979	0
5 ^e	13	8,083	11,935	0	20,018
	14; 15	10,605	17,443	14,024	14,024
	16	6,858	12,313	18,231	0
4 ^e	17	10,158	12,85	0	23,008
	18; 19	14,279	20,291	13,285	13,285
	20	9,719	14,132	23,851	0
3 ^e	21	12,85	14,024	0	27,054
	22; 23	16,611	20,397	18,504	18,504
	24	11,569	14,024	25,773	0
2 ^e	25	14,024	15,05	0	29,254
	26; 27	20,397	19,915	20,106	20,106
	28	14,024	19,246	27,446	0
1 ^e	29	15,045	12,183	0	27,232
	30; 31	23,411	16,905	20,158	20,158
	32	16,857	15,767	32,624	0

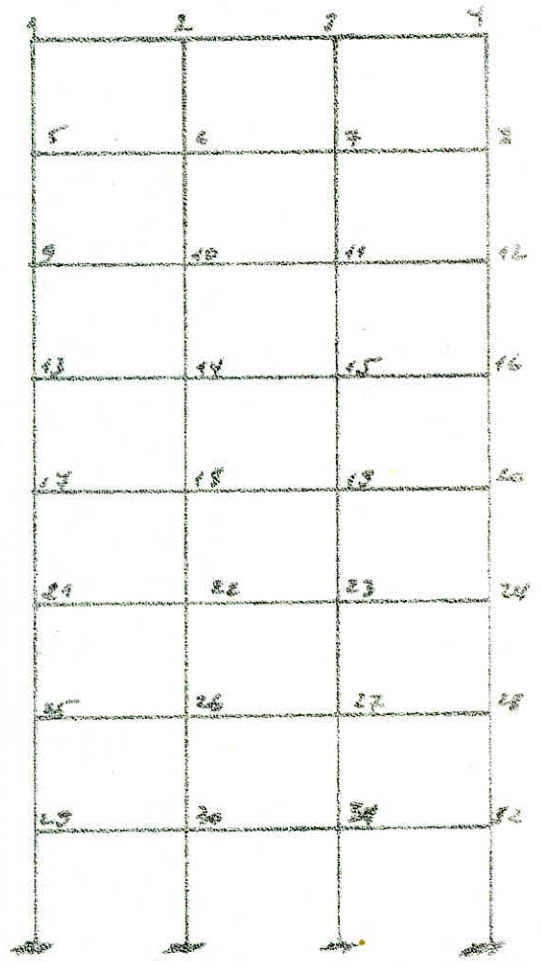


Tableau récapitulatif.

Poutres sous S1 831

Portique longitudinal (7-7)

Niv	Pout	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _t (t.m)	T. (t)
0%	1-2	2,661	3,763	1,061	-1,504
	2-3	3,763	3,763	0	-2,15
	3-4				
	4-5	3,763	1,643	-1,061	-1,504
1%	6-7	3,561	9,09	2,765	-3,614
	7-8	9,09	9,09	0	-5,195
	8-9				
	9-10	9,09	3,561	-2,765	-3,614
6%	11-12	5,691	15,093	4,701	-5,938
	12-13	15,093	15,093	0	-8,621
	13-14				
	14-15	15,093	5,691	-4,701	-5,938
5%	16-17	7,855	20,277	6,211	-8,037
	17-18	20,277	20,277	0	-11,577
	18-19				
	19-20	20,277	7,855	-6,211	-8,037
14%	21-22	9,429	23,452	7,012	-9,394
	22-23	23,452	23,452	0	-13,401
	23-24				
	24-25	23,452	9,429	-7,012	-9,394
3%	26-27	10,094	27,439	8,173	-10,724
	27-28	27,439	27,439	0	-15,649
	28-29				
	29-30	27,439	10,094	-8,173	-10,724
2%	31-32	11,161	29,67	9,254	-11,666
	32-33	29,67	29,67	0	-16,954
	33-34				
	34-35	29,67	11,161	-9,254	-11,666
1%	36-37	16,279	22,973	3,347	-11,215
	37-38	22,973	22,973	0	-18,127
	38-39				
	39-40	22,973	16,279	-3,347	-11,215

Portique 8.8

Niv	Poutre	M ₁₂ (t.m)	M ₂₁ (t.m)	M ₁₂ (t.m)	T (t)
2 ^e	1-2	2,327	5,742	1,507	-2,191
	2-3	5,742	5,742	0	-3,053
	3-4	5,742	2,327	-1,507	-2,191
1 ^{er}	5-6	5,502	12,897	7,395	-5,257
	6-7	12,897	12,897	0	-7,369
	7-8	12,897	5,502	-7,395	-5,257
6 ^e	9-10	8,075	21,448	6,672	-8,455
	10-11	21,448	21,448	0	-12,258
	11-12	21,448	8,075	-6,672	-8,455
5 ^e	13-14	11,477	28,775	8,653	-11,478
	14-15	28,775	28,775	0	-16,443
	15-16	28,775	11,477	-8,653	-11,478
4 ^e	17-18	13,377	33,279	10	-13,37
	18-19	33,279	33,279	0	-19,016
	19-20	33,279	13,377	-10	-13,37
3 ^e	21-22	14,819	38,957	12,309	-15,26
	22-23	38,957	38,957	0	-22,269
	23-24	38,957	14,819	-12,309	-15,26
2 ^e	25-26	15,826	42,105	13,185	-16,574
	26-27	42,105	42,105	0	-24,06
	27-28	42,105	15,826	-13,185	-16,574
1 ^{er}	29-30	21,681	31,515	4,917	-15,798
	30-31	31,515	31,515	0	-18
	31-32	31,515	21,681	-4,917	-15,798

Tableau récapitulatif.

Poutres sous SI

Poutres transversales:

NIV	POUTRES	M_w (t.m)	M_c (t.m)	M_e (t.m)	T (t)
8	1-2	3,835	3,0985	-0,3685	-1,981
	2-3	3,0985	3,0985	0	-1,771
	3-4	3,0985	4,855	0,87825	-2,272
7	5-6	8,848	6,6215	-1,11325	-4,42
	6-7	6,6215	6,6215	0	-3,784
	7-8	6,6215	9,047	1,21275	-4,77
6	9-10	14,974	10,6375	-2,1635	-7,318
	10-11	10,6375	10,6375	0	-6,079
	11-12	10,6375	14,979	2,17075	-7,319
5	13-14	20,078	14,024	-2,997	-9,786
	14-15	14,024	14,024	0	-8,094
	15-16	14,024	19,231	2,6035	-9,501
4	17-18	23,008	17,285	-2,8615	-11,512
	18-19	17,285	17,285	-2,8615	-9,877
	19-20	17,285	23,959	3,283	-11,753
3	21-22	27,054	18,504	-4,275	-13,017
	22-23	18,504	18,504	0	-10,574
	23-24	18,504	25,773	3,6345	-12,659
2	25-26	29,254	20,106	-4,574	-14,103
	26-27	20,106	20,106	0	-11,489
	27-28	20,106	20,106	3,67	-13,586
1	29-30	27,232	20,158	-3,537	-13,54
	30-31	20,158	20,158	0	-11,519
	31-32	20,158	20,158	6,233	-15,091

Poteaux sous S.I

Portique longitudinal (7.7)

Portique longitudinal (8.8) 834

	Niv	Pos	Meup	Minf	T	N	Nouv		Meup	Minf	T	N	Nouv
}	1	0,641	0,703	0,646	-2,544	-2,544		0,327	0,997	0,916	-2,199	-2,199	
	2	7,527	4,607	3,344	-0,606	-0,606		10,683	6,545	4,746	-0,862	-0,862	
	3	7,527	4,607	3,374	0	0		10,683	6,545	4,746	0,862	0,862	
	4	7,527	4,607	3,344	0,606	0,606		2,327	0,997	0,916	2,199	2,199	
	5	2,647	0,703	0,646	2,544	2,544							
7	1	2,858	1,905	1,312	-3,154	-3,152		4,055	2,704	1,862	-9,257	-7,448	
	2	12,569	11,708	6,792	-2,58	-2,186		19,255	15,763	9,647	-2,182	-2,074	
	3	12,569	11,708	6,792	0	0		19,255	15,763	9,647	2,182	2,074	
	4	12,569	11,708	6,792	2,58	2,186		4,055	2,704	1,862	5,257	7,448	
	5	2,858	1,905	1,312	3,154	3,152							
6	1	3,786	3,099	1,897	-5,938	-11,096		5,371	4,307	2,697	-8,455	-15,903	
	2	19,078	16,583	9,824	-2,686	-4,172		27,073	23,532	13,941	-3,773	-6,757	
	3	19,078	16,583	9,824	0	0		27,073	23,532	13,941	3,773	6,757	
	4	19,078	16,583	9,824	2,686	4,172		5,371	4,307	2,697	8,455	15,903	
	5	3,786	3,099	1,897	5,938	11,096							
5	1	4,756	3,894	2,383	-8,037	-19,133		6,75	5,526	3,382	-11,499	-27,401	
	2	23,974	20,838	12,345	-3,55	-8,422		34,079	29,57	17,542	-4,945	-19,802	
	3	23,974	20,838	12,345	0	0		34,079	29,57	17,542	4,945	19,802	
	4	23,974	20,838	12,345	3,55	8,422		6,75	5,526	3,382	11,499	27,401	
	5	4,756	3,894	2,383	8,037	19,133							
4	1	5,535	4,532	2,773	-9,294	-28,527		7,852	6,428	3,934	-13,33	-40,731	
	2	26,067	26,067	14,362	-4,007	-12,429		36,929	36,929	20,38	-5,686	-17,377	
	3	26,067	26,067	14,362	0	0		36,929	36,929	20,38	5,686	17,377	
	4	26,067	26,067	14,362	4,007	12,429		7,85	6,428	3,934	13,33	40,731	
	5	5,535	4,532	2,773	9,294	28,527							
3	1	5,563	5,563	3,065	-10,704	-39,251		7,891	7,892	4,248	-15,246	-45,847	
	2	28,811	28,811	15,874	-4,957	-17,379		40,886	40,886	22,527	-7,033	-24,421	
	3	28,811	28,811	15,874	0	0		40,886	40,886	22,527	7,033	24,421	
	4	28,811	28,811	15,874	4,955	17,374		7,892	7,891	4,248	15,246	45,847	
	5	5,563	5,563	3,065	10,704	39,251							
2	1	5,598	6,189	3,247	-11,666	-50,977		7,844	8,793	4,608	-16,554	-72,501	
	2	30,53	30,53	16,821	-5,288	-22,672		43,324	43,324	23,87	-7,506	-31,927	
	3	30,53	30,53	16,821	0	0		43,324	43,324	23,87	7,506	31,927	
	4	30,53	30,53	16,821	5,288	22,672		7,844	8,793	4,608	16,554	72,501	
	5	5,598	6,189	3,247	11,666	50,977							
1	1	10,09	23,542	9,265	-13,215	-62,132		12,899	30,096	11,844	-15,198	-77,029	
	2	15,416	26,819	11,635	-1,912	-24,520		19,707	34,282	14,872	-2,802	-34,729	
	3	15,416	26,819	11,635	0	0		19,707	34,282	14,872	2,802	34,729	
	4	15,416	26,819	11,635	1,912	24,520		12,899	30,096	11,844	15,198	77,029	
	5	10,09	23,542	9,265	13,215	62,132							

Poteaux sous S-I
Portiques transversaux.

Niv	Pos	M _{sup}	M _{inf}	T	N	N _{norm}
8 ^e	1	3,835	2,158	9,651	-1,981	-1,981
	2	6,197	2,409	2,371	0,21	0,21
	3	6,197	2,409	2,371	-0,501	-0,501
	4	4,855	1,137	1,651	2,272	2,272
7 ^e	1	6,69	5,477	3,352	-4,42	-6,401
	2	10,839	6,637	4,813	0,636	0,846
	3	10,839	6,637	4,813	-0,693	-1,194
	4	7,91	4,257	3,352	4,477	6,749
6 ^e	1	9,497	8,083	4,843	-7,318	-13,718
	2	14,638	10,605	6,954	1,239	2,085
	3	14,638	10,605	6,954	-1,24	-2,434
	4	10,722	6,858	4,843	7,319	14,068
5 ^e	1	11,935	10,158	6,086	-9,726	-23,445
	2	17,473	14,219	8,739	1,712	3,797
	3	17,473	14,219	8,739	-1,497	-3,921
	4	12,313	9,719	6,086	9,501	23,569
4 ^e	1	12,85	12,85	7,08	-11,542	-34,957
	2	20,291	16,611	10,166	1,635	5,432
	3	20,291	16,611	10,166	-1,876	-5,797
	4	14,132	11,569	7,08	11,753	35,322
3 ^e	1	14,204	14,204	7,826	-13,077	-47,914
	2	20,397	20,397	11,238	2,443	7,875
	3	20,397	20,397	11,238	-2,077	-7,875
	4	14,204	14,204	7,826	12,657	47,973
2 ^e	1	15,05	15,05	8,292	-14,103	-62,077
	2	19,815	23,411	11,908	2,644	10,439
	3	19,815	23,411	11,908	-2,097	-9,971
	4	13,242	16,857	8,292	13,586	61,559
1 ^e	1	12,123	23,656	9,873	-13,54	-75,677
	2	16,905	27,563	12,25	2,027	12,51
	3	16,905	27,563	12,25	-3,562	-13,533
	4	15,767	20,072	9,873	15,081	-76,64

Le calcul des déplacements horizontaux relève du souci d'éviter la procréation du désordre dans les éléments de remplissage, ainsi que l'aggravation des contraintes dans le système de contreventement du fait que les pièces en béton armé sont suffisamment rigides et que seulement une partie de l'énergie est dissipée sous forme d'énergie élastique. Ainsi, sous les sollicitations horizontales, il y'a lieu d'éviter le heurt de deux constructions voisines affectées de tels déplacements. On voit donc qu'une limitation des déplacements horizontaux est indispensable.

Détermination des déplacements relatifs d'étage:

Le déplacement calculé à partir des forces latérales spécifiées doit être multiplié par $(1/2B)$ pour obtenir le déplacement relatif (R.P.A. 81). Le déplacement relatif est donc donné par:

$$\delta_j = \frac{V_j}{R_j} \cdot \frac{1}{2B}$$

avec: V_j : effort tranchant d'étage (j).

R_j : rigidité relative de l'étage (j).

B : facteur de comportement de la structure.

* pour une structure autostable $B = 1/4$.

Ses déplacements relatifs d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser 0,0075 fois la hauteur de l'étage

(R.P.A. 81 - Art 3.7.7.1).

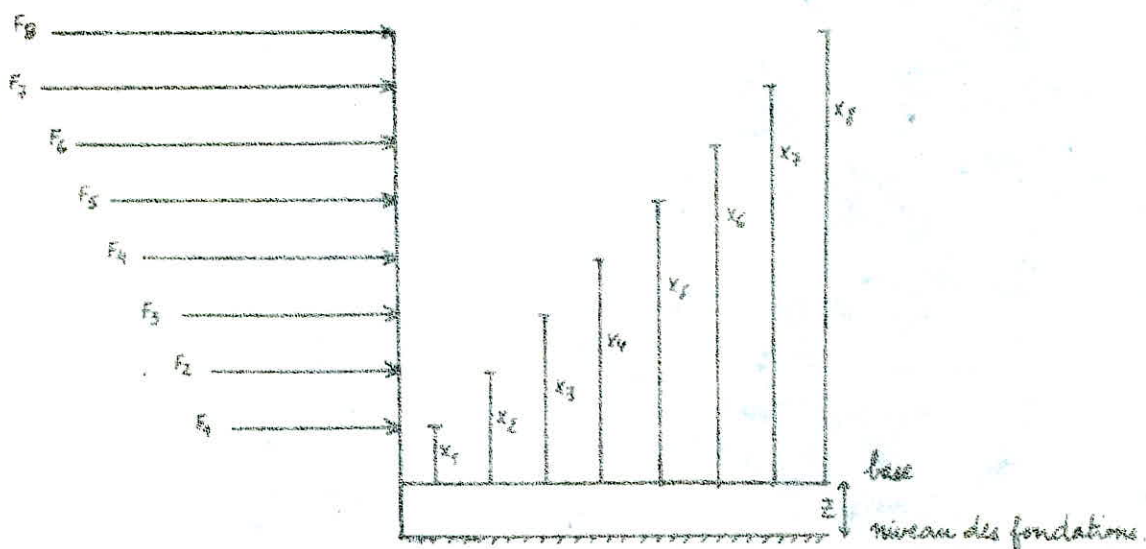
NIV	Z_{jx} (t)	R_{jx} (kg/cm)	δ_{jx} (cm)	$\bar{\delta}_{jx}$ (cm)
8	33,875	531296,9	0,127	2,72
7	68,774	531296,9	0,259	2,72
6	99,377	531296,9	0,374	2,72
5	124,879	531296,9	0,470	2,72
4	145,879	531296,9	0,544	2,72
3	160,582	531296,9	0,604	2,72
2	170,158	531296,9	0,641	2,72
1	174,946	531296,9	1,120	2,72

NIV	Z_{jy} (t)	R_{jy} (kg/cm)	δ_{jy} (cm)	$\bar{\delta}_{jy}$ (cm)
8	33,875	310700,6	0,218	2,72
7	68,774	310700,6	0,443	2,72
6	99,377	310700,6	0,639	2,72
5	124,879	310700,6	0,804	2,72
4	145,879	310700,6	0,935	2,72
3	160,582	310700,6	1,034	2,72
2	170,158	310700,6	1,095	2,72
1	174,946	310700,6	0,814	2,72

$\delta_j < \bar{\delta}_j \rightarrow$ c'est vérifié.

Une structure doit être calculée afin de résister aux efforts qui peuvent provoquer un renversement. A cet effet une vérification au renversement est nécessaire.

• Moment de renversement = M^t extérieur en console (base) + Effort tranchant (base) $\cdot \bar{z}$.



$$M^t \text{ console (base)} = \sum_{i=1}^8 F_i x_i \quad ; \quad \text{effort tranchant à la base} = H = \sum_{i=1}^8 F_i$$

$$M^t \text{ résistant} = \sum_{i=1}^8 w_i \cdot b_i \geq 1,5 \cdot M^t \text{ de renversement.}$$

• Sens longitudinal: $M^t \text{ console (base)} = 3549,67 \text{ t.m.}$

• Effort tranchant = $174,946 \text{ t.}$ $H \cdot \bar{z} = 520,29 \text{ t.m.}$

• $M^t \text{ résistant} = 12560,275 \text{ t.m.}$

$$\frac{M^t \text{ résistant}}{M^t \text{ de renversement}} = \frac{12560,275}{3549,67 + 520,29} = 3,08 > 1,5 \rightarrow \text{c'est vérifiée.}$$

• Sens transversal:

• Moment console (base) = $3549,67 \text{ t.m.}$

• Effort tranchant de base = $174,946 \text{ t.} \rightarrow H \cdot \bar{z} = 520,29 \text{ t.m.}$

• Moment résistant = $9420,2 \text{ t.m.}$

• Moment de renversement = $4069,96 \text{ t.m.}$

d'où: $\frac{M^t \text{ résistant}}{M^t \text{ de renversement}} = 2,31 > 1,5 \rightarrow \text{c'est vérifiée.}$

Conclusion:

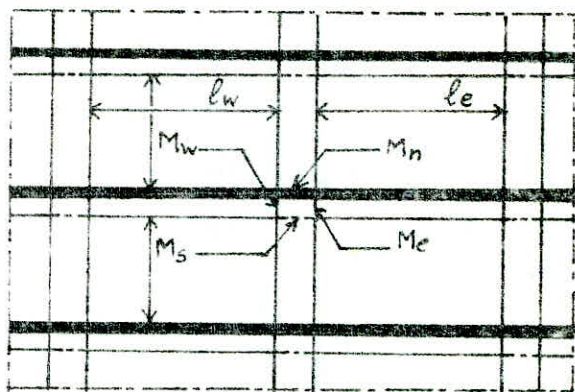
Le renversement est vérifié dans les deux sens.

Efforts dans les Portiques engendrés par les forces verticales

Le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la méthode de M^r CAQUOT exposée en annexe A du C.C.B.A. 68.

Exposé de la méthode:

La méthode suppose que les moments d'inertie des poteaux sont constants. Le principe consiste à choisir un nœud et à déterminer les moments agissant à gauche et à droite ainsi qu'en haut et en bas. Cela en



tenant compte que des charges des travées encadrant le nœud considéré notées respectivement "w" (gauche) et "e" (droite) et la résistance offerte par les tronçons "s" (inférieur) et "n" (supérieur) des poteaux aboutissant au nœud.

- On détache de chaque côté des appuis des travées fictives désignées par l' et portant en indice la travée considérée déterminée comme suit:

$$\left. \begin{array}{l} - l'_w = 0,8 l_w \\ - l'_e = 0,8 l_e \end{array} \right\} \rightarrow \text{pour les travées intermédiaires.}$$

- $h'_n = 0,8 h_n$ \rightarrow si le nœud considéré appartenant à l'avant dernier plancher avec h_n : hauteur libre du poteau haut.

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

l_w, l_e : portées libres des travées respectivement gauche et droite.

h_s : hauteur libre du poteau bas.

Soit: q_w : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche.

q_e : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de droite.

Q_w : charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance a_w du nu de l'appui (Q_e et a_e pour la travée de droite).

On pose : $M'_w = q_w \cdot \frac{l_w^2}{8,5} + l_w \sum k_w Q_w$.

$M'_e = q_e \cdot \frac{l_e^2}{8,5} + l_e \sum k_e Q_e$.

les valeurs de k_w et k_e sont données en fonction de a_w, l_w et a_e, l_e par une échelle fonctionnelle (C.C.B.A. 68 pp 141, 143, 146).

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

On pose : $K_w = I_w / l_w^3$; $K_e = I_e / l_e^3$; $K_n = I_n / h_n^3$; $K_s = I_s / h_s^3$;
et $D = K_w + K_e + K_n + K_s$.

Les moments dans les sections dangereuses (nus des appuis) sont en valeurs absolues.

- Au nu de l'appui dans la travée de gauche : $M_w = M'_e \frac{K_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right)$

- Au nu de l'appui dans la travée de droite : $M_e = M'_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{K_e}{D}$.

- Au nu inférieur des poutres dans le poteau inférieur : $M_s = \frac{K_s}{D} (M'_e - M'_w)$.

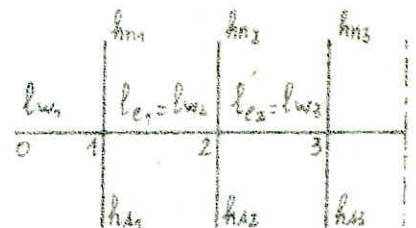
- Au nu supérieur des poutres dans le poteau supérieur : $M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$.

Pour les travées (poutre) les moments M_w et M_e sont négatifs.

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 face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.

Travées de rive:

Les quantités relatives au noeud de rive sont affectées de l'indice 1, celles du noeud voisin de l'indice 2.



a. Travée de rive avec console.

• Noeud de rive (noeud 1): le noeud de rive est étudié en faisant $K_w = 0$ dans les

formules données ci-dessus et en y substituant M_{w_1} à M'_w , M_{w_1} désignant la valeur absolue du moment isostatique de la console au nu de l'appui 1. On suppose que la même valeur algébrique de M_{w_1} est négative c.à.d. conventionnellement la face supérieure de la console est tendue au voisinage de l'appui. Dans le cas contraire on changera les signes devant la valeur absolue de M_{w_1} introduite dans les formules.

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

$$M_{d1} = (M'_{e1} - M_{w1}) \cdot \frac{K_{d1}}{D_1}$$

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

avec,
$$M'_{e1} = \left(q_e \frac{l_e^2}{8,5}\right)_{\text{noeuds}} + (l_e \sum k_e Q_e)_{\text{noeuds}}$$

$$D_1 = K_{e1} + K_{d1} + K_{n1} ; K_{e1} = \frac{I_{e1}}{l'_{e1}} ; K_{d1} = \frac{I_{d1}}{l'_{d1}} ; K_{n1} = \frac{I_{n1}}{l'_{n1}}$$

• Nœud voisin de rive (nœud 2):

La longueur l'_{w2} de la travée fictive de rive est prise égale à $X_1 l_{w2}$, X_1 étant un coefficient compris entre 0,8 et 1. On prend:

$$X_1 = 0,8 \text{ pour } K_{d1} + K_{n1} > 1,5 \cdot K_{e1} ; X_1 = 1 - \frac{K_{d1} + K_{n1}}{1,5 \cdot K_{e1}} \text{ pour } K_{d1} + K_{n1} < 1,5 \cdot K_{e1}$$

La longueur l'_{e2} de la travée fictive à droite de l'appui 2. Si elle n'est pas une travée de rive, elle est prise égale à 0,8 l_{e2} . Dans le cas contraire, le nœud 3 est un nœud de rive et la longueur l'_{e2} de la travée fictive de droite est prise égale à $X_3 l_{e2}$ avec:

$$X_3 = 0,8 \text{ pour } K_{d3} + K_{n3} > 1,5 \cdot K_{w3}$$

$$X_3 = 1 - \frac{K_{d3} + K_{n3}}{1,5 \cdot K_{w3}} \text{ pour } K_{d3} + K_{n3} < 1,5 \cdot K_{w3}$$

b. Travée de rive sans console:

Les mêmes formules que pour une travée de rive avec console sont appliquées en prenant $M_{w1} = 0$:

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

$$M_{A1} = M'_{e1} \cdot \frac{K_{A1}}{D_1} ; M_{B1} = M'_{e1} \cdot \frac{K_{B1}}{D_1}$$

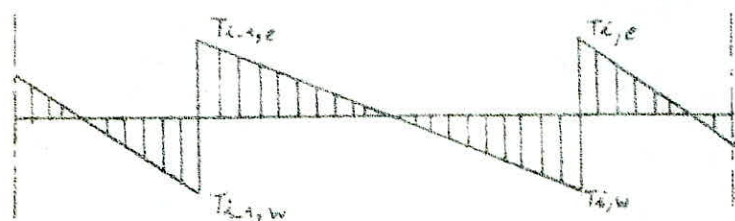
• Efforts tranchants dans les poteaux. Efforts normaux dans les poutres:

Par simplification, on ne fait pas état, dans les calculs, des efforts tranchants dans les poteaux ni des efforts normaux dans les poutres (C.C.B.A. 68.A15)

• Efforts normaux dans les poteaux:

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

Ainsi pour les charges verticales uniformément réparties on a les efforts tranchants schématisés sur le diagramme ci-dessous:



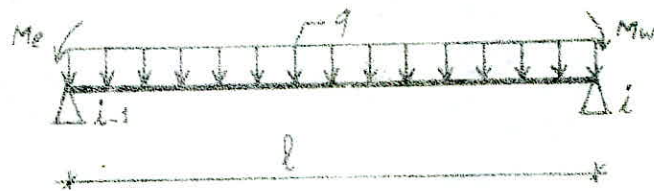
Les réactions développées dans les appuis (i-1) et (i) donnent des efforts normaux de compression dans les poteaux dont les valeurs sont:

$$N_{i-1} = T_{i-1,e} - T_{i-1,w} ; N_i = T_{i,e} - T_{i,w}$$

$T_{i-1,w}$; $T_{i-1,e}$; $T_{i,w}$; $T_{i,e}$ en valeurs algébriques.

• Efforts tranchants dans les poutres:

Ils sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée (q/ml)



$$T_{i-1,e} = q \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_{i,w}}{l}$$

$$T_{i,w} = -q \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_{i,w}}{l}$$

Caracteristiques Geometriques

Des

Portiques Transversaux

NIV	nœud	l_w (m)	l_c (m)	h_n (m)	h_s (m)	I_{w10} (m ⁴)	I_{c10} (m ⁴)	I_{n10} (m ⁴)	I_{s10} (m ⁴)	l_w	l_c	h_n	h_s	K_{w10} (m ³)	K_{c10} (m ³)	K_{n10} (m ³)	K_{s10} (m ³)	D_{10} (m ³)
8	1		3,05		3,13		41,66		34,17		2,44		2,504		17,07		13,65	30,72
	2	3,05	3,05		3,13	41,66	41,66		34,17	2,725	2,44		2,504	15,29	17,07		13,65	46,01
	2'	3,05	3,05		3,13	41,66	41,66		34,17	2,44	2,725		2,504	17,07	15,29		13,65	46,01
	1	3,05			3,13	41,66			34,17	2,44			2,504	17,07			13,65	30,72
7	3		3,05	3,13	3,13		41,66	34,17	34,17		2,44	2,817	2,504		17,07	12,13	13,65	42,85
	4	3,05	3,05	3,13	3,13	41,66	41,66	34,17	34,17	2,44	2,44	2,817	2,504	17,07	17,07	12,13	13,65	59,92
	4'	3,05	3,05	3,13	3,13	41,66	41,66	34,17	34,17	2,44	2,44	2,817	2,504	17,07	17,07	12,13	13,65	59,92
	3'	3,05		3,13	3,13	41,66			34,17	2,44		2,817	2,504	17,07		12,13	13,65	42,85
6 5 4 3 2 1	5		3,05	3,13	3,13		41,66	34,17	34,17		2,44	2,504	2,504		17,07	13,65	13,65	44,37
	6	3,05	3,05	3,13	3,13	41,66	41,66	34,17	34,17	2,44	2,44	2,504	2,504	17,07	17,07	13,65	13,65	61,44
	6'	3,05	3,05	3,13	3,13	41,66	41,66	34,17	34,17	2,44	2,44	2,504	2,504	17,07	17,07	13,65	13,65	61,44
	5'	3,05		3,13	3,13	41,66			34,17	2,44		2,504	2,504	17,07		13,65	13,65	44,37
CUR	17		3,05	3,13			41,66	34,17			2,44	2,504			17,07	13,65		30,72
	18	3,05	3,05	3,13		41,66	41,66	34,17		2,725	2,44	2,504		15,29	17,07	13,65		46,01
	8'	3,05	3,05	3,13		41,66	41,66	34,17		2,44	2,725	2,504		17,07	15,29	13,65		46,01
	17'	3,05		3,13		41,66			34,17	2,44		2,504		17,07		13,65		30,72

Portique franc (4.4). Calcul des moments aux appuis

		Sous G								Sous P							
NIVEAU	PROFON	q_e	q_w	M_e	M_w	M_c	M_w	M_n	M_s	q_e	q_w	M_e'	M_w'	M_c	M_w	M_n	M_s
		(t/m)	(t/m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t/m)	(t/m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)	(t.m)
8	1	2,548		1,785		0,793			0,793	0,39		0,273		0,121			0,12
	2	2,548	2,548	1,785	2,427	1,949	2,08		-0,931	0,39	0,39	0,273	0,341	0,298	0,319		-0,02
	2'	2,548	2,548	2,427	1,785	2,08	1,949		0,131	0,39	0,39	0,341	0,273	0,298	0,319		0,02
	1'	1,461	2,548	2,421	1,785	2,421	2,138		0,288	0,215	0,39	1,406	0,273	1,406	0,903		0,50
7	3	1,361		0,953		0,573			0,269	0,304	0,538		0,377		0,207		0,12
	4	1,361	1,361	3,075	0,953	2,49	1,558	0,429	0,485	0,538	0,538	2,498	0,377	1,893	0,981	0,429	0,48
	4'	2,222	1,361	1,556	1,778	1,619	1,715	-0,045	-0,05	0,975	0,538	0,683	1,202	0,834	1,054	-0,11	-0,11
	3'	1,361	2,222	3,159	1,556	3,159	2,195	0,454	0,51	0,538	0,975	2,186	0,683	2,186	1,401	0,51	0,51
6 5 4 3 2	5	1,361		0,953		0,586			0,283	0,293	0,538		0,377		0,232		0,116
	6	1,361	1,361	3,075	0,953	2,485	1,543	0,471	0,471	0,538	0,538	2,498	0,377	1,908	0,966	0,471	0,47
	6'	2,222	1,361	1,556	1,778	1,618	1,716	-0,05	-0,05	0,975	0,538	0,683	1,202	0,827	1,057	-0,115	-0,11
	5'	1,361	2,222	3,159	1,556	3,159	2,173	0,493	0,493	0,538	0,975	2,486	0,683	2,486	1,376	0,555	0,51
1	15	1,361		0,953		0,586			0,293	0,293	0,538		0,377		0,232		0,116
	16	1,361	1,361	3,075	0,953	2,485	1,543	0,471	0,471	0,538	0,538	2,498	0,377	1,908	0,966	0,471	0,47
	16'	2,222	1,361	1,556	1,778	1,618	1,716	-0,05	-0,05	0,975	0,538	0,683	1,202	0,827	1,057	-0,115	-0,11
	15'		2,222		1,556			0,957	0,479	-0,479		0,975		0,683		0,480	-0,11
R D C	17	2,32		1,625		0,722			0,722		0,975		0,683		0,303		0,303
	18	2,32	2,32	1,625	2,027	1,774	1,893	-0,119		0,975	0,975	0,852	0,852	0,746	0,746	-0,05	
	18'	2,32	2,32	2,027	1,625	1,893	1,774	0,119		0,975	0,975	0,852	0,683	0,796	0,746	0,05	
	17'		2,32		1,625			0,722	-0,722		0,975		0,683		0,303	-0,303	

Portique transversal (4-4)

Calcul des moments en travée & Efforts tranchants Sous G₉

NIV	Poutre	M ₀ (t)	M _e (t.m)	M _w (t.m)	M _p (t.m)	q _l /2	T _e (t)	T _w (t)
8	1-2	3,903	0,793	2,08	2,467	4,46	-4,092	4,828
	2-2'	3,903	1,949	1,949	1,954	4,46	-4,46	4,46
	2'-1'	3,903	2,08	2,138	1,794	4,46	-4,443	4,477
7	3-4	2,08	0,573	2,558	1,015	2,382	-2,1	2,663
	4-4'	5,989	2,47	1,715	3,897	2,382	-5,772	3,822
	4'-3'	3,402	1,619	2,195	1,495	3,889	-3,724	4,054
6	5-6	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	6-6'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	6'-5'	3,402	1,618	2,173	1,507	3,889	-3,730	4,048
5	7-8	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	8-8'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	8'-7'	3,402	1,618	2,173	1,507	3,889	-3,730	4,048
4	9-10	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	10-10'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	10'-9'	3,402	1,618	2,173	1,507	3,889	-3,730	4,048
3	11-12	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	12-12'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	12'-11'	3,402	1,618	2,173	1,507	3,889	-3,730	4,048
2	13-14	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	14-14'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	14'-13'	3,402	1,618	2,173	1,507	3,889	-3,730	4,048
1	15-16	2,08	0,586	1,543	1,016	2,382	-2,107	2,653
	16-16'	5,989	2,485	1,716	3,889	2,382	-5,776	3,818
	16'-15'	3,402	1,618	0,957	2,115	3,889	-4,018	3,700
R.D.C	17-18	3,553	0,722	1,893	2,246	4,060	-3,725	4,395
	18-18'	3,553	1,714	1,714	1,779	4,060	-4,060	4,060
	18'-17'	3,553	1,893	0,722	2,246	4,060	-4,395	3,725

- Calcul des moments en travée .

- Calcul des efforts tranchants aux appuis

Portique transversal (4-4)

Sous P :

NIV	POUTRE	M_0 (t.m)	M_c (t.m)	M_w (t.m)	M_c (t)	q (t)	T_c (t)	T_w (t)
3	1-2	0,597	0,121	0,318	0,378	0,683	-0,627	-0,739
	2-2'	0,597	0,298	0,298	0,219	0,683	-0,683	0,683
	2'-1'	0,597	0,318	0,903	0,0135	0,683	-0,516	0,850
7	3-4	0,824	0,227	0,981	0,22	0,942	-0,727	1,157
	4-4'	4,55	1,893	1,054	3,077	0,942	-4,356	2,358
	4'-3'	1,493	0,831	1,401	0,377	1,706	-1,543	1,869
6	5-6	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	6-6'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	6'-5'	1,493	0,827	1,376	0,392	1,706	-1,549	1,863
5	7-8	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	8-8'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	8'-7'	1,493	0,827	1,376	0,392	1,706	-1,549	1,863
4	9-10	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	10-10'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	10'-9'	1,493	0,827	1,376	0,392	1,706	-1,549	1,863
3	11-12	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	12-12'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	12'-11'	1,493	0,827	1,376	0,392	1,706	-1,549	1,863
2	13-14	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	14-14'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	14'-13'	1,493	0,827	1,376	0,392	1,706	-1,549	1,863
1	15-16	0,824	0,232	0,966	0,225	0,942	-0,732	1,152
	16-16'	4,55	1,908	1,057	3,068	0,942	-4,359	2,355
	16'-15'	1,493	0,827	0,420	0,869	1,706	-1,822	1,589
R.D.C	17-18	1,493	0,303	0,796	0,944	1,706	-1,565	+1,847
	18-18'	1,493	0,746	0,746	0,747	1,706	-1,706	1,706
	18'-17'	1,493	0,796	0,303	0,944	1,706	-1,847	+1,565

Efforts normaux dans les poteaux du portique (4-4)

Charge- ment	Sous G					Sous P				
	Niv	Pot	T _w (H)	T _e (E)	N (E)	N _{cum} (E)	T _w (E)	T _e (E)	N (H)	N (E) cum
8		1,3	/	4,092	4,092	4,092	/	0,627	0,627	0,627
		2,4	-4,828	4,46	9,288	9,288	-0,739	0,683	1,422	1,422
		2',4'	-4,46	4,443	8,903	8,903	-0,683	0,516	1,199	1,199
		1',3'	-4,477	2,243	2,234	6,711	-0,850	0,642	1,492	1,492
7		3,5	/	2,1	2,1	6,192	/	0,727	0,727	1,354
		4,6	-2,663	5,772	8,435	17,723	-1,157	4,356	5,513	6,935
		4',6'	-3,822	3,724	7,546	16,449	-2,358	1,543	3,901	5,1
		3',5'	-4,054	3,342	7,396	14,107	-1,869	2,293	4,162	5,654
6		5,7	/	2,107	2,107	8,299	/	0,732	0,732	2,086
		6,8	-2,653	5,776	8,429	26,152	-1,152	4,359	5,511	12,446
		6',8'	-3,818	3,730	7,548	23,997	-2,355	1,549	3,904	9,004
		5',7'	-4,048	3,342	7,390	21,497	-1,863	2,293	4,156	9,81
5		7,9	/	2,107	2,107	10,406	/	0,732	0,732	2,818
		8-10	-2,653	5,776	8,429	34,581	-1,152	4,359	5,511	17,957
		8',10'	-3,818	3,730	7,548	32,545	-2,355	1,549	3,904	12,908
		7',9'	-4,048	3,342	7,390	28,887	-1,863	2,293	4,156	13,966
4		9,11	/	2,107	2,107	12,513	/	0,732	0,732	3,55
		10-12	-2,653	5,776	8,429	43,01	-1,152	4,359	5,511	23,468
		10',12'	-3,818	3,730	7,548	39,093	-2,355	1,549	3,904	16,812
		9',11'	-4,048	3,342	7,39	36,277	-1,863	2,293	4,156	18,122
3		11,13	/	2,107	2,107	14,62	/	0,732	0,732	4,282
		12,14	-2,653	5,776	8,429	57,439	-1,152	4,359	5,511	28,979
		12',14'	-3,818	3,730	7,548	46,641	-2,355	1,549	3,904	20,716
		11',13'	-4,048	3,342	7,390	43,667	-1,863	2,293	4,156	22,278
2		13,15	/	2,107	2,107	16,727	/	0,732	0,732	5,014
		14,16	-2,653	5,776	8,429	59,168	-1,152	4,359	5,511	34,49
		14',16'	-3,818	3,730	7,548	54,189	-2,355	1,549	3,904	24,62
		13',15'	-4,048	3,342	7,390	51,057	-1,863	2,293	4,156	26,434
1		15,17	/	2,107	2,107	18,834	/	0,732	0,732	5,746
		16,18	-2,653	5,776	8,429	68,297	-1,152	4,359	5,511	40,001
		16',18'	-3,818	4,078	7,896	62,085	-2,355	1,822	4,177	28,797
		15',17'	-3,70	/	3,700	54,757	-1,589	/	1,589	28,023

Calcul des Moments aux appuis sous G et P

Portique Transv (2-2) ou (3-3)

Sous P

Sous G

Niv	Noeud	q _c	q _u	M _e	M _w	M _c	M _w	M _e	M _w	M _c	M _w	M _e	M _w	M _c	M _w	M _e	M _w	M _c
8	1	2,549	1,785	0,783	0,783	0,164	0,164	0,273	0,273	0,164	0,164	0,273	0,273	0,164	0,164	0,273	0,273	0,164
	2	2,549	1,785	1,949	2,00	1,949	2,00	0,273	0,273	1,949	2,00	0,273	0,273	1,949	2,00	0,273	0,273	-0,134
	2'	2,549	1,785	2,108	1,949	2,108	1,949	0,273	0,273	2,108	1,949	0,273	0,273	2,108	1,949	0,273	0,273	0,134
	Composé A'	2,549	1,785	3,303	1,785	3,303	1,785	0,675	0,675	3,303	1,785	0,675	0,675	3,303	1,785	0,675	0,675	0,675
	3	2,222	1,556	0,926	0,926	0,44	0,44	0,683	0,683	0,44	0,44	0,683	0,683	0,44	0,44	0,683	0,683	0,44
7	4	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	4'	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	Composé B'	2,222	1,556	5,90	1,556	5,90	3,227	1,229	1,229	5,90	3,227	1,229	1,229	5,90	3,227	1,229	1,229	1,229
	5	2,222	1,556	0,927	0,927	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479
	6	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
6	6'	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	5'	2,222	1,556	5,90	1,556	5,90	3,227	1,229	1,229	5,90	3,227	1,229	1,229	5,90	3,227	1,229	1,229	1,229
	Composé A	2,222	1,556	0,927	0,927	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479
	15	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	16	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
A	16'	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	15'	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	Composé B	2,222	1,556	0,927	0,927	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479	0,479	0,683	0,683	0,479
	17	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0
	18	2,222	1,556	1,556	1,556	1,556	0	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	1,556	1,556	0,683	0,683	0

Calcul des moments en travée & Efforts tranchants

aux appuis Sous G:
Portique transversal intermédiaire. (2-2)

Niv	POUT	M_0 (k.m)	M_e	M_w	M_f	$q \cdot l/2$	T_e	T_w
3	1-2	3,903	0,793	2,08	2,467	4,46	-4,09	4,828
	2-2'	3,903	1,949	1,949	1,954	4,46	-4,46	4,46
	2'-1'	3,903	2,08	2,628	1,549	4,46	-4,303	4,645
7	3-4	3,402	0,936	1,556	2,156	3,8885	-3,711	4,066
	4-4'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	4'-3'	3,402	1,556	3,287	0,981	3,8885	-3,411	4,366
6	5-6	3,402	0,957	1,556	2,146	3,8885	-3,717	4,059
	6-6'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	6'-5'	3,402	1,556	3,227	1,011	3,8885	-3,411	4,366
5	7-8	3,402	0,957	1,556	2,146	3,88	-3,717	4,059
	8-8'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	8'-7'	3,402	1,556	3,227	1,011	3,8885	-3,411	4,366
4	9-10	3,402	0,957	1,556	2,146	3,8885	-3,717	4,059
	10-10'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	10'-9'	3,402	1,556	3,227	1,011	3,8885	-3,411	4,366
3	11-12	3,402	0,957	1,556	2,146	3,8885	-3,717	4,059
	12-12'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	12'-11'	3,402	1,556	3,227	1,011	3,8885	-3,411	4,366
2	13-14	3,402	0,957	1,556	2,146	3,8885	-3,717	4,059
	14-14'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	14'-13'	3,402	1,556	3,227	1,011	3,8885	-3,411	4,366
1	15-16	3,402	0,957	1,556	2,146	3,8885	-3,717	4,059
	16-16'	3,402	1,556	1,556	1,846	3,8885	-3,8885	3,8885
	16'-15'	3,402	1,556	0,957	2,146	3,8885	-4,059	3,717
RDC	17-18	3,553	0,722	1,893	2,246	4,06	-3,725	4,395
	18-18'	3,553	1,774	1,774	1,779	4,06	-4,06	4,06
	18'-17'	3,553	1,893	0,722	2,246	4,06	-4,395	3,725

Portique transversal intermediaire sous P

Calcul des moments en travée & Efforts

tranchants aux appuis

NIV	Poutre	$M_0 (t)$	$M_e (t.m)$	$M_w (t.m)$	$M_c (t.m)$	$q \cdot l/2$	$T_e (t)$	$T_w (t)$
3	1-2	0,597	0,121	0,318	0,3775	0,6825	-0,626	0,739
	2-2'	0,597	0,298	0,298	0,299	0,6825	-0,6825	0,6825
	2'-1'	0,597	0,318	-0,981	0,053	0,6825	-0,493	0,872
7	3-4	1,493	0,411	0,683	0,946	1,706	-1,628	1,784
	4-4'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,706	1,706
	4'-3'	1,493	0,683	2,359	0,028	1,706	-1,227	2,185
6	5-6	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	6-6'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,706	1,706
	6'-5'	1,493	0,683	2,302	0,0005	1,706	-1,243	2,169
5	7-8	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	8-8'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,706	1,706
	8'-7'	1,493	0,683	2,302	0,0005	1,706	-1,243	2,169
4	9-10	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	10-10'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,607	1,706
	10'-9'	1,493	0,683	2,302	0,0005	1,706	-1,243	2,169
3	11-12	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	12-12'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,607	1,706
	12'-11'	1,493	0,683	2,302	0,0005	1,706	-1,243	2,169
2	13-14	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	14-14'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,607	1,706
	14'-13'	1,493	0,683	2,302	0,0005	1,706	-1,243	2,169
1	15-16	1,493	0,420	0,683	0,942	1,706	-1,631	1,781
	16-16'	1,493	0,683	0,683	0,810	1,706	-1,607	1,631
	16'-15'	1,493	0,683	0,420	0,942	1,706	-1,781	1,781
RDC	17-18	1,493	0,303	0,796	0,944	1,706	-1,565	1,847
	18-18'	1,493	0,746	0,746	0,747	1,706	-1,706	1,706
	18'-17'	1,493	0,796	0,303	0,944	1,706	-1,847	1,565

Efforts normaux dans Poteaux du Portique

transversal intermediaire (S. S.)

Chargement		Sous B				Sous P			
Niv	Poteaux	T ₁ (0)	T ₂ (0)	N ₁ (0)	N ₂ (0)	T ₁ (0)	T ₂ (0)	N ₁ (0)	N ₂ (0)
8	1, 3	/	4,09	4,09	4,09	/	0,626	0,626	0,656
	2, 4	-4,328	4,46	4,288	0,288	-0,714	0,688	1,422	1,422
	2, 4	-4,46	4,303	8,763	8,763	-0,633	0,493	1,706	1,756
	4, 3'	-4,641	4,558	0,203	0,203	-0,872	0,32	2,192	2,192
7	3, 5	/	3,711	3,711	7,804	/	1,628	0,628	2,254
	4, 6	-4,066	3,8825	7,953	17,243	-1,754	1,706	3,49	4,212
	4, 6'	-3,8825	3,411	7,299	16,062	-1,706	1,227	2,933	14,689
	3, 5'	-4,366	6,547	10,913	20,916	-2,165	4,677	6,862	9,054
6	5, 7	/	3,711	3,711	11,518	/	1,631	1,631	3,885
	6, 8	-4,059	3,8825	7,948	25,191	-1,781	1,706	3,487	7,389
	6, 8'	-3,8825	3,411	7,249	23,341	-1,706	1,243	2,948	7,638
	5, 7'	-4,366	6,547	10,913	31,024	-2,165	4,677	6,846	15,9
5	7, 9	/	3,711	3,711	11,231	/	1,631	1,631	5,516
	8, 10	-4,059	3,8825	7,948	32,138	-1,781	1,706	3,487	11,856
	8, 10'	-3,8825	3,411	7,299	30,66	-1,706	1,243	2,949	10,687
	7, 9'	-4,366	6,547	10,913	41,942	-2,165	4,677	6,846	22,746
4	9, 11	/	3,711	3,711	18,952	/	1,631	1,631	7,107
	10, 12	-4,059	3,8825	7,948	49,031	-1,781	1,706	3,487	15,373
	10, 12'	-3,8825	3,411	7,299	37,958	-1,706	1,243	2,948	13,536
	9, 11'	-4,366	6,547	10,913	52,855	-2,165	4,677	6,846	29,592
3	11, 13	/	3,711	3,711	21,869	/	1,631	1,631	8,778
	12, 14	-4,059	3,8825	7,948	49,035	-1,781	1,706	3,487	18,86
	12, 14'	-3,8825	3,411	7,299	45,258	-1,706	1,243	2,948	16,485
	11, 13'	-4,366	6,547	10,913	63,768	-2,165	4,677	6,846	36,438
2	13, 15	/	3,711	3,711	26,386	/	1,631	1,631	10,409
	14, 16	-4,059	3,8825	7,948	56,982	-1,781	1,706	3,487	22,347
	14, 16'	-3,8825	3,411	7,299	52,557	-1,706	1,243	2,949	19,414
	13, 15'	-4,366	6,547	10,913	74,681	-2,165	4,677	6,846	43,284
1	15, 17	/	3,711	3,711	30,403	/	1,631	1,631	12,04
	16, 18	-4,059	3,8825	7,948	64,931	-1,781	1,706	3,487	21,834
	16, 18'	-3,8825	4,059	7,948	60,505	-2,706	1,781	3,487	22,924
	15, 17'	-3,711	3,711	7,838	78,388	-1,631	1,631	4,516	44,516

Caracteristiques geometriques du portique 7.7

no. portique	L_w	L_e	L_m	L_s	I_w	I_e	I_m	I_s	L'_w	L'_e	L'_m	L'_s	K_w	K_e	K_m	K_s	D
1	/	3,05	/	3,23	/	29,33	/	34,97	/	2,44	/	2,58	/	8,74	/	8,27	17,01
2	3,05	3,05	/	3,23	29,33	/	34,97	/	2,44	2,44	/	2,58	8,74	8,74	/	8,27	25,75
4	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,91	2,58	/	8,74	7,33	8,27	24,34
5	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,91	2,58	8,74	8,74	7,33	8,27	33,08
7	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
8	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
10	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
11	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
13	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
14	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
16	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
17	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
19	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
20	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
22	/	3,05	3,23	3,23	/	29,33	34,97	34,97	/	2,44	2,58	2,58	/	8,74	8,27	8,27	25,28
23	3,05	3,05	3,23	3,23	29,33	29,33	34,97	34,97	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	34,02
25	/	3,05	3,23	/	/	29,33	34,97	/	/	2,44	2,58	/	/	8,74	8,27	/	17,01
26	3,05	3,05	3,23	/	/	29,33	34,97	/	2,44	2,44	2,58	/	8,74	8,74	8,27	/	25,75

Moments et Efforts tranchants dans les poutres

Sous G

Portique long 7.7

Sous P

NIV	travée	q	M _w	M _c	T _w	T _c	q	M _w	M _c	T _w	T _c
8	1-2	0,777	0,264	0,544	1,093	-1,277	0,105	0,036	0,074	0,147	-0,172
	2-3	0,777	0,544	0,544	1,185	-1,185	0,105	0,074	0,074	0,16	-0,16
	3-2'	0,777	0,544	0,544	1,185	-1,185	0,105	0,074	0,074	0,16	-0,16
	2'-1	0,777	0,544	0,264	1,277	-1,093	0,105	0,074	0,036	0,172	-0,147
7	4-5	0,720	0,504	0,504	1,038	-1,157	0,263	0,198	0,184	0,379	-0,423
	5-6	0,720	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	6-5'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	5'-4	0,72	0,329	0,323	1,157	-1,038	0,263	0,184	0,118	0,423	-0,379
6	7-8	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	8-9	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	9-8'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	8'-7'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
5	10-11	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	11-12	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	12-11'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	11'-10'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	-0,422	-0,38
4	13-14	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	14-15	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	15-14'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	14'-13'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
3	16-17	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	17-18	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	18-17'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	17'-16'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
2	19-20	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	20-21	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	21-20'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	20'-19'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
1	22-23	0,72	0,329	0,504	1,04	-1,155	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	23-24	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	24-23'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	23'-22'	0,72	0,504	0,329	1,155	-1,04	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
RDC	25-26	0,738	0,251	0,517	1,038	-1,213	0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	26-27	0,738	0,517	0,517	1,125	-1,125	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	27-26'	0,738	0,517	0,517	1,125	-1,125	0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	26'-25'	0,738	0,517	0,251	1,213	-1,038	0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38

Efforts normaux dans les poteaux.

Rozzique 7.7

Sous G

Sous P

Niv	Pol	T _w	T _c	N	N _{norm}	T _w	T _c	N	N _{norm}
8	1	/	1,093	1,093	1,033	/	0,147	0,147	0,147
	2	-1,277	1,185	2,462	2,462	-0,178	0,176	0,332	0,332
	3	-1,185	1,185	2,310	2,310	-0,146	0,146	0,32	0,32
	4	-1,185	1,277	2,462	2,462	-0,146	0,142	0,332	0,332
	5	-1,093	/	1,093	1,153	-0,147	/	0,147	0,147
7	1	/	1,038	1,038	2,139	/	0,373	0,379	0,526
	2	-1,157	1,038	2,255	4,717	-0,427	0,401	0,824	1,156
	3	-1,038	1,038	2,196	4,566	-0,401	0,401	0,802	1,122
	4	-1,038	1,157	2,255	4,717	-0,401	0,423	0,824	1,156
	5	-1,308	/	1,038	2,139	-0,373	/	0,379	0,526
6	1	/	1,04	1,04	3,177	/	0,38	0,38	0,906
	2	-1,155	1,098	2,253	6,170	-0,422	0,401	0,823	1,179
	3	-1,098	1,098	2,196	6,170	-0,401	0,401	0,802	1,924
	4	-1,098	1,155	2,253	6,170	-0,401	0,422	0,823	1,979
	5	-1,04	/	1,04	3,177	-0,38	/	0,38	0,906
5	1	/	1,04	1,04	4,219	/	0,38	0,38	1,286
	2	-1,155	1,098	2,253	9,212	-0,422	0,401	0,823	2,802
	3	-1,098	1,098	2,196	9,212	-0,401	0,401	0,802	2,786
	4	-1,098	1,155	2,253	9,212	-0,401	0,422	0,823	2,902
	5	-1,04	/	1,04	4,219	-0,38	/	0,38	1,286
4	1	/	1,04	1,04	5,261	/	0,38	0,38	1,666
	2	-1,155	1,098	2,253	11,112	-0,422	0,401	0,823	3,625
	3	-1,098	1,098	2,196	11,112	-0,401	0,401	0,802	3,528
	4	-1,098	1,155	2,253	11,112	-0,401	0,422	0,823	3,625
	5	-1,04	/	1,04	5,261	-0,38	/	0,38	1,666
3	1	/	1,04	1,04	6,303	/	0,38	0,38	2,046
	2	-1,155	1,098	2,253	13,112	-0,422	0,401	0,823	4,178
	3	-1,098	1,098	2,196	13,112	-0,401	0,401	0,802	4,330
	4	-1,098	1,155	2,253	13,112	-0,401	0,422	0,823	4,483
	5	-1,04	/	1,04	6,303	-0,38	/	0,38	2,046
2	1	/	1,04	1,04	7,345	/	0,38	0,38	2,426
	2	-1,155	1,098	2,253	15,112	-0,422	0,401	0,823	5,271
	3	-1,098	1,098	2,196	15,112	-0,401	0,401	0,802	5,123
	4	-1,098	1,155	2,253	15,112	-0,401	0,422	0,823	5,271
	5	-1,04	/	1,04	7,345	-0,38	/	0,38	2,426
1	1	/	1,04	1,04	8,387	/	0,38	0,38	2,806
	2	-1,155	1,098	2,253	18,112	-0,422	0,401	0,823	6,071
	3	-1,098	1,098	2,196	18,112	-0,401	0,401	0,802	5,923
	4	-1,098	1,155	2,253	18,112	-0,401	0,422	0,823	6,071
	5	-1,04	/	1,04	8,387	-0,38	/	0,38	2,806
RDC	1	/	1,038	1,038	9,429	/	0,38	0,38	3,186
	2	-1,213	1,125	2,338	20,112	-0,422	0,401	0,823	6,071
	3	-1,125	1,125	2,25	19,112	-0,401	0,401	0,802	6,136
	4	-1,125	1,213	2,338	20,112	-0,401	0,422	0,823	6,271
	5	-1,038	/	1,038	9,429	-0,38	/	0,38	3,186

Caractéristique géométrique du portique long (B-B)

	h _{max}	L _w	L _e	h _w	h _s	L _w	L _s	L _w	L _e	h _w	h _s	K _w	K _e	K _w	K _s	D
8°	1	0	3,05	0	3,23	21,33	34,17	0	2,44	0	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	17,01
	2	3,05	3,05	0	3,23	21,33	34,17	2,44	2,44	0	2,58	8,74	8,74	8,27	8,27	25,75
7°	3	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,91	2,58	8,74	7,33	8,27	24,34
	4	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,91	2,58	8,74	8,74	7,33	33,08
6°	5	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	25,28
	6	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
5°	7	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	26,28
	8	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
4°	9	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	25,28
	10	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
3°	11	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	25,28
	12	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
2°	13	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	25,28
	14	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
1°	15	0	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	0	2,44	2,58	2,58	8,74	8,27	8,27	25,28
	16	3,05	3,05	3,23	3,23	21,33	34,17	34,17	2,44	2,44	2,58	2,58	8,74	8,74	8,27	34,02
R D C	17	0	3,05	3,23	0	21,33	34,17	0	2,44	2,58	0	8,74	8,74	8,27	8,27	17,01
	18	3,05	3,05	3,23	0	21,33	34,17	2,44	2,44	2,58	0	8,74	8,74	8,27	8,27	25,75

Moments aux appuis Sous P
Portique longitudinal (B-B)

NIV	nœud	L _e	L _w	q _e	q _w	M _e	M _w	M _c	M _w	M _n	M _s
T	1	2.44	0	0.105	/	0.024	/	0.036	/	/	0.036
	2	2.44	2.44	0.105	0.105	0.024	0.024	0.024	0.024	/	/
7	3	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.119	/	0.055	0.163
	4	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
6	5	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	6	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
5	7	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	8	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
4	9	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	10	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
3	11	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	12	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
2	13	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	14	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
1	15	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	16	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/
RDC	17	2.44	0	0.263	/	0.184	/	0.12	/	0.06	0.06
	18	2.44	2.44	0.263	0.263	0.184	0.184	0.184	0.184	/	/

Moments aux appuis sous G

Portique longitudinal 8-8

NIV	nœud	L _e	L _w	q _e	q _w	M' _e	M' _w	M _e	M _w	M _n	M _s
T	1	2.44	0	0.777	/	0.544	/	0.264	/	/	0.264
	2	2.44	2.44	0.777	0.777	0.544	0.544	0.544	0.544	/	/
7	3	2.44	0	0.720	/	0.504	/	0.323	/	0.152	0.171
	4	2.44	2.44	0.720	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
6	5	2.44	0	0.720	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	6	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
5	7	2.44	0	0.72	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	8	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
4	9	2.44	0	0.72	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	10	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
3	11	2.44	0	0.72	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	12	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
2	13	2.44	0	0.72	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	14	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
1	15	2.44	0	0.72	/	0.504	/	0.329	/	0.165	0.165
	16	2.44	2.44	0.72	0.72	0.504	0.504	0.504	0.504	/	/
RDC	17	2.44	0	0.738	/	0.517	/	0.251	/	0.251	/
	18	2.44	2.44	0.738	0.738	0.517	0.517	0.517	0.517	/	/

Moments - Efforts tranchants dans les poutres

Portique 8-8

Sous G:

Sous P:

NIV	tranc	q	M _w	M _c	T _w	T _c		q	M _w	M _c	T _w	T _c
8	1-2	0,777	0,264	0,544	1,093	-1,277		1,05	0,036	0,074	0,147	-0,172
	2-2'	0,777	0,544	0,544	1,185	-1,185		1,05	0,074	0,074	0,146	-0,146
	2'-1'	0,777	0,544	0,264	1,277	-1,093		1,05	0,074	0,036	0,147	-0,172
7	3-4	0,72	0,323	0,504	1,038	-1,155		0,263	0,118	0,184	0,372	-0,423
	4-4'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	4'-3'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,038		0,263	0,184	0,118	0,423	-0,372
6	5-6	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	6-6'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	6'-5'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
5	7-8	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	8-8'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	8'-7'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
4	9-10	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	10-10'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	10'-9'	0,72	0,504	0,504	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
3	11-12	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	12-12'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	12'-11'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
2	13-14	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	14-14'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	14'-13'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
1	15-16	0,72	0,323	0,504	1,04	-1,155		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	16-16'	0,72	0,504	0,504	1,098	-1,098		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,401
	16'-15'	0,72	0,504	0,323	1,155	-1,04		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38
R.D.C	17-18	0,738	0,251	0,517	1,058	-1,213		0,263	0,12	0,184	0,38	-0,422
	18-18'	0,738	0,517	0,517	1,125	-1,125		0,263	0,184	0,184	0,401	-0,53
	18'-17'	0,738	0,517	0,251	1,213	-1,058		0,263	0,184	0,12	0,422	-0,38

Efforts normaux dans les poteaux

Portique longitudinal B-B

Sous G:

NIV	POE	T _w	T _e	N	Ncum
1 ^e	1	/	1,093	1,093	1,093
	2	-1,277	1,185	2,482	2,462
	3	-1,185	1,277	2,462	2,462
	4	-1,093	/	1,093	1,083
2 ^e	1	/	1,088	1,038	2,131
	2	-1,157	1,098	2,255	4,717
	3	-1,098	1,157	2,255	4,217
	4	-1,038	/	1,038	2,151
3 ^e	1	/	1,04	1,04	1,04
	2	-1,155	1,098	2,253	6,97
	3	-1,098	1,155	2,253	6,97
	4	-1,04	/	1,04	3,176
4 ^e	1	/	1,04	1,04	4,211
	2	-1,155	1,098	2,253	9,223
	3	-1,098	1,155	2,253	9,223
	4	-1,04	/	1,04	4,211
5 ^e	1	/	1,04	1,04	5,257
	2	-1,155	1,098	2,253	11,476
	3	-1,098	1,155	2,253	11,476
	4	-1,04	/	1,04	5,257
6 ^e	1	/	1,04	1,04	6,291
	2	-1,155	1,098	2,253	13,729
	3	-1,098	1,155	2,253	15,729
	4	-1,04	/	1,04	6,291
7 ^e	1	/	1,04	1,04	7,331
	2	-1,155	1,098	2,253	15,982
	3	-1,098	1,155	2,253	15,982
	4	-1,04	/	1,04	7,331
8 ^e	1	/	1,04	1,04	8,371
	2	-1,155	1,098	2,253	18,235
	3	-1,098	1,155	2,253	18,235
	4	-1,04	/	1,04	8,371
RDC	1	/	1,038	1,038	9,169
	2	-1,213	1,125	2,337	20,573
	3	-1,125	1,213	2,337	20,573
	4	-1,038	/	1,038	9,169

Efforts normaux dans les poteaux
portique longitudinal 8-8

Sous P.

W	Pot	T _w	T _e	N	N _{cum}
T	1		0,147	0,147	0,147
	2	-0,147	0,147	0,332	0,332
	3	-0,147	0,147	0,332	0,332
	4	-0,147		0,147	0,147
2	1		0,379	0,379	0,526
	2	-0,423	0,401	0,823	1,156
	3	-0,401	0,423	0,823	1,156
	4	-0,379		0,379	0,526
3	1		0,38	0,38	0,906
	2	-0,422	0,401	0,823	1,979
	3	-0,401	0,422	0,823	1,979
	4	-0,38		0,38	0,906
5	1		0,38	0,38	1,286
	2	-0,422	0,401	0,823	2,502
	3	-0,401	0,422	0,823	2,502
	4	-0,38		0,38	1,286
4	1		0,38	0,38	1,666
	2	-0,422	0,401	0,823	3,125
	3	-0,401	0,422	0,823	3,125
	4	-0,38		0,38	1,666
5	1		0,38	0,38	2,046
	2	-0,422	0,401	0,823	4,448
	3	-0,401	0,422	0,823	4,448
	4	-0,38		0,38	2,046
6	1		0,38	0,38	2,426
	2	-0,422	0,401	0,823	5,271
	3	-0,401	0,422	0,823	5,271
	4	-0,38		0,38	2,426
7	1		0,38	0,38	2,806
	2	-0,422	0,401	0,823	6,094
	3	-0,401	0,422	0,823	6,094
	4	-0,38		0,38	2,806
8	1		0,38	0,38	3,186
	2	-0,422	0,401	0,823	6,917
	3	-0,401	0,422	0,823	6,917
	4	-0,38		0,38	3,186

Superposition des sollicitations

111

Les combinaisons des forces sismiques et des charges verticales sont données ci-dessous. Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour ces combinaisons de charges sur la base des règlements de béton en vigueur (R.B.A. 81).

• poutres:

$$G + P + \overleftrightarrow{SI}$$

$$0,8G + \overleftrightarrow{SI}$$

• poteaux:

$$0,8G + \overleftrightarrow{SI}$$

$$G + P + 1,2 \overleftrightarrow{SI}$$

où: G: sollicitation due à la charge permanente.

P: sollicitation due à la surcharge d'exploitation.

SI: sollicitation due aux séismes.

• Moments en travée des poutres: (C.C.B.A. 68 - Art 12)

Pour déterminer le moment en travée sous les charges verticales, on trace la courbe des moments de la travée indépendante complète de portée "l" avec les charges permanentes puis avec les surcharges.

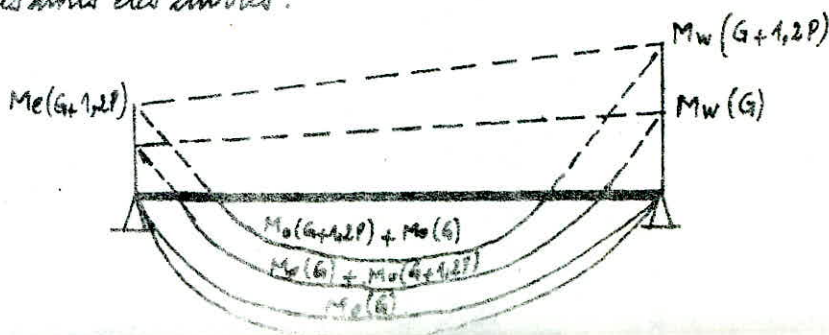
On prend comme ligne de fermeture:

- pour les moments positifs, celle qui joint les moments d'appui minimaux en valeur absolue.

- pour les moments négatifs, celle qui joint les moments d'appui maximaux en valeur absolue.

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

Exemple:



On veut calculer le moment en travée sous $(G+1,2P)$, on calcule le moment isostatique M_0 . $M_0 = (G+1,2P) l^2/8$.

- le moment en travée sera : $M_t = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- le moment en appui sera : $M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$
- le moment en travée sous SI : $M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$

Donc pour les poutres on a :

• Moments en travée : M_t :

- sous $(G+1,2P)$ $M_t = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$
- sous $(G+P + \overleftarrow{SI})$ $M_t = M_0(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(\overleftarrow{SI})$
- sous $(0,8G + \overleftarrow{SI})$ $M_t = M_0(0,8G) - \frac{M_w(0,8G) + M_e(0,8G)}{2} + M_t(\overleftarrow{SI})$

• Moments aux appuis : M_a :

- sous $(G+1,2P)$ $M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$
- sous $(G+P + \overleftarrow{SI})$ $M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\overleftarrow{SI})$
- sous $(0,8G + \overleftarrow{SI})$ $M_a = M_a(0,8G) + M_a(\overleftarrow{SI})$

• Efforts tranchants : T .

- sous $(G+1,2P)$ $T = T(G) + 1,2 T(P)$
- sous $(G+P + \overleftarrow{SI})$ $T = T(G) + T(P) + T(\overleftarrow{SI})$
- sous $(0,8G + \overleftarrow{SI})$ $T = 0,8 T(G) + T(\overleftarrow{SI})$

N.B: L'expression du moment en travée sous (SI) est donnée par :

$$M_t = (M_e - M_w)/2$$

Les moments sont en valeurs absolues (dans les tableaux) du fait que "SI" peut agir dans un sens ou dans l'autre.

Moments en travée

Poutique 8-8

NIV	Travée	Me+Mv 2 sous G	G + 1,2 P			G + P			0,8 G		
			q	Mo	Me	q	Mo	Me	q	Mo	Me
3	1-2	0,404	0,903	1,05	0,646	0,882	1,026	0,622	0,622	0,723	0,399
	2-2'	0,544	0,903	1,05	0,506	0,882	1,026	0,482	0,622	0,723	0,289
	2'-1'	0,404	0,903	1,05	0,646	0,882	1,026	0,622	0,622	0,723	0,399
7	3-4	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	4-4'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	4'-3'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
6	5-6	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	6-6'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	6'-5'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
5	7-8	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	8-8'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	8'-7'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
4	9-10	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	10-10'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	10'-9'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
3	11-12	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	12-12'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	12'-11'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
2	13-14	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	14-14'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	14'-13'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
1	15-16	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
	16-16'	0,504	1,036	1,205	0,701	0,882	1,09	0,586	0,576	0,669	0,266
	16'-15'	0,444	1,036	1,205	0,791	0,882	1,09	0,676	0,576	0,669	0,338
C.A.C.	17-18	0,384	1,054	1,226	0,842	1,001	1,164	0,78	0,59	0,686	0,379
	18-18'	0,577	1,054	1,226	0,709	1,001	1,164	0,647	0,59	0,686	0,272
	18'-17'	0,384	1,054	1,226	0,842	1,001	1,164	0,78	0,59	0,686	0,379

Moments dans les Poutres

Portique 7.7

Niv	Travée	G + 1,2P			G + P + 5I			G + P + 5I			0,8G + 5I			0,8G + 5I		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
3	1-2	-0,607	0,646	-0,633	1,341	1,683	-4,381	-1,941	-0,439	3,145	1,929	1,380	-4,198	-7,852	-0,742	3,328
	2-3	-0,633	0,506	-0,633	3,145	0,482	-4,381	-4,381	0,482	3,145	3,328	0,288	-4,198	-4,198	0,288	3,328
	3-2'	-0,633	0,506	-0,633	3,145	0,482	-4,381	-4,381	0,482	3,145	3,328	0,288	-4,198	-4,198	0,288	3,328
	2'-1'	-0,633	0,646	-0,307	3,145	-0,439	-1,941	-4,381	1,683	1,341	3,328	-0,742	-4,198	-4,198	1,380	1,929
7	4-5	-0,465	0,791	-0,725	3,441	3,441	-9,778	-9,002	-2,083	8,402	3,303	3,035	-9,493	-3,824	-2,493	8,687
	5-6	-0,725	0,701	-0,725	8,402	0,586	-9,778	-9,778	0,586	8,402	8,687	0,266	-9,493	-9,493	0,266	8,687
	6-5'	-0,725	0,701	-0,725	8,402	0,586	-9,778	-9,778	0,586	8,402	8,687	0,266	-9,493	-9,493	0,266	8,687
	5'-4'	-0,725	0,791	-0,465	8,402	-2,083	-9,002	-9,778	3,441	3,12	8,687	-2,493	-3,824	-9,493	3,035	3,303
6	7-8	-0,473	0,791	-0,725	5,242	5,377	-15,781	-6,14	-4,025	14,405	5,428	4,971	-15,496	-5,954	-4,43	14,689
	8-9	-0,725	0,701	-0,725	14,405	0,586	-15,781	-15,781	0,586	14,405	14,689	0,266	-15,496	-15,496	0,266	14,689
	9-8'	-0,725	0,701	-0,725	14,405	0,586	-15,781	-15,781	0,586	14,405	14,689	0,266	-15,496	-15,496	0,266	14,689
	8'-7'	-0,725	0,791	-0,473	14,405	-4,025	-9,74	-15,781	5,377	5,242	14,689	-4,43	-5,954	-15,496	4,471	5,428
5	10-11	-0,433	0,791	-0,725	7,406	6,887	-20,965	-8,304	-5,537	19,589	7,592	6,481	-20,68	-8,118	-5,94	19,874
	11-12	-0,725	0,701	-0,725	19,589	0,586	-20,965	-20,965	0,586	19,589	19,874	0,266	-20,68	-20,68	0,266	19,874
	12-11'	-0,725	0,701	-0,725	19,589	0,586	-20,965	-20,965	0,586	19,589	19,874	0,266	-20,68	-20,68	0,266	19,874
	11'-10'	-0,725	0,791	-0,433	19,589	-5,537	-8,304	-20,965	6,887	7,406	19,874	-5,94	-8,118	-20,68	6,481	7,592
4	13-14	-0,473	0,791	-0,725	8,98	7,688	-24,14	-9,878	-6,336	22,764	9,166	7,282	-23,855	-9,692	-6,742	23,049
	14-15	-0,725	0,701	-0,725	22,764	0,586	-24,14	-24,14	0,586	22,764	23,049	0,266	-23,855	-23,855	0,266	23,049
	15-14'	-0,725	0,701	-0,725	22,764	0,586	-24,14	-24,14	0,586	22,764	23,049	0,266	-23,855	-23,855	0,266	23,049
	14'-13'	-0,725	0,791	-0,473	22,764	-6,336	-9,878	-24,14	7,688	8,98	23,049	-6,742	-9,692	-23,855	7,282	9,166
3	16-17	-0,433	0,791	-0,725	9,645	9,349	-28,127	-10,543	-7,997	26,751	9,830	8,943	-27,842	-10,357	-8,402	27,036
	17-18	-0,725	0,701	-0,725	26,751	0,586	-28,127	-28,127	0,586	26,751	27,036	0,266	-27,842	-27,842	0,266	27,036
	18-17'	-0,725	0,701	-0,725	26,751	0,586	-28,127	-28,127	0,586	26,751	27,036	0,266	-27,842	-27,842	0,266	27,036
	17'-16'	-0,725	0,791	-0,433	26,751	-7,997	-10,543	-28,127	9,349	9,645	27,036	-8,402	-10,357	-27,842	8,943	9,830
2	19-20	-0,473	0,791	-0,725	10,712	9,93	-30,358	-11,61	-8,578	28,982	10,898	9,524	-30,073	-11,424	-8,984	29,267
	20-21	-0,725	0,701	-0,725	28,982	0,586	-30,358	-30,358	0,586	28,982	29,267	0,266	-30,073	-30,073	0,266	29,267
	21-20'	-0,725	0,701	-0,725	28,982	0,586	-30,358	-30,358	0,586	28,982	29,267	0,266	-30,073	-30,073	0,266	29,267
	20'-19'	-0,725	0,791	-0,473	28,982	-8,578	-11,61	-30,358	9,93	10,712	29,267	-8,984	-11,424	-30,073	9,524	10,898
1	22-23	-0,473	0,791	-0,725	15,83	4,023	-23,661	-16,728	-2,671	22,285	18,076	3,677	-23,376	-16,542	-3,0766	22,569
	23-24	-0,725	0,701	-0,725	22,285	0,586	-23,661	-23,661	0,586	22,285	22,569	0,266	-23,376	-23,376	0,266	22,569
	24-23'	-0,725	0,701	-0,725	22,285	0,586	-23,661	-23,661	0,586	22,285	22,569	0,266	-23,376	-23,376	0,266	22,569
	23'-22'	-0,725	0,791	-0,473	22,285	-2,671	-16,728	-23,661	4,023	15,83	22,569	-3,0766	-16,542	-23,376	3,677	18,076

Moments dans les poutres : portique 8-8.

NIV	TRAVÉE	G+1,2P			G+P+SI			G+P+SI			0,8G+SI			0,8G+SI		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
8	1-2	-0,307	0,646	-0,633	2,027	2,129	-5,96	2,627	-0,885	4,724	2,116	1,906	-5,777	-2,538	-1,108	4,907
	2-2'	-0,633	0,506	-0,633	4,724	0,482	-5,96	-5,96	0,482	4,724	4,907	0,288	-5,777	-5,777	0,288	4,907
	2'-1'	-0,633	0,646	-0,307	4,724	-0,885	-2,627	-5,96	2,627	4,907	4,907	-1,108	-2,538	-5,777	1,906	2,116
7	3-4	-0,465	0,791	-0,725	5,061	8,071	-13,585	-5,943	-6,719	12,209	5,244	7,933	-13,3	-5,76	-7,057	12,494
	4-4'	-0,725	0,701	-0,725	12,209	0,586	-13,585	-13,585	0,586	12,209	12,494	0,266	-13,3	-13,3	0,266	12,494
	4'-5'	-0,725	0,791	-0,465	12,209	-6,719	-5,943	-13,585	6,071	5,061	12,494	-7,057	-5,76	-13,3	7,933	5,244
6	5-6	-0,473	0,791	-0,725	7,626	7,348	-22,106	-8,524	-5,996	20,73	7,812	7,01	-21,821	-8,338	-6,334	21,015
	6-6'	-0,725	0,701	-0,725	20,73	0,586	-22,106	-22,106	0,586	20,73	21,015	0,266	-21,821	-21,821	0,266	21,015
	6'-5'	-0,725	0,791	-0,473	20,73	-5,996	-8,524	-22,106	7,348	7,626	21,015	-6,334	-8,338	-21,821	7,01	7,812
5	7-8	-0,473	0,791	-0,725	11,021	9,329	-29,463	-11,919	-7,977	28,087	11,207	8,991	-29,178	-11,733	-8,315	28,372
	8-8'	-0,725	0,701	-0,725	28,087	0,586	-29,463	-29,463	0,586	28,087	28,372	0,266	-29,178	-29,178	0,266	28,372
	8'-7'	-0,725	0,791	-0,473	28,087	-7,977	-11,919	-29,463	9,329	11,021	28,372	-8,315	-11,733	-29,178	8,991	11,207
4	9-10	-0,473	0,791	-0,725	12,923	10,676	-33,967	-13,827	-9,324	32,591	13,115	10,338	-33,682	-13,641	-9,662	32,876
	10-10'	-0,725	0,701	-0,725	32,591	0,586	-33,967	-33,967	0,586	32,591	32,876	0,266	-33,682	-33,682	0,266	32,876
	10'-9'	0,725	0,791	-0,473	32,591	-9,324	-13,827	-33,967	10,676	12,923	32,876	-9,662	-13,641	-33,682	10,338	13,115
3	11-12	-0,473	0,791	-0,725	13,87	12,985	-39,625	-14,768	-11,633	38,243	14,036	12,647	-39,34	-14,582	-11,971	38,534
	12-12'	-0,725	0,701	-0,725	38,243	0,586	-39,625	-39,625	0,586	38,243	38,534	0,266	-39,34	-39,34	0,266	38,534
	12'-11'	-0,725	0,791	-0,473	38,243	-11,633	-14,768	-39,625	12,985	13,87	38,534	-11,971	-14,582	-39,34	12,647	14,036
2	13-14	-0,473	0,791	-0,725	15,387	18,811	-42,793	-16,285	-12,459	41,417	15,573	13,473	-42,508	-16,093	-12,793	41,702
	14-14'	-0,725	0,701	-0,725	41,417	0,586	-42,793	-42,793	0,586	41,417	41,702	0,266	-42,508	-42,508	0,266	41,702
	14'-13'	-0,725	0,791	-0,473	41,417	-12,459	-16,285	-42,793	18,811	15,387	41,702	-12,793	-16,093	-42,508	13,473	15,573
1	15-16	-0,473	0,791	-0,725	21,232	5,593	-32,203	-22,13	-4,241	30,827	21,418	5,255	-31,918	-21,944	-4,576	31,112
	16-16'	-0,725	0,701	-0,725	30,827	0,586	-32,203	-32,203	0,586	30,827	31,112	0,266	-31,918	-31,918	0,266	31,112
	16'-15'	-0,725	0,791	-0,473	30,827	-4,241	-22,13	-32,203	5,593	21,232	31,112	-4,576	-21,944	-31,918	5,255	21,418

Moments dans les poutres
Portique 8.8

Efforts tranchants dans les Poutres

Poutre 27

N°	Tronçon	6+220		6+1052		6+2+52		0,86 + 5I		0,86 + 5I	
		T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
3	1-2	1,269	-1,473	-0,304	-2,998	2,784	0,095	-0,669	-2,566	1,418	0,582
	2-3	1,377	-1,577	-0,805	-3,495	3,495	0,805	-1,202	-3,098	3,098	1,202
	3-5'	1,377	-1,377	-0,805	-3,495	3,495	0,805	-1,202	-3,098	3,098	1,202
	2'-4'	1,483	-1,269	-0,095	-2,784	2,993	0,304	-0,522	-2,418	2,566	0,669
7	4-5	1,493	-1,665	-2,197	-5,194	5,039	2,034	-2,784	-4,539	4,444	2,688
	5-6	1,579	-1,579	-3,695	-6,693	6,693	3,695	-4,316	-6,072	6,072	4,316
	6-5	1,579	-1,579	-3,695	-6,693	6,693	3,695	-4,316	-6,072	6,072	4,316
	5'-4'	1,665	-1,493	-2,034	-5,039	5,194	2,197	-2,688	-4,444	4,539	2,784
6	7-8	1,496	-1,661	-4,518	-7,515	7,358	4,361	-5,106	-6,862	6,770	5,014
	8-9	1,579	-1,579	-7,125	-10,123	10,123	7,125	-7,746	-9,502	9,502	7,746
	9-8	1,579	-1,579	-7,125	-10,123	10,123	7,125	-7,746	-9,502	9,502	7,746
	8'-7'	1,661	-1,496	-4,361	-7,358	7,515	4,518	-5,014	-6,77	6,862	5,106
5	10-11	1,496	-1,661	-6,617	-9,614	9,457	6,446	-7,205	-8,961	8,869	7,113
	11-12	1,579	-1,579	-10,088	-13,086	13,086	10,088	-10,708	-12,465	12,465	10,708
	12-11	1,579	-1,579	-10,088	-13,086	13,086	10,088	-10,708	-12,465	12,465	10,708
	11'-10'	1,661	-1,496	-6,446	-9,457	9,614	6,617	-7,113	-8,869	8,962	7,205
4	13-14	1,496	-1,661	-7,974	-10,971	10,814	7,817	-8,562	-10,318	10,226	8,470
	14-15	1,579	-1,579	-11,902	-14,90	14,90	11,902	-12,523	-14,279	14,279	12,523
	15-14	1,579	-1,579	-11,902	-14,90	14,9	11,902	-12,523	-14,279	14,279	12,523
	14'-13'	1,661	-1,496	-7,817	-10,814	10,814	7,817	-8,470	-10,226	10,318	8,562
3	16-17	1,496	-1,661	-9,304	-12,301	12,144	9,147	-9,892	-11,648	11,556	9,890
	17-18	1,579	-1,579	-14,18	-17,178	17,178	14,18	-14,80	-16,557	16,557	14,80
	18-17	1,579	-1,579	-14,18	-17,178	17,178	14,18	-14,80	-16,557	16,557	14,80
	17'-16'	1,661	-1,496	-9,147	-12,144	12,302	9,304	-9,890	-11,556	11,648	9,892
2	19-20	1,496	-1,661	-10,246	-13,243	13,086	10,088	-10,734	-12,590	12,498	10,742
	20-21	1,579	-1,579	-15,455	-18,453	18,453	15,455	-16,076	-17,832	17,832	16,076
	21-20	1,579	-1,579	-15,455	-18,453	18,453	15,455	-16,076	-17,832	17,832	16,076
	20'-19'	1,661	-1,496	-10,088	-13,086	13,243	10,246	-10,742	-12,498	12,590	10,834
1	22-23	1,496	-1,661	-9,795	-12,792	12,635	9,639	-10,383	-12,139	12,047	10,291
	23-24	1,579	-1,579	-11,628	-14,626	14,626	11,628	-12,248	-14,005	14,005	12,248
	24-23	1,579	-1,579	-11,628	-14,626	14,626	11,628	-12,248	-14,005	14,005	12,248
	23'-22'	1,661	-1,496	-9,639	-12,635	12,792	9,795	-10,291	-12,047	12,139	10,383

Efforts tranchants dans les Poutres.

Portique 8-8

NIV	trappe	G + 1,2 P		G + P + \overrightarrow{SI}		G + P + \overleftarrow{SI}		0,86 + \overrightarrow{SI}		0,86 + \overleftarrow{SI}	
		T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
8	1-2	1,269	-1,483	-0,951	-3,64	+3,431	0,742	-1,312	-3,212	3,069	1,17
	2-2'	1,377	-1,377	-1,708	-4,358	4,097	1,708	-2,705	-4,001	4,001	2,105
	2'-1'	1,483	-1,269	-0,742	-3,431	3,640	1,041	-1,169	-3,065	3,213	3,396
7	3-4	1,493	-1,665	-3,84	-6,837	6,674	3,677	-4,426	-6,783	6,087	4,331
	4-4'	1,579	-1,579	-5,87	-8,868	8,868	5,870	-6,490	-8,247	8,247	6,49
	4'-3'	1,665	-1,493	-3,677	-6,674	6,837	3,840	-4,331	-6,087	6,140	4,426
6	5-6	1,496	-1,661	-7,035	-10,032	9,875	6,878	-7,623	-9,879	9,287	7,531
	6-6'	1,579	-1,579	-10,739	-13,737	13,739	10,739	-11,359	-13,116	13,116	11,36
	6'-5'	1,661	-1,496	-6,993	-9,875	9,977	7,035	-7,310	-7,623	9,379	9,287
5	7-8	1,496	-1,661	-10,078	-13,075	12,918	9,921	-10,666	-12,422	12,33	10,574
	8-8'	1,579	-1,579	-14,944	-17,942	17,942	14,944	-15,565	-17,321	17,321	15,565
	8'-7'	1,661	-1,496	-9,927	-14,750	13,075	8,246	-10,574	-12,33	10,422	10,666
4	9-10	1,496	-1,661	-11,91	-14,907	14,75	11,693	-12,488	-14,254	14,162	12,406
	10-10'	1,579	-1,579	-17,517	-20,515	20,515	17,517	-18,137	-19,894	19,894	18,137
	10'-9'	1,661	-1,496	-11,753	-14,750	14,907	11,750	-12,406	-14,162	14,354	12,498
3	11-12	1,479	-1,661	-13,796	-16,793	16,636	13,639	-14,384	-16,14	16,048	14,282
	12-12'	1,579	-1,579	-20,75	-23,748	23,748	20,750	-21,37	-23,127	23,127	21,370
	12'-11'	1,661	-1,479	-13,639	-16,636	16,793	13,796	-14,292	-16,048	16,14	14,384
2	13-14	1,479	-1,661	-15,134	-18,131	17,974	14,977	-15,722	-17,478	17,386	15,63
	14-14'	1,579	-1,579	-22,561	-25,559	25,559	22,561	-23,181	-24,938	24,938	23,181
	14'-13'	1,661	-1,479	-14,977	-17,974	18,131	15,134	-15,63	-17,386	17,478	15,722
1	15-16	1,479	-1,661	-13,778	-16,775	16,618	13,621	-14,366	-16,122	16,03	14,274
	16-16'	1,579	-1,579	-16,501	-19,499	19,499	16,501	-17,122	-18,878	18,878	17,226
	16'-15'	1,661	-1,479	-13,621	-16,618	16,775	13,778	-14,274	-16,03	16,122	14,366

Moments dans les Poteaux

Portique 7-7

NIV	Poteau	G + S ₂ F		0,8G + S ₁ F		0,8G + S ₂ F		G + P + 1,2S ₁ F		G + P + 1,2S ₂ F	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
6	1	0,307	-0,066	1,852	-0,703	-1,429	0,703	2,269	-0,898	-2,669	0,788
	2	0	0	7,527	-4,611	-7,527	4,611	9,032	-5,533	-9,032	5,533
	3	0	0	7,527	-4,611	-7,527	4,611	9,032	-5,533	-9,032	5,533
	4	0	0	7,527	-4,611	-7,527	4,611	9,032	-5,533	-9,032	5,533
	5	0,307	-0,066	1,852	-0,703	-1,429	0,703	2,269	-0,898	-2,669	0,788
7	1	0,247	-0,224	2,995	-2,027	-2,729	1,783	3,664	-2,498	-3,196	2,074
	2	0	0	13,659	-11,108	-13,659	11,108	16,283	-13,329	-16,283	13,329
	3	0	0	13,659	-11,108	-13,659	11,108	16,283	-13,329	-16,283	13,329
	4	0	0	13,659	-11,108	-13,659	11,108	16,283	-13,329	-16,283	13,329
	5	0,247	-0,224	2,995	-2,027	-2,729	1,783	3,664	-2,498	-3,196	2,074
6	1	0,237	-0,237	3,918	-3,237	-3,654	2,967	4,768	-3,944	-4,318	3,494
	2	0	0	19,058	-16,583	-19,058	16,583	22,894	-19,899	-22,894	19,899
	3	0	0	19,058	-16,583	-19,058	16,583	22,894	-19,899	-22,894	19,899
	4	0	0	19,058	-16,583	-19,058	16,583	22,894	-19,899	-22,894	19,899
	5	0,237	-0,237	3,918	-3,237	-3,654	2,967	4,768	-3,944	-4,318	3,494
5	1	0,237	-0,237	4,888	-4,026	-4,624	3,762	5,932	-4,898	-5,482	4,448
	2	0	0	23,974	-20,838	-23,974	20,838	28,769	-25,006	-28,769	25,006
	3	0	0	23,974	-20,838	-23,974	20,838	28,769	-25,006	-28,769	25,006
	4	0	0	23,974	-20,838	-23,974	20,838	28,769	-25,006	-28,769	25,006
	5	0,237	-0,237	4,888	-4,026	-4,624	3,762	5,932	-4,898	-5,482	4,448
4	1	0,237	-0,237	5,667	-4,663	-5,403	4,399	6,867	-5,662	-6,417	5,212
	2	0	0	26,067	-26,067	-26,067	26,067	31,28	-31,28	-31,28	31,28
	3	0	0	26,067	-26,067	-26,067	26,067	31,28	-31,28	-31,28	31,28
	4	0	0	26,067	-26,067	-26,067	26,067	31,28	-31,28	-31,28	31,28
	5	0,237	-0,237	5,667	-4,663	-5,403	4,399	6,867	-5,662	-6,417	5,212
3	1	0,237	-0,237	5,695	-5,695	-5,431	5,431	6,900	-6,900	-6,450	6,450
	2	0	0	28,811	-28,811	-28,811	28,811	34,573	-34,573	-34,573	34,573
	3	0	0	28,811	-28,811	-28,811	28,811	34,573	-34,573	-34,573	34,573
	4	0	0	28,811	-28,811	-28,811	28,811	34,573	-34,573	-34,573	34,573
	5	0,237	-0,237	5,695	-5,695	-5,431	5,431	6,900	-6,900	-6,450	6,450
2	1	0,237	-0,237	5,730	-6,327	-5,466	6,057	6,943	-7,652	-6,413	7,202
	2	0	0	30,53	-30,53	-30,53	30,53	36,636	-36,636	-36,636	+36,636
	3	0	0	30,53	-30,53	-30,53	30,53	36,636	-36,636	-36,636	+36,636
	4	0	0	30,53	-30,53	-30,53	30,53	36,636	-36,636	-36,636	+36,636
	5	0,237	-0,237	5,730	-6,327	-5,466	6,057	6,943	-7,652	-6,413	7,202
1	1	0,237	-0,118	10,222	-23,608	-9,958	23,753	12,333	-28,363	-11,893	28,158
	2	0	0	15,416	-26,819	-15,416	26,819	18,499	-32,183	-18,499	32,138
	3	0	0	15,416	-26,819	-15,416	26,819	18,499	-32,183	-18,499	32,138
	4	0	0	15,416	-26,819	-15,416	26,819	18,499	-32,183	-18,499	32,138
	5	0,237	-0,118	10,222	-23,608	-9,958	23,753	12,333	-28,363	-11,883	28,138

Moments dans les poteaux

Poutique, 2.8:

N°	Poteaux	$G + 1,2P$		$0,86 + 5I$		$0,86 + 5I$		$G + P + 1,25I$		$G + P + 1,25I$	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
3	1	0,307	-0,066	2,538	-0,997	-2,116	0,997	3,034	-1,257	-2,452	1,741
	2	0	0	10,683	-6,545	-10,863	6,545	12,812	-7,854	-12,819	7,854
	3	0	0	10,683	-6,545	-10,863	6,545	12,812	-7,854	-12,819	7,854
	4	0,307	-0,066	2,538	-0,997	-2,116	0,997	3,034	-1,257	-2,452	1,741
7	1	0,247	-0,224	4,192	-2,84	-3,918	2,567	5,10	-3,456	-4,632	3,033
	2	0	0	19,255	-15,763	-19,255	15,763	23,106	-18,916	-23,106	18,916
	3	0	0	19,255	-15,763	-19,255	15,763	23,106	-18,916	-23,106	18,916
	4	0,247	-0,224	4,192	-2,84	-3,918	2,567	5,10	-3,456	-4,632	3,033
6	1	0,237	-0,237	5,503	-4,529	-5,239	4,265	6,670	-5,501	-6,22	5,051
	2	0	0	27,03	-23,532	-27,03	23,532	32,488	-28,238	-32,488	28,238
	3	0	0	27,03	-23,532	-27,03	23,532	32,488	-28,238	-32,488	28,238
	4	0,237	-0,237	5,50	-4,529	-5,239	4,265	6,670	-5,501	-6,22	5,051
5	1	0,237	-0,237	6,882	-5,658	-6,617	5,394	8,325	-6,856	-7,875	6,406
	2	0	0	34,019	-29,57	-34,019	29,57	40,823	-35,484	-40,823	35,484
	3	0	0	34,019	-29,57	-34,019	29,57	40,823	-35,484	-40,823	35,484
	4	0,237	-0,237	6,882	-5,658	-6,617	5,394	8,325	-6,856	-7,875	6,406
4	1	0,237	-0,237	7,984	-6,56	-7,72	6,296	9,647	-7,939	-9,197	7,488
	2	0	0	36,989	-36,989	-36,989	36,989	44,387	-44,387	-44,387	44,387
	3	0	0	36,989	-36,989	-36,989	36,989	44,387	-44,387	-44,387	44,387
	4	0,237	-0,237	7,984	-6,56	-7,72	6,296	9,647	-7,939	-9,197	7,488
3	1	0,237	-0,237	9,024	-8,024	-7,76	7,76	9,694	-9,803	-9,244	9,353
	2	0	0	40,886	40,886	-40,886	40,886	49,063	-49,063	-49,063	49,063
	3	0	0	40,886	40,886	-40,886	40,886	49,063	-49,063	-49,063	49,063
	4	0,237	-0,237	8,024	-8,024	-7,76	7,76	9,694	-9,803	-9,244	9,353
2	1	0,237	-0,237	9,126	-8,915	-7,812	8,651	9,758	-10,765	-9,308	10,315
	2	0	0	43,324	-43,324	-43,324	43,324	51,988	-51,988	-51,988	51,988
	3	0	0	43,324	-43,324	-43,324	43,324	51,988	-51,988	-51,988	51,988
	4	0,237	-0,237	9,126	-8,915	-7,812	8,651	9,758	-10,765	-9,308	10,315
1	1	0,237	-0,118	12,839	-30,162	-12,525	30,03	15,703	-36,227	-15,253	36,003
	2	0	0	19,707	-34,282	-19,707	34,282	23,648	-41,138	-23,648	41,138
	3	0	0	19,707	-34,282	-19,707	34,282	23,648	-41,138	-23,648	41,138
	4	0,237	-0,118	12,839	-30,162	-12,525	30,03	15,703	-36,227	-15,253	36,003

Efforts normaux dans les Poteaux

Portique 7-7

Niv	Poteau	$G + 1,2P$		$0,8G + \overline{SI}^0$		$0,8G + \overline{SI}$		$G + P + 1,2\overline{SI}$		$G + P + 1,2\overline{SI}$	
		N	N _{cum}	N	N _{cum}	N	N _{cum}	N	N _{cum}	N	N _{cum}
4	1	1,269	1,269	-0,669	-0,669	2,418	2,418	-0,613	-0,613	3,093	3,093
	2	2,86	2,86	1,364	1,364	2,576	2,576	2,067	2,067	3,521	3,521
	3	2,754	2,754	1,896	1,896	1,896	1,896	2,690	2,690	2,690	2,690
	4	2,860	2,860	2,576	2,576	1,364	1,364	3,521	3,521	2,067	2,067
	5	1,269	1,269	2,418	2,418	-0,669	-0,669	3,093	3,093	-0,613	-0,613
7	1	1,493	1,493	-2,784	-2,784	4,444	4,444	6,862	6,862	-2,919	-2,919
	2	3,244	3,244	0,224	0,224	1,588	1,588	1,183	1,183	3,250	3,250
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	3,653	3,653	2,998	2,998	5,688	5,688
	4	3,244	3,244	3,384	3,384	0,224	0,224	1,183	1,183	3,250	3,250
	5	1,493	1,493	4,444	4,444	6,862	6,862	-2,919	-2,919	5,754	5,754
6	1	1,496	1,496	-5,106	-5,106	6,770	6,770	13,632	13,632	-5,706	-5,706
	2	3,242	3,242	-0,884	-0,884	4,488	4,488	10,448	10,448	-0,947	-0,947
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	5,490	5,490	2,998	2,998	8,686	8,686
	4	3,242	3,242	4,488	4,488	0,884	0,884	-2,472	-2,472	6,299	6,299
	5	1,496	1,496	6,770	6,770	13,632	13,632	-5,706	-5,706	8,546	8,546
5	1	1,496	1,496	-7,205	-7,205	8,869	8,869	22,501	22,501	-8,224	-8,224
	2	3,242	3,242	-4,22	-4,22	5,352	5,352	15,80	15,80	-1,984	-1,984
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	7,167	7,167	2,998	2,998	11,684	11,684
	4	3,242	3,242	5,352	5,352	9,5,80	9,5,80	-1,984	-1,984	7,336	7,336
	5	1,496	1,496	8,869	8,869	22,501	22,501	-7,205	-7,205	11,064	11,064
4	1	1,496	1,496	-8,562	-8,562	10,226	10,226	32,127	32,127	-9,853	-9,853
	2	3,242	3,242	-2,205	-2,205	6,425	6,425	7,884	7,884	-6,313	-6,313
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	8,924	8,924	2,998	2,998	14,682	14,682
	4	3,242	3,242	5,109	5,109	21,609	21,609	-2,205	-2,205	7,884	7,884
	5	1,496	1,496	10,226	10,226	32,127	32,127	-8,562	-8,562	12,693	12,693
3	1	1,496	1,496	-9,892	-9,892	11,556	11,556	44,283	44,283	-11,448	-11,448
	2	3,242	3,242	-3,153	-3,153	6,757	6,757	28,366	28,366	-2,87	-2,87
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	10,689	10,689	2,998	2,998	17,680	17,680
	4	3,242	3,242	6,757	6,757	28,366	28,366	-3,153	-3,153	9,022	9,022
	5	1,496	1,496	11,556	11,556	44,283	44,283	-9,892	-9,892	14,289	14,289
2	1	1,496	1,496	-10,834	-10,834	12,498	12,498	55,485	55,485	-12,579	-12,579
	2	3,242	3,242	-3,986	-3,986	7,050	7,050	35,456	35,456	-3,269	-3,269
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	12,438	12,438	2,998	2,998	20,678	20,678
	4	3,242	3,242	7,090	7,090	35,456	35,456	-3,986	-3,986	9,422	9,422
	5	1,496	1,496	12,498	12,498	56,781	56,781	-10,834	-10,834	15,419	15,419
1	1	1,496	1,496	-10,383	-10,383	12,047	12,047	67,837	67,837	-12,028	-12,028
	2	3,242	3,242	-0,109	-0,109	3,704	3,704	39,97	39,97	0,782	0,782
	3	3,157	3,157	1,757	1,757	14,195	14,195	2,998	2,998	23,676	23,676
	4	3,242	3,242	3,714	3,714	39,97	39,97	-0,109	-0,109	5,370	5,370
	5	1,496	1,496	12,047	12,047	68,828	68,828	-10,383	-10,383	14,878	14,878

Efforts normaux
dans les poteaux.

Portique 8.8

Niv	Poteau	$G+2P$		$0,86 + \overline{5I}$		$0,86 + \overline{5I}$		$G+P+1,2\overline{5I}$		$G+P+1,2\overline{5I}$	
		N	N _{norm}	N	N _{norm}	N	N _{norm}	N	N _{norm}	N	N _{norm}
8	1	1,269	1,269	-1,916	-1,916	3,065	3,065	-1,389	-1,389	3,869	3,869
	2	2,86	2,86	-1,107	-1,107	2,832	2,832	1,759	1,759	3,828	3,828
	3	2,86	2,86	2,832	2,832	-1,107	-1,107	3,828	3,828	1,759	1,759
	4	1,269	1,269	3,065	3,065	-1,389	-1,389	3,869	3,869	-1,389	-1,389
7	1	1,493	2,789	-4,426	-5,742	6,087	9,152	-4,891	-6,28	7,725	11,594
	2	3,244	6,104	-0,308	-1,415	9,746	9,748	0,545	2,304	5,613	9,441
	3	3,244	6,104	3,916	9,748	-0,308	-1,415	5,613	9,441	0,545	2,304
	4	1,493	2,789	6,087	9,152	-4,426	-5,742	7,725	11,594	-4,891	-6,28
6	1	1,496	4,285	-7,623	-13,365	9,287	18,439	-8,726	-15,006	11,566	23,16
	2	3,242	9,348	-1,98	-3,395	5,585	15,333	-1,464	-3,768	7,616	17,057
	3	3,242	9,348	5,585	15,333	-1,98	-3,395	7,616	17,057	-1,464	-3,768
	4	1,496	4,285	9,287	18,439	-7,623	-13,365	11,566	23,16	-8,726	-15,006
5	1	1,496	5,781	-10,666	-24,031	12,33	30,769	-12,377	-27,383	15,211	38,377
	2	3,242	12,592	-3,143	-6,538	-6,747	22,08	-2,858	-6,626	9,01	26,067
	3	3,242	12,592	6,747	22,08	-3,143	-6,538	9,010	26,067	-2,858	-6,626
	4	1,496	5,781	12,33	30,769	-10,666	-24,031	15,211	38,377	-12,377	-27,383
4	1	3	7,277	-12,491	-36,588	14,132	44,901	-15,54	-42,923	13,416	55,793
	2	3,242	15,836	-3,883	-10,421	7,488	29,568	-3,747	-10,373	9,899	35,966
	3	3,242	15,836	7,488	29,568	-3,883	-10,421	9,899	35,966	-3,747	-10,373
	4	1,496	7,277	14,132	44,901	-12,491	-36,588	17,416	55,793	-15,54	-42,923
3	1	1,496	8,773	-14,384	-50,913	16,048	60,949	-16,839	-59,802	19,337	75,13
	2	3,242	19,08	-5,23	-15,651	9,835	38,403	-5,634	-16,007	14,516	47,482
	3	3,242	19,08	9,835	38,403	-5,23	-15,651	14,516	47,482	-5,634	-16,007
	4	1,496	8,773	16,048	60,949	-14,384	-50,913	19,337	75,13	-16,839	-59,802
2	1	1,496	10,269	-15,722	-66,635	17,386	78,335	-17,787	-78,589	20,943	96,073
	2	3,242	22,324	-5,703	-21,354	9,307	47,711	-5,931	-21,938	12,083	59,565
	3	3,242	22,324	9,308	47,711	-5,703	-21,354	12,083	59,565	-5,931	-21,938
	4	1,496	10,269	17,386	78,335	-15,722	-66,635	20,943	96,073	-17,787	-78,589
1	1	1,496	11,765	-17,366	-81,001	16,04	94,365	-17,159	-95,748	19,316	115,311
	2	3,242	25,568	-9,999	-22,353	4,604	52,315	-0,286	-22,224	6,438	66,003
	3	3,242	25,568	4,604	52,315	-9,999	-22,353	6,438	66,003	-0,286	-22,224
	4	1,496	11,765	16,04	94,365	-17,366	-81,001	19,316	115,311	-17,159	-95,748

Moments en Français

Portique transversal: (2-2)

NIV	Travée	l	$\frac{M_1 + M_2}{2}$ sur G	G + 1, 2 P			G + P			0, 8 G		
				q	M ₀	M _t	q	M ₀	M _t	q	M ₀	M _t
8°	1-2	3,5	1,437	3,047	4,619	3,183	2,939	4,499	3,063	2,039	3,122	1,973
	2-2'	3,5	1,949	3,017	4,619	2,670	2,939	4,499	2,579	2,039	3,122	1,523
	2'-1'	3,5	2,354	3,017	4,619	2,265	2,939	4,499	2,116	2,039	3,122	1,229
7°	3-4	3,5	1,246	3,392	5,194	3,948	3,197	4,895	3,249	1,778	2,722	1,725
	4-4'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	4' 8	3,5	2,424	3,392	5,194	2,773	3,197	4,895	2,474	1,778	2,722	0,985
6°	5-6	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	6-6'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,329	1,778	2,722	1,477
	6' 5'	3,5	2,392	3,392	5,194	2,803	3,197	4,895	2,504	1,778	2,722	0,809
5°	7-8	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	8-8'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	8' 7'	3,5	2,392	3,392	5,194	2,803	3,197	4,895	2,504	1,778	2,722	0,809
4°	9-10	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	10-10'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	10' 9'	3,5	2,392	3,392	5,194	2,803	3,197	4,895	2,504	1,778	2,722	0,809
3°	11-12	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	12-12'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	12' 11'	3,5	2,392	3,392	5,194	2,803	3,197	4,895	2,504	1,778	2,722	0,809
2°	13-14	3,5	1,257	3,392	5,194	3,939	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	14-14'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	14' 13'	3,5	2,392	3,392	5,194	2,803	3,197	4,895	2,504	1,778	2,722	0,809
1°	15-16	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
	16-16'	3,5	1,556	3,392	5,194	3,638	3,197	4,895	3,339	1,778	2,722	1,477
	16' 15'	3,5	1,257	3,392	5,194	3,938	3,197	4,895	3,639	1,778	2,722	1,717
RDC	17-18	3,5	1,308	3,49	5,344	4,037	3,295	5,045	3,738	1,856	2,842	1,736
	18-18'	3,5	1,774	3,49	5,344	3,57	3,295	5,045	3,271	1,856	2,842	1,403
	18' 17'	3,5	1,308	3,49	5,344	4,037	3,295	5,045	3,738	1,856	2,842	1,736

Niveau	Travée	G + 1,2 P			G + P + 5I			G + P + 5I			0,8 G + 5I			0,8 G + 5I		
		M _W	M _E	M _C	M _W	M _E	M _C	M _W	M _E	M _C	M _W	M _E	M _C	M _W	M _E	M _C
8	2-2	-2,462	3,183	-0,988	1,437	2,700	-4,013	-6,233	3,430	2,185	2,171	1,605	-3,733	-5,489	2,341	2,464
	2-3	-2,307	2,670	-2,307	0,852	2,551	-5,346	2,550	-5,346	0,852	1,539	1,563	-4,658	-4,658	1,563	1,539
	2-1'	-3,805	2,265	-2,462	-0,511	3,024	-7,253	-6,708	1,267	-2,457	0,996	-2,117	-6,519	-5,200	0,361	3,191
7	3-4	-2,376	3,948	-1,429	6,609	2,536	-7,969	-11,087	4,762	5,275	7,603	0,612	-7,370	-10,093	2,838	5,872
	4-4	-2,376	3,638	-2,376	4,383	3,339	-8,861	-8,861	3,339	4,383	5,377	1,477	-8,866	-7,866	1,477	5,377
	4-3	-6,118	2,773	-2,376	0,976	3,687	-11,296	-12,269	1,260	6,808	3,992	1,998	-10,292	-9,251	-0,428	7,802
6	5-6	-2,376	3,938	-1,461	12,735	1,471	-12,015	-12,293	5,806	9,291	13,729	-0,474	-11,403	-16,219	3,885	9,972
	6-6	-2,376	3,638	-2,376	8,399	8,399	-12,877	-12,877	3,339	8,399	9,393	1,477	-11,882	-11,882	1,477	9,393
	6-5	-5,989	2,803	-2,376	5,109	4,675	-17,218	-16,167	0,332	12,74	8,056	2,980	-16,224	-13,219	-1,362	13,734
5	7-9	-2,376	3,938	-1,461	17,779	0,642	-15,401	-22,257	6,635	12,647	18,773	-1,28	-14,789	-21,263	11,714	13,259
	8-8'	-2,376	3,638	-2,376	11,785	3,339	-16,263	-16,263	3,339	11,785	12,779	1,477	-15,269	-15,269	1,477	12,779
	8-8	-5,989	2,803	-2,376	8,495	5,108	-21,47	-19,553	-0,101	16,992	11,442	3,413	-20,476	-16,606	-1,795	17,986
4	9-10	-2,376	3,938	-1,461	20,769	0,777	-18,662	-25,247	6,499	15,908	21,763	-1,445	-18,051	-24,253	4,579	16,519
	10-10'	-2,376	3,638	-2,376	15,046	3,339	-19,524	-19,524	3,339	15,046	16,04	-1,477	-18,529	-18,529	1,477	16,04
	10-9	-5,989	2,803	-2,376	11,756	5,787	-26,09	-22,814	-0,78	21,612	14,703	4,092	-25,096	-19,867	-2,474	22,606
3	11-12	-2,376	3,938	-1,461	24,815	-0,636	-19,881	-29,293	7,913	17,127	25,809	-2,558	-19,269	-28,299	5,992	17,738
	12-12'	-2,376	3,638	-2,376	16,265	3,336	-20,743	-20,743	3,339	16,265	17,259	1,477	-19,749	-19,749	1,477	17,259
	12-11'	-5,989	2,803	-2,376	12,975	6,138	-28,012	-24,033	-1,132	23,534	15,922	4,444	-27,018	-21,086	-2,826	24,528
2	13-14	-2,376	3,938	-1,461	27,015	-0,935	-21,483	-31,493	8,212	18,729	28,009	-2,857	-20,872	-30,499	6,291	19,34
	14-14'	-2,376	3,638	-2,376	17,867	3,339	-22,345	-22,845	3,339	17,867	18,861	1,477	-21,351	-21,351	1,477	18,861
	14-13'	-5,989	2,803	-2,376	14,577	8,174	-29,685	-25,635	-1,167	25,201	17,524	4,479	-28,641	-22,688	-2,861	26,201
1	15-16	-2,376	3,938	-1,461	24,993	0,102	-21,535	-29,471	7,175	18,781	25,987	-1,82	-20,924	-28,417	5,254	19,392
	16-16'	-2,376	3,638	-2,376	17,919	3,339	-22,397	-22,397	3,339	17,919	18,913	1,477	-21,403	-21,403	1,477	18,913
	16-15'	-1,461	3,938	-2,376	18,781	9,872	-34,863	-21,535	-2,545	30,385	19,392	7,95	-33,869	-20,924	-4,516	31,392

Moments dans les poutres Portique transversal (2-2) (3-3)

Niv	X-travel	$G+1,2P$			$G+P+3I$			$G+P+5I$			$0,8G+5I$			$0,8G+5I$		
		Mw	Me	Mc	Mw	Me	Mc	Mw	Me	Mc	Mw	Me	Mc	Mw	Me	Mc
3	1-2	-2,462	3,183	-0,838	1,407	2,695	-4,013	-6,233	3,432	2,785	2,771	1,805	-3,733	-5,499	2,341	2,469
	2-2'	-2,307	2,670	-2,307	0,852	2,551	-5,346	-5,346	2,551	0,852	1,539	1,563	-4,658	-4,658	1,563	1,539
	2'-3'	-3,222	2,510	-2,462	0,0575	3,269	-7,253	-6,939	1,543	2,457	1,388	2,313	-6,519	-4,809	0,557	3,191
7	3-4	-2,735	2,003	-0,845	6,309	0,725	-7,422	-11,387	2,952	5,822	7,602	-0,301	-7,079	-10,094	1,925	6,163
	4-4'	-2,879	9,356	-4,742	3,853	8,446	-10,885	-9,391	8,446	2,259	5,249	3,117	-8,598	-7,994	3,117	4,646
	4'-5'	-3,876	8,287	-2,616	3,026	4,201	-11,497	-10,218	1,775	6,597	4,866	2,409	-10,342	-8,378	-0,017	7,752
6	5-6	-2,702	2,004	-0,864	12,465	-0,329	-11,456	-17,483	4,007	9,819	13,739	-1,356	-11,006	-16,208	2,980	10,169
	6-6'	-2,984	9,349	-4,775	7,865	8,439	-15,031	-13,411	8,439	6,245	9,265	3,111	-12,625	-12,01	3,111	8,649
	6'-5'	-3,824	3,298	-2,610	7,089	5,170	-17,42	-14,187	0,829	12,534	8,899	3,376	-16,273	-12,376	-0,966	13,685
5	7-8	-2,702	2,004	-0,864	17,509	-1,158	-14,84	-22,527	4,837	13,206	18,784	-2,184	-14,493	-21,252	3,809	13,555
	8-8'	-2,984	9,349	-4,775	11,251	8,439	-18,417	-16,797	8,439	9,631	12,651	3,111	-16,012	-15,397	3,111	12,026
	8'-7'	-3,824	3,298	-2,610	10,475	5,603	-21,676	-17,573	0,396	16,786	12,286	3,809	-20,525	-15,762	-1,398	17,957
4	9-10	-2,702	2,004	-0,864	20,499	-1,022	-18,103	-25,597	4,701	16,467	21,774	-2,049	-17,759	-24,21	3,674	16,816
	10-10'	-2,984	9,349	-4,775	14,52	8,439	-21,676	-20,058	8,439	12,892	15,912	3,111	-19,273	-18,658	9,111	15,297
	10'-9'	-3,824	3,298	-2,610	13,736	6,283	-26,296	-20,834	-0,284	21,406	15,547	4,488	-25,145	-19,023	-2,077	22,557
3	11-12	-2,702	2,004	-0,864	24,545	-2,456	-19,322	-29,563	6,115	17,686	25,819	-3,463	-18,971	-28,288	5,087	18,055
	12-12'	-2,984	9,349	-4,775	15,731	8,439	-22,897	-21,277	8,439	14,111	17,131	3,111	-20,492	-19,877	3,111	16,516
	12'-11'	-3,824	3,298	-2,610	14,955	6,634	-28,218	-22,053	-0,635	23,328	16,766	4,86	-27,067	-20,24	-2,429	24,479
2	13-14	-2,702	2,004	-0,864	26,745	-2,735	-20,924	-31,763	6,414	19,288	28,019	-3,762	-20,575	-30,488	5,386	19,637
	14-14'	-2,984	9,349	-4,775	17,333	8,439	-24,499	-22,879	8,439	15,713	18,733	3,111	-22,094	-21,478	3,111	18,118
	14'-13'	-3,824	3,298	-2,610	16,557	6,669	-29,891	-23,655	-0,670	25,001	18,367	4,875	-28,74	-21,844	-2,465	26,157
1	15-16	-2,702	2,004	-0,864	24,723	-1,898	-20,97	-29,741	5,376	19,34	25,997	-2,725	-20,627	-28,466	4,349	19,689
	16-16'	-2,984	9,349	-4,775	17,385	8,439	-24,551	-22,931	8,439	15,765	18,785	3,111	-22,146	-21,53	3,111	18,117
	16'-15'	-1,461	3,297	-2,610	19,781	9,283	-35,069	-27,535	-3,233	30,179	19,390	7,438	-33,92	-20,92	-5,03	31,829

Moments dans les poutres portique transversal (4-4)

Efforts tranchants dans les poutres

Portique transversal (2-2)

Niv	Travée	G+1,2P		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te	Tw	Te
8°	1-2	5,715	-4,841	3,586	-6,197	7,548	-2,735	1,801	-6,253	5,843	-1,291
	2-2'	5,279	-5,279	3,372	-6,914	6,914	-3,372	1,797	-5,329	5,329	-1,797
	2'-1'	5,691	-4,895	3,245	-7,068	7,789	-2,524	1,444	-6,744	5,988	-1,171
F	3-4	6,267	-5,665	1,43	-9,769	10,214	-0,918	-1,167	-7,309	7,673	1,457
	4-4'	5,936	-5,936	1,811	-9,379	9,179	-1,811	-0,673	-6,895	6,895	0,673
	4'-3'	6,989	-4,883	2,074	-9,415	11,029	-0,161	-0,984	7,266	7,969	1,748
E	5-6	6,196	-5,674	-1,478	-12,666	13,188	-1,97	-4,071	-10,292	10,565	4,344
	6-6'	5,936	-5,936	-0,485	-11,674	11,674	0,485	-2,968	-9,189	9,189	2,969
	6'-5'	5,969	-4,903	-0,784	-11,973	13,854	2,665	-3,826	-10,048	10,812	4,590
5°	7-8	6,196	-5,674	-3,886	-16,074	15,566	4,378	-6,479	-12,699	12,973	6,752
	8-8'	5,936	-5,936	-2,419	-13,609	13,609	2,419	-4,903	-11,425	11,425	4,903
	8'-7'	6,969	-4,903	-2,966	-14,155	16,036	4,847	-6,008	-12,223	12,994	6,772
4°	9-10	6,196	-5,674	-5,672	-16,86	17,252	6,164	-8,265	-14,436	14,759	8,528
	10-10'	5,936	-5,936	-4,283	-15,472	15,472	4,283	-6,766	-12,988	12,988	6,766
	10'-9'	6,969	-4,903	-5,218	-16,407	18,288	7,099	-8,260	-14,482	15,246	9,024
3°	11-12	6,196	-5,674	-7,177	-18,365	19,857	7,669	-9,768	-15,991	16,264	10,04
	12-12'	5,936	-5,936	-4,999	-16,169	16,169	4,999	-7,463	-13,885	13,685	7,463
	12'-11'	6,969	-4,903	-6,116	-17,205	19,186	7,997	-9,158	-15,279	16,144	9,922
2°	13-14	6,196	-5,674	-8,263	-19,451	19,943	8,765	-10,856	-17,077	17,350	11,429
	14-14'	5,936	-5,936	-5,895	-17,084	17,084	5,895	-8,378	-14,599	14,599	8,378
	14'-13'	6,969	-4,903	-7,051	-18,24	20,121	8,936	-10,09	-16,315	17,078	10,857
1°	15-16	6,196	-5,674	-7,7	-18,888	19,38	8,192	-10,293	-16,511	16,787	10,566
	16-16'	5,936	-5,936	-5,926	-17,114	17,114	5,926	-8,408	-14,629	14,629	8,408
	16'-15'	5,674	-6,196	-9,733	-20,921	20,429	9,211	-16,107	-18,328	18,755	11,834

Efforts franchants dans les poutres

Portique transversal (4-4)

NIV	Trame	G+1,2P		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
8°	1-2	5,715	-4,844	3,586	-6,7	7,543	-2,732	1,881	-5,255	5,843	-1,293
	2-2'	5,279	-5,279	3,372	-6,914	6,914	-3,372	1,797	-5,339	5,339	-1,797
	2'-1'	5,497	-5,062	3,055	-7,231	7,599	-2,607	1,809	-5,826	5,826	-1,282
7°	3-4	4,051	-2,972	-0,6	-7,247	8,24	1,593	-2,285	-0,1	6,55	2,74
	4-4'	6,652	-10,995	2,396	-13,912	9,964	-6,344	-0,728	-8,402	6,842	-0,824
	4'-3'	6,297	-5,516	1,446	-9,744	10,4	-0,79	-1,894	-7,452	7,720	1,458
6°	5-6	4,035	-2,985	-3,513	-10,157	11,123	4,479	-5,196	-3,004	9,44	5,632
	6-6'	6,644	-11,007	9,094	-16,214	16,252	-4,076	-3,026	-10,699	9,123	1,458
	6'-5'	6,284	-5,588	-1,408	-12,598	13,23	2,04	-4,08	-10,205	10,572	4,335
5°	7-8	4,035	-2,985	-5,921	-12,565	13,531	0,887	-7,604	-11,412	11,848	8,04
	8-8'	6,644	-11,007	-1,841	-18,148	14,187	-2,121	-4,959	-12,635	11,068	3,393
	8'-7'	6,284	-5,588	-8,59	-14,78	15,412	4,222	-6,263	-12,485	12,729	6,512
4°	9-10	4,035	-2,985	-7,707	-14,351	15,317	8,673	-9,389	-13,198	13,624	9,826
	10-10'	6,644	-11,007	-3,704	-20,012	16,05	-0,258	-6,823	-14,498	12,931	5,256
	10'-9'	6,284	-5,588	-5,842	-17,032	17,664	6,474	-9,515	-14,717	14,991	8,769
3°	11-12	4,035	-2,985	-9,212	-15,856	16,822	10,178	-10,895	-14,703	15,129	11,381
	12-12'	6,644	-11,007	-9,401	-20,709	18,747	0,439	-7,519	-15,125	13,628	5,953
	12'-11'	6,284	-5,588	-6,74	-17,91	18,562	7,372	-9,418	-15,635	15,889	9,647
2°	13-14	4,035	-2,985	-10,298	-16,942	17,908	11,264	-11,981	-15,789	16,225	12,411
	14-14'	6,644	-11,007	-5,316	-21,624	17,662	1,354	-8,486	-16,109	14,543	6,868
	14'-13'	6,284	-5,588	-7,475	-18,865	19,497	8,307	-10,348	-16,57	16,824	10,602
1°	15-16	4,035	-2,985	-9,735	-16,378	17,345	10,701	-11,418	-15,226	15,662	11,854
	16-16'	6,644	-11,007	-5,302	-21,654	17,692	1,394	-8,465	-16,139	14,573	6,898
	16'-15'	5,607	-6,264	-9,782	-20,981	20,37	9,181	-12,121	-18,343	18,041	11,819

Moments dans les Poteaux

Poztique t zansversal

(2-2) ou (3-3)

NIV	Poteaux	G + 1,2P		0,86 + 5I		0,86 + 5I		G + 2 + 1,25I		G + P + 1,25I	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
3	1	0,938	-0,672	4,469	-2,51	-3,201	1,806	5,516	-3,223	-3,678	1,957
	2	0,155	0	6,302	-2,409	-6,092	2,409	7,587	-2,891	-7,215	2,891
	3	0,155	0	6,302	-2,409	-6,092	2,409	7,587	-2,891	-7,285	2,891
	4	1,355	-2,658	5,395	-2,12	-4,395	0,154	7,068	-3,784	-4,584	-1,056
7	1	0,758	-0,731	7,087	-5,860	-6,093	5,094	8,742	-7,261	-7,374	5,183
	2	0	0	10,834	-6,637	-10,834	6,637	13,001	-7,964	-13,001	7,964
	3	0	0	10,834	-6,637	-10,834	6,637	13,001	-7,964	-13,001	7,964
	4	2,992	-2,889	9,017	-5,326	-6,803	3,188	12,216	-7,738	-6,767	2,478
6	1	0,731	-0,731	9,880	-8,466	-9,114	7,699	12,015	-10,389	-10,707	9,011
	2	0	0	14,638	-10,605	-14,638	10,605	17,566	-12,726	-17,566	12,726
	3	0	0	14,638	-10,605	-14,638	10,605	17,566	-12,726	-17,566	12,726
	4	2,889	-2,889	11,791	-7,927	-9,653	5,789	15,496	-10,859	-10,236	5,599
5	1	0,731	-0,731	12,318	-10,541	-11,552	9,775	15,011	-12,899	-13,633	11,501
	2	0	0	17,433	-14,279	-17,433	14,279	20,919	-17,125	-20,919	17,125
	3	0	0	17,433	-14,279	-17,433	14,279	20,919	-17,125	-20,919	17,125
	4	2,889	-2,889	13,442	-10,787	-11,304	8,650	17,478	-14,293	-12,118	9,033
4	1	0,731	-0,731	13,233	-13,233	-12,467	12,467	16,109	-16,109	-14,731	14,731
	2	0	0	20,291	-16,611	-20,291	16,611	24,349	-19,933	-24,349	19,933
	3	0	0	20,291	-16,611	-20,291	16,611	24,349	-19,933	-24,349	19,933
	4	2,889	-2,889	15,201	-12,578	-13,063	10,44	19,588	-16,441	-14,328	11,189
3	1	0,731	-0,731	14,587	-14,587	-13,821	13,821	17,734	-17,734	-16,356	16,356
	2	0	0	20,397	-20,397	-20,397	20,397	24,476	-24,476	-24,476	24,476
	3	0	0	20,397	-20,397	-20,397	20,397	24,476	-24,476	-24,476	24,476
	4	2,889	-2,889	15,273	-15,273	-13,935	13,935	19,675	-19,675	-14,415	14,415
2	1	0,731	-0,731	15,433	-15,433	-14,667	14,667	18,749	-18,749	-17,371	17,371
	2	0	0	19,815	-23,411	-19,815	23,411	23,778	-23,09	-23,778	23,09
	3	0	0	19,815	-23,411	-19,815	23,411	23,778	-23,09	-23,778	23,09
	4	2,889	-0,731	14,311	-17,24	-17,24	16,470	18,52	-20,917	-17,260	19,539
1	1	0,731	-1,086	12,566	-24,234	-11,799	23,078	15,308	-23,412	-17,921	27,362
	2	0	-0,178	16,905	-27,658	-16,905	27,468	20,286	-33,205	-20,286	32,907
	3	0	-0,178	16,905	-27,658	-16,905	27,468	20,286	-33,245	-20,286	32,907
	4	0,731	-1,086	16,950	-20,648	-15,784	19,494	19,609	-25,71	-18,231	23,067

Moments dans les Poteaux

Poztique 4-4 t zonsversal

Niv	Poteau	G+1,2P		0,8G + 5I		0,8G + 5I		G+2+1,25I		G+2+1,25I	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
6	1	0,938	-0,397	4,469	-2,373	-3,201	1,943	5,516	-2,966	-3,688	2,214
	2	0,155	-0,944	6,302	-2,752	-6,09	2,066	7,587	-3,749	-7,285	2,633
	3	0,155	-0,171	6,302	-2,445	-6,092	2,373	7,587	-3,041	-7,285	2,741
	4	0,187	-1,066	5,081	-1,500	-4,629	0,774	6,622	-2,328	-5,04	0,409
7	1	0,448	-0,432	6,933	-5,711	-6,447	5,243	8,452	-6,981	-7,604	6,163
	2	1,036	-1,036	11,22	-7,014	-10,448	6,260	13,967	-8,901	-12,035	7,022
	3	0,183	-0,187	10,875	-6,676	-10,793	6,598	13,169	-8,128	-13,832	7,300
	4	1,199	-1,159	9,318	-4,651	-7,502	3,863	10,516	-6,156	-8,408	4,060
6	1	0,432	-0,432	9,721	-8,317	-9,203	7,849	11,805	-10,203	-10,987	9,291
	2	1,036	-1,036	15,015	-10,982	-14,261	10,228	18,502	-13,668	-16,629	11,784
	3	0,187	-0,187	14,677	-10,044	-14,593	10,526	17,723	-12,89	-17,402	12,562
	4	1,159	-1,159	11,116	-7,252	-10,328	6,464	12,314	-9,278	-11,818	7,122
5	1	0,432	-0,432	12,169	-10,793	-14,701	9,924	14,721	-12,589	-13,923	11,781
	2	1,036	-1,036	17,809	-14,656	-17,056	12,902	24,862	-18,077	-19,978	16,193
	3	0,187	-0,187	17,420	-14,318	-17,394	14,239	21,084	-17,299	-20,756	16,971
	4	1,159	-1,159	12,767	-10,113	-12,979	9,325	15,896	-12,711	-13,799	10,695
4	1	0,432	-0,432	13,084	-12,020	-12,616	12,616	-15,829	-12,829	-15,011	15,011
	2	1,036	-1,036	20,668	-16,977	-19,914	16,214	25,281	-20,827	-23,407	18,991
	3	0,187	-0,187	20,770	-16,65	-20,252	12,572	24,513	-20,097	-24,185	19,769
	4	1,159	-1,159	14,526	-11,903	-13,738	11,115	18,006	-14,859	-15,911	12,763
3	1	0,432	-0,432	14,433	-14,433	-13,919	13,963	17,454	-17,459	-16,636	16,636
	2	1,036	-1,036	20,774	-20,774	-20,02	20,02	25,418	-25,418	-23,534	23,534
	3	0,187	-0,187	20,436	-20,436	-20,358	20,358	24,640	-24,640	-24,312	24,312
	4	1,159	-1,159	14,598	-14,598	-13,809	13,809	18,093	-18,093	-15,997	15,997
2	1	0,432	-0,432	15,284	-15,284	-14,816	14,816	18,469	-18,469	-17,659	17,659
	2	1,036	-1,036	20,192	-23,797	-19,438	23,034	24,720	-29,035	-22,936	27,957
	3	0,187	-0,187	19,854	-23,450	-19,716	23,372	23,942	-28,254	-23,614	27,929
	4	1,159	-0,731	13,636	-17,240	-12,848	16,474	16,938	-20,917	-14,842	19,539
1	1	0,432	-1,086	12,417	-24,234	-12,949	23,078	15,029	-29,412	-14,211	27,362
	2	1,036	-0,179	17,282	-27,658	-16,528	27,468	21,228	-33,245	-19,344	32,507
	3	0,187	-0,179	16,944	-27,658	-16,966	27,468	20,450	-33,245	-20,122	32,507
	4	0,731	-1,086	16,150	-20,649	-15,374	19,494	19,609	-25,41	18,231	23,061

Efforts normaux
dans les poteaux

Portique transversal (4-4)

NIV	Poteau	$G + 1,2P$		$0,86 + 5I^0$		$0,86 + 5I$		$G + P + 1,25I$		$G + P + 1,25I$	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
8	1	9,844	4,844	1,293	1,293	5,255	5,255	2,342	2,342	7,096	7,096
	2	10,994	10,994	7,640	7,640	7,220	7,220	10,962	10,962	10,458	10,458
	3	10,392	10,342	6,621	6,621	7,623	7,623	9,501	9,501	10,703	10,703
	4	8,501	8,501	7,641	7,641	3,097	3,097	10,929	10,929	5,417	5,417
7	1	2,970	7,817	-2,74	-7,447	6,100	11,355	-2,477	-0,135	8,131	15,227
	2	15,051	26,045	7,384	15,024	6,112	13,332	14,711	25,673	13,185	23,643
	3	12,227	22,569	5,344	11,965	6,723	14,353	10,695	20,116	12,279	22,982
	4	12,390	20,892	10,394	18,035	1,489	4,537	16,930	27,859	6,186	11,662
6	1	2,985	10,802	-5,632	-7,079	9,004	20,358	-5,943	-6,078	11,621	26,848
	2	15,042	41,087	7,982	23,01	5,504	18,837	15,417	41,10	12,453	36,096
	3	12,233	34,802	4,798	16,764	7,278	21,632	9,964	30,08	12,94	35,922
	4	12,377	33,269	13,231	31,266	-7,407	3,129	20,329	48,189	-2,763	14,425
5	1	2,985	13,788	-8,09	-15,12	11,412	31,769	-8,838	-14,91	14,51	41,358
	2	15,042	56,129	8,455	31,462	5,031	23,868	15,994	57,094	11,886	47,982
	3	12,233	47,035	4,517	21,315	7,525	29,157	8,668	39,747	13,236	49,158
	4	12,377	45,446	15,413	46,679	-3,589	-0,459	22,947	71,136	0,145	14,57
4	1	2,985	16,773	-9,226	-24,948	13,198	44,967	-10,975	-25,985	16,653	58,071
	2	15,042	71,17	8,378	39,84	5,108	28,976	15,902	72,996	11,978	59,959
	3	12,233	59,267	4,162	25,477	7,914	37,07	9,201	48,949	13,703	62,867
	4	12,377	58,023	17,665	64,349	-5,841	-6,30	25,649	96,785	-2,558	12,013
3	1	2,985	19,758	-11,311	-36,278	14,703	59,67	-12,781	-32,667	18,459	76,471
	2	15,042	86,214	9,186	49,026	4,300	33,276	16,872	89,867	11,01	70,968
	3	12,233	71,500	3,961	29,438	8,115	45,198	8,959	57,907	13,944	76,907
	4	12,377	70,101	18,563	32,907	-6,739	-13,039	26,727	123,513	-3,635	8,371
2	1	2,985	22,744	-12,417	-48,685	15,789	75,459	-14,085	-52,751	19,763	96,233
	2	15,042	107,256	9,357	58,383	4,129	37,405	17,077	100,305	10,803	81,77
	3	12,233	83,733	3,941	33,380	8,135	53,328	8,936	66,844	13,968	90,774
	4	12,377	82,778	19,498	102,405	-7,674	-20,713	27,849	157,362	-4,757	3,620
1	1	2,985	25,729	-13,854	-60,549	15,286	90,684	-13,909	-66,116	19,087	115,32
	2	15,032	116,287	8,764	67,148	4,722	42,128	16,365	123,37	11,515	93,28
	3	12,908	96,641	2,755	36,135	9,879	63,201	7,789	79,642	16,347	107,122
	4	5,607	98,385	18,041	120,446	-12,121	-32,834	23,386	174,748	-12,808	-9,188

Efforts normaux dans les Poteaux

Portique transversal (2-2) ou (3-3)

N°V	Poteau	G+1,2P		0,8G+S _I		0,8G+S _I		G+P+1,2S _I		G+P+1,2S _I	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
3	1	4,841	4,841	1,291	1,291	5,253	5,253	2,339	2,339	7,093	7,093
	2	10,994	10,994	7,640	7,640	7,220	7,220	10,962	10,962	10,458	10,458
	3	10,870	10,870	6,509	6,509	7,541	7,541	9,918	9,918	11,12	10,12
	4	11,833	11,833	9,634	9,634	5,09	5,09	14,12	14,12	8,669	8,669
7	1	5,665	10,506	-2,45	-0,16	7,389	12,642	0,035	2,374	10,643	17,736
	2	12,143	23,137	7,00	14,640	5,728	12,948	12,21	23,77	10,68	27,139
	3	10,819	21,689	5,146	11,656	6,532	14,04	9,40	19,32	11,064	22,180
	4	10,141	30,991	13,210	22,842	1,253	9,344	23,147	37,269	12,403	21,071
6	1	5,674	16,18	-4,344	-4,505	10,292	22,933	-3,434	-1,059	14,119	37,866
	2	12,132	35,269	7,597	22,238	5,113	18,062	12,922	36,092	9,948	37,038
	3	10,838	32,523	4,589	16,255	7,079	21,123	8,760	28,078	11,736	33,919
	4	19,128	50,109	16,049	38,891	1,411	10,755	26,542	63,811	8,976	30,047
5	1	5,674	21,854	-6,752	-11,257	12,699	35,633	-6,323	-7,383	17,019	18,885
	2	12,132	47,402	8,070	30,308	4,646	22,744	13,488	49,581	9,281	40,469
	3	10,839	43,369	4,352	20,607	7,326	28,449	8,464	36,542	12,032	45,952
	4	19,128	69,237	17,230	57,723	-0,771	9,985	29,760	92,971	6,358	36,405
4	1	5,674	27,528	-8,538	-19,795	14,486	50,119	-8,466	-15,849	19,162	68,047
	2	12,132	59,535	7,993	38,302	4,723	27,438	13,397	62,978	9,473	49,942
	3	10,838	54,202	3,963	24,570	7,795	30,164	7,997	44,539	12,499	58,459
	4	19,128	88,365	20,483	77,606	-3,023	6,962	27,863	124,833	3,655	40,069
3	1	5,674	33,203	-10,04	-29,839	15,991	66,109	-10,272	-26,122	20,968	89,016
	2	12,132	71,667	8,801	47,103	3,915	37,353	14,267	77,345	8,503	58,485
	3	10,838	65,04	3,762	28,331	7,916	44,081	7,756	52,293	12,740	71,993
	4	19,128	107,494	21,381	98,987	-3,921	3,041	32,94	157,774	2,578	42,638
2	1	5,674	38,877	-11,129	-40,969	17,077	83,186	-11,576	-37,697	22,272	119,287
	2	12,132	83,799	8,932	56,075	3,744	35,097	14,572	91,917	8,298	66,743
	3	10,838	75,818	3,742	32,075	7,936	52,017	7,732	60,026	12,764	83,956
	4	19,128	126,642	22,316	121,304	-4,856	-1,814	34,062	191,836	1,456	44,094
1	1	5,674	44,551	-10,566	-59,536	16,514	99,695	-10,90	-48,591	19,596	132,822
	2	12,132	95,932	8,379	64,915	11,337	39,435	13,86	108,77	9,01	75,753
	3	12,132	88,01	2,796	34,871	9,920	61,937	7,167	67,186	15,709	99,666
	4	5,674	132,296	18,055	139,351	-12,107	-13,922	23,445	215,281	-12,749	37,345

Ferraillage des portiques

Prescription. (R.P.A. 81):

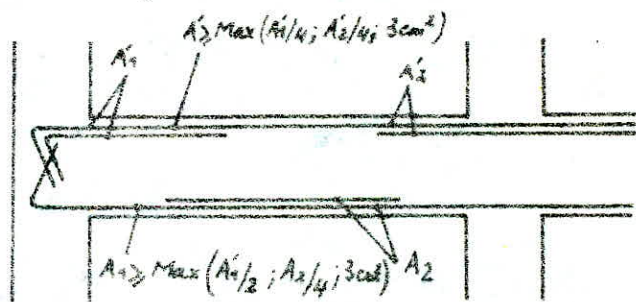
Notre bâtiment étant constitué par une ossature auto-stable, donc toutes les prescriptions relatives à ce type d'ossature en zone II (Art 4-2, R.P.A. 81) doivent être respectées.

Art 4-2, R.P.A. 81:

A / Poutres:

A.1. Armatures longitudinales:

- Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 0,3% pour les aciers à haute adhérence et de 0,5% pour les aciers doux.
- Le pourcentage total maximum des aciers longitudinaux doit être de 2,5%.
- Les poutres supportant les charges verticales des planchers doivent comporter des armatures filantes supérieures et inférieures d'une section minimale indiquée sur la figure suivante:



- Les poutres de faibles charges verticales et sollicitées principalement par les forces latérales sismiques doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section sur appui.
- Les jonctions par recouvrement doivent pouvoir équilibrer la force de traction maximale des barres.

A.2. Espacement:

L'espacement maximum entre les armatures transversales doit être déterminé comme suit :

- Dans la zone nodale et en travée si les armatures comprimées sont nécessaires

$$t \leq \min (h/4 ; 12\phi ; 90 \text{ cm}).$$

- En dehors de la zone nodale : $t \leq h/2$.

avec ϕ : le plus petit diamètre calculé.

A.3: Armatures transversales:

La quantité minimale doit être de : $A_t = 0,003 . t . b$.

B1 Poteaux:

B.1: Armatures longitudinales.

- Les armatures longitudinales doivent être des barres à haute adhérence.

- Les barres verticales doivent être droites sans crochets.

- Le pourcentage minimum est de 1% en zone II, sans toute fois dépasser 4%.

- Le diamètre minimum est de 14mm en zones II et III.

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

- Les jonctions par recouvrement doivent être faites, si possible, à l'extérieur des zones des nœuds.

B.2: Armatures transversales:

elles sont calculées avec la formule : $A_t = \frac{1,25 . T . t}{h . \sigma_{ct}}$

où : T = 2 fois l'effort tranchant de calcul

si l'élanement dans la direction considérée est ≥ 15 .

T = 3 fois l'effort tranchant de calcul si l'élanement dans la direction considérée est < 15 .

La quantité d'armatures transversales minimale est donnée par : $A_t = 0,004 s . b$ en zone II.

B.3: Espacement:

L'espacement maximum est donné par:

- Dans la zone nodale (y compris la hauteur du nœud):

$$t \leq \min(10 \phi_2, 15 \text{ cm}) \longrightarrow \text{en zone II.}$$

- Dans la zone courante:

$$t < 12 \phi_2 \longrightarrow \text{en zone II.}$$

ϕ_2 : le plus petit diamètre des armatures longitudinales.

Ferraillage des poutres

Introduction:

Conformément à l'article A15 du C.C.B.A. 68, les poutres seront calculées en flexion simple et il ne sera pas tenu compte des efforts normaux dans celle-ci.

Elles seront ferraillées sous les sollicitations pondérées calculées précédemment. La section d'acier sera calculée sous la sollicitation du 1^{er} genre (SP_1) et sous la plus défavorable des sollicitations du 2^{ème} genre (SP_2).

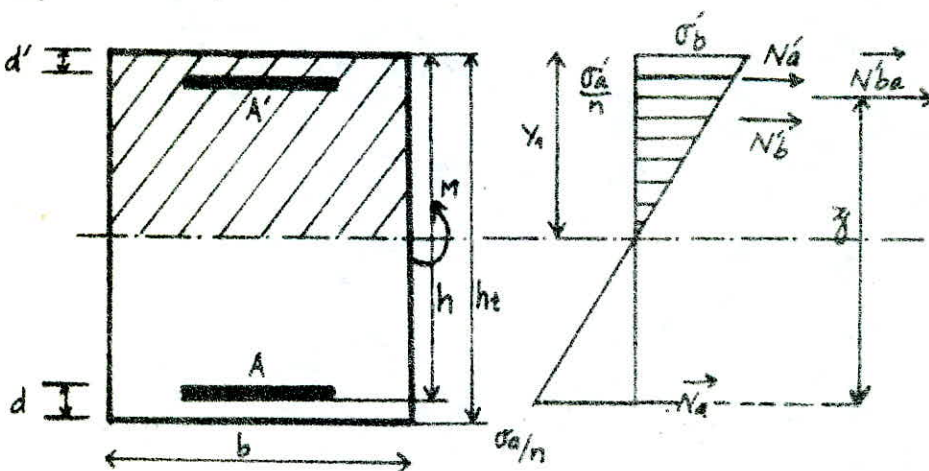
- sollicitation du 1^{er} genre: $G + 1,2P$.

- sollicitation du 2^{ème} genre: $G + P + \overleftrightarrow{SI}$; $0,8G + \overleftrightarrow{SI}$.

Si le moment sous SP_1 augmenté de 5% est supérieur au moment sous SP_2 , on calculera et on vérifiera la section d'armatures sous SP_1 . Dans le cas contraire le calcul sera fait sous SP_2 .

Méthode de calcul des armatures et contraintes en flexion simple:

Ce calcul sera fait sous forme d'organigramme pour être exploité après pour faire des programmes sur calculatrice.



calcul des armatures

M: moment ext

$\bar{\sigma}_b, \bar{\sigma}_a$

b, d, h, d', ht

$\bar{K} = \bar{\sigma}_a \div \bar{\sigma}_b$

$\alpha = 15 \cdot (\bar{K} + 15)$

$\epsilon = 1 - (\alpha \div 3)$

$H' = (\epsilon \times \alpha) \div 2$

$M_{rn} = H' \cdot b \cdot h^2 \cdot \bar{\sigma}_b$

Decision: $M_{rn} > M_{ext}$

OUI

$\xi = 7 \times h \div 8$

$A = M \div (\xi \bar{\sigma}_a)$

FIN

NON

$\Delta M = M - M_{rn}$

$\bar{\sigma}_a = K \cdot \bar{\sigma}_b$

$\delta' = d' \div h$

$\bar{\omega} = 100 \times \alpha \div (2 \bar{K})$

$\bar{\sigma}_a' = N(\alpha - \delta') \bar{\sigma}_b \text{ ou}$

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

$A = \bar{\omega} b h \div 100 + \Delta M \div (\bar{\sigma}_a' (h - d'))$

calcul des contraintes.

Decision: $M_{rn} > M_{ext}$

α

$D = 15(A + A') \div b$

$E = 30(A'd + Ah) \div b$

$Y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}$

$I = bY_1^3 \div 3 + N(A'(Y_1 - d')^3 + 15A(h - Y_1)^2)$

$K = M \div I$

$\bar{\sigma}_b = KY_1$

$\bar{\sigma}_a' = 15K(Y_1 - d')$

$\bar{\sigma}_a = 15K(h - Y_1)$

α

résoudre $bY_1^3 + 3NA(h - Y_1)^2 = 0$

$I = bY_1^3 \div 3 + NA(h - Y_1)^2$

$\bar{\sigma}_b = M \cdot Y_1 \div I$

$\bar{\sigma}_a = n \cdot M \cdot (h - Y_1) \div I$

FIN

Calcul des armatures transversales:

La quantité minimale d'acier est donnée par: $A_t = 0,003 \cdot t \cdot b$ avec

t : espacement et b : largeur de la poutre.

a. Contrainte de cisaillement max:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z}$$

b : largeur de la poutre.

$$z = \frac{7}{8} \cdot h$$

b. Contrainte de cisaillement admissible:

$$\text{si } \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b0} \rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \cdot \bar{\sigma}_b$$

$$\text{si } \bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_{b0} \rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}}\right) \cdot \bar{\sigma}_b$$

si $\tau_b \leq \bar{\tau}_b \rightarrow$ on utilise des cadres et des étriers droits.

si $\bar{\tau}_b < \tau_b \leq 5 \bar{\tau}_b \rightarrow$ on utilise des cadres et des étriers droits plus des barres obliques.

c. Contrainte admissible des armatures transversales:

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

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

d. Espacement:

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

e. Espacement admissible:

$$\bar{t} \leq \min\left(\frac{h}{4}; 12 \phi; 30 \text{ cm}\right) \text{ en zone nodale ou en travée avec armatures comprimées.}$$

$$\bar{t} \leq \frac{h}{2} \text{ en dehors de la zone nodale.}$$

Remarque: On disposera les cours d'armatures transversales selon la figure?
(R.P.A. 81 page 47).

Vérifications:

1. Condition de la fleche: (Art 61.91, CCBA68).

- $ht \geq l/16$.
- $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0} \cdot l$.
- $A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{\sigma_{en}}$.

Pour chaque type de poutre, si les conditions sont vérifiées, il est inutile de faire une vérification de la fleche.

2. Condition de non fragilité: (Art 52-1, CCBA68).

Pour les poutres fléchies on doit avoir:

$$A \geq b \cdot h \cdot \eta_4 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \cdot \left(\frac{ht}{h}\right)^2 \quad \eta_4 = 0,54 \text{ (aciers écrouis)}$$

3. Conditions aux appuis: (Art 35-32, CCBA68).

- béton: l'effort tranchant T^{\max} crée des efforts de compression dans la bielle de béton inclinée à 45° . Pour que $\sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b0}$ on doit avoir:

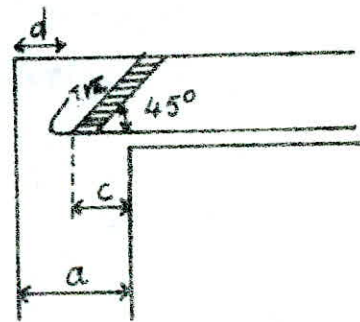
$$c \geq \frac{2T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}'_{b0}} = c_0$$

T = effort tranchant max aux appuis.

c = distance du nu de l'appui au point où commence l'ancrage de l'armature inférieure

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

a : largeur du poteau; r = rayon de courbure, ($r = 1,5 \phi$) $n = 5 \phi$.



- Armatures inférieures:

la section minimale des armatures de traction inférieures, qui doivent être conduites jusqu'à cet appui et ancrées totalement au delà, doit être susceptible d'équilibrer un effort admissible égal à $T + \frac{M}{3}$ c.à.d. on doit vérifier: $A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$.

4. Pourcentage des aciers longitudinaux (R.P.A. 81):

- poutres longitudinales:

$$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \rightarrow 4,44 \leq A \leq 37 \text{ cm}^2 \text{ pour notre cas.}$$

- poutres transversales:

$$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \rightarrow 5,64 \text{ cm}^2 \leq A \leq 47 \text{ cm}^2 \text{ pour notre cas.}$$

5. Condition de non entrainement des barres (Art 20.11, CCBA 68):

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

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b \quad ; \quad \psi_d = 1,5 \text{ pour l'acier HA.}$$

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot p \cdot z}$$

où: $T =$ effort tranchant max.

$p =$ périmètre de la barre. = $6,283$

$n =$ nombre de barres. = 4

6. Condition de non fissuration:

On doit vérifier que: $\max(\sigma_1; \sigma_2) \leq \bar{\sigma}_a$

$$\sigma_1 = \frac{K \cdot \eta \cdot \bar{\omega}_f}{\phi(1 + 10 \bar{\omega}_f)}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\eta \cdot \frac{K}{\phi} \cdot \bar{\sigma}_b}$$

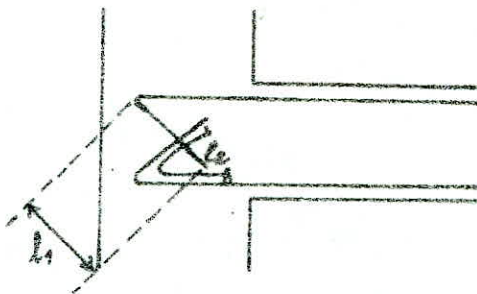
7. Ancrage:

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

(RPA 81, page 47).

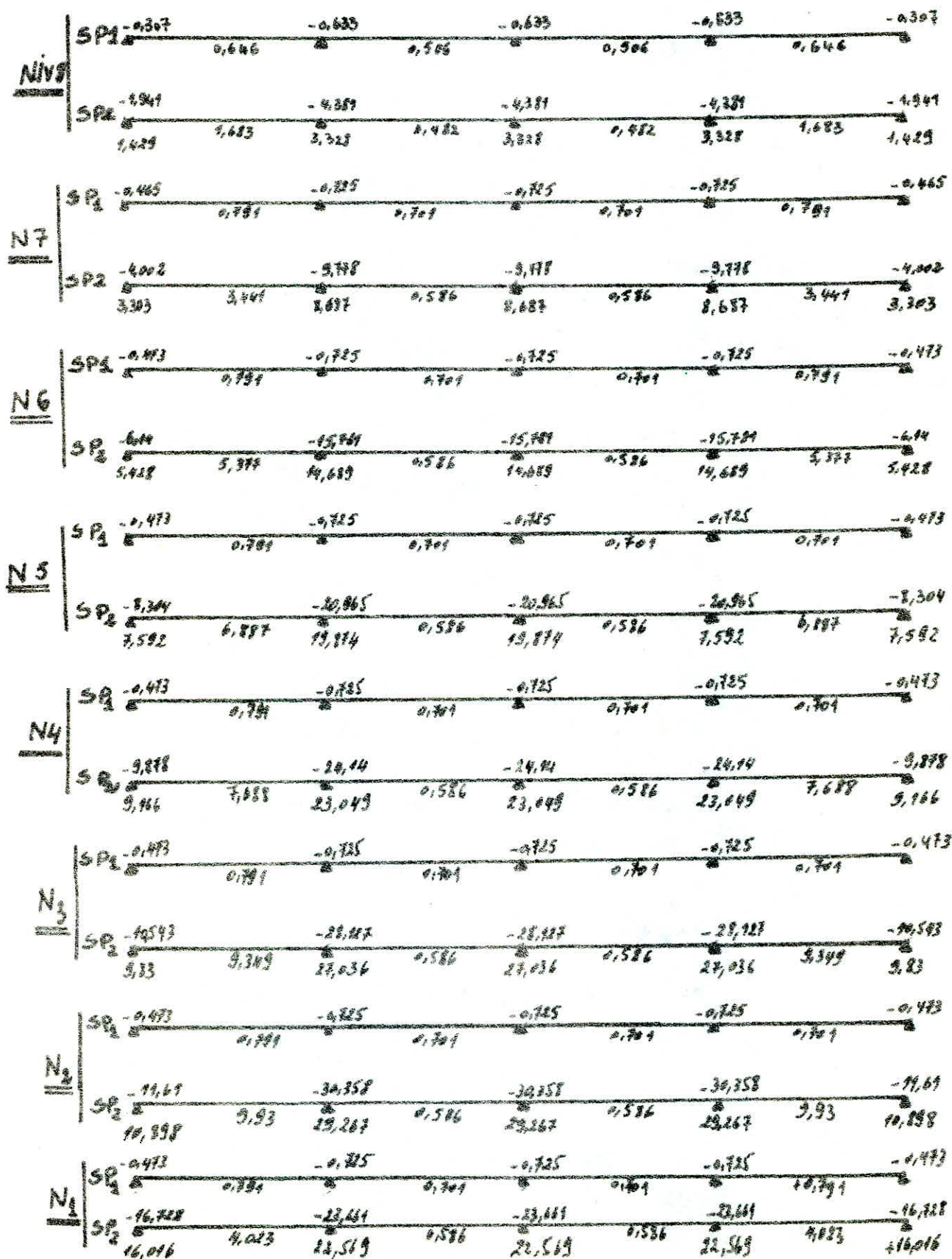
$$l_1 \geq 20 \phi$$

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



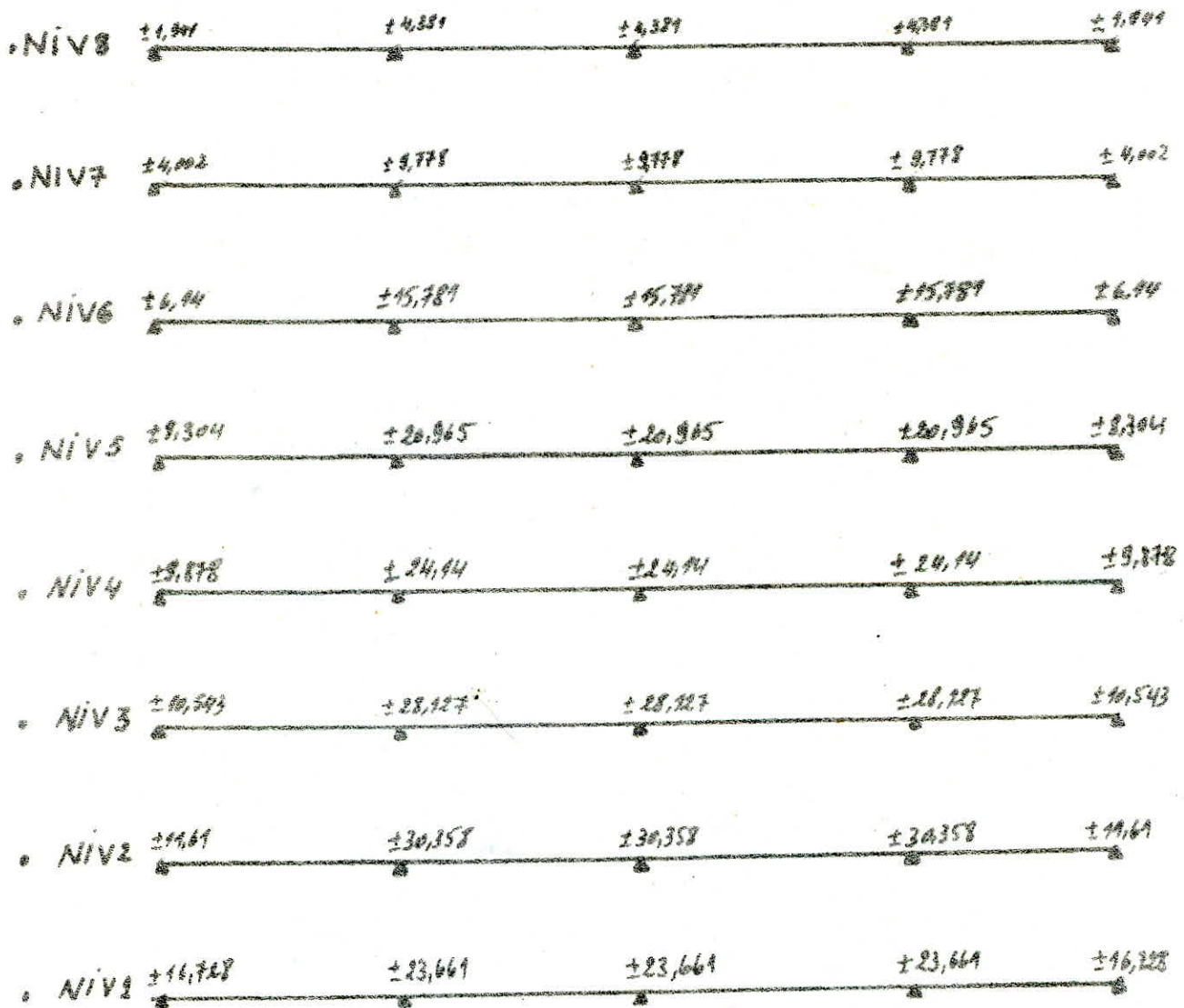
Portique Longitudinal 7-7

. Présentation des moments :



Etant donné que les poutres longitudinales ne sont pas porteuses des charges verticales et elles ne sont sollicitées principalement que par les forces latérales pismiques, donc elles doivent avoir des armatures symétriques. Ainsi que les moments en travée sont très faibles par rapport aux moments sur appuis donc on calcule seulement les armatures sur appuis avec le moment max en valeur absolue et on adoptera une section en travée égale au moins à la moitié des armatures sur appuis (RPA81 - Art 4-2-3-2).

• Moments de calcul (SP2)

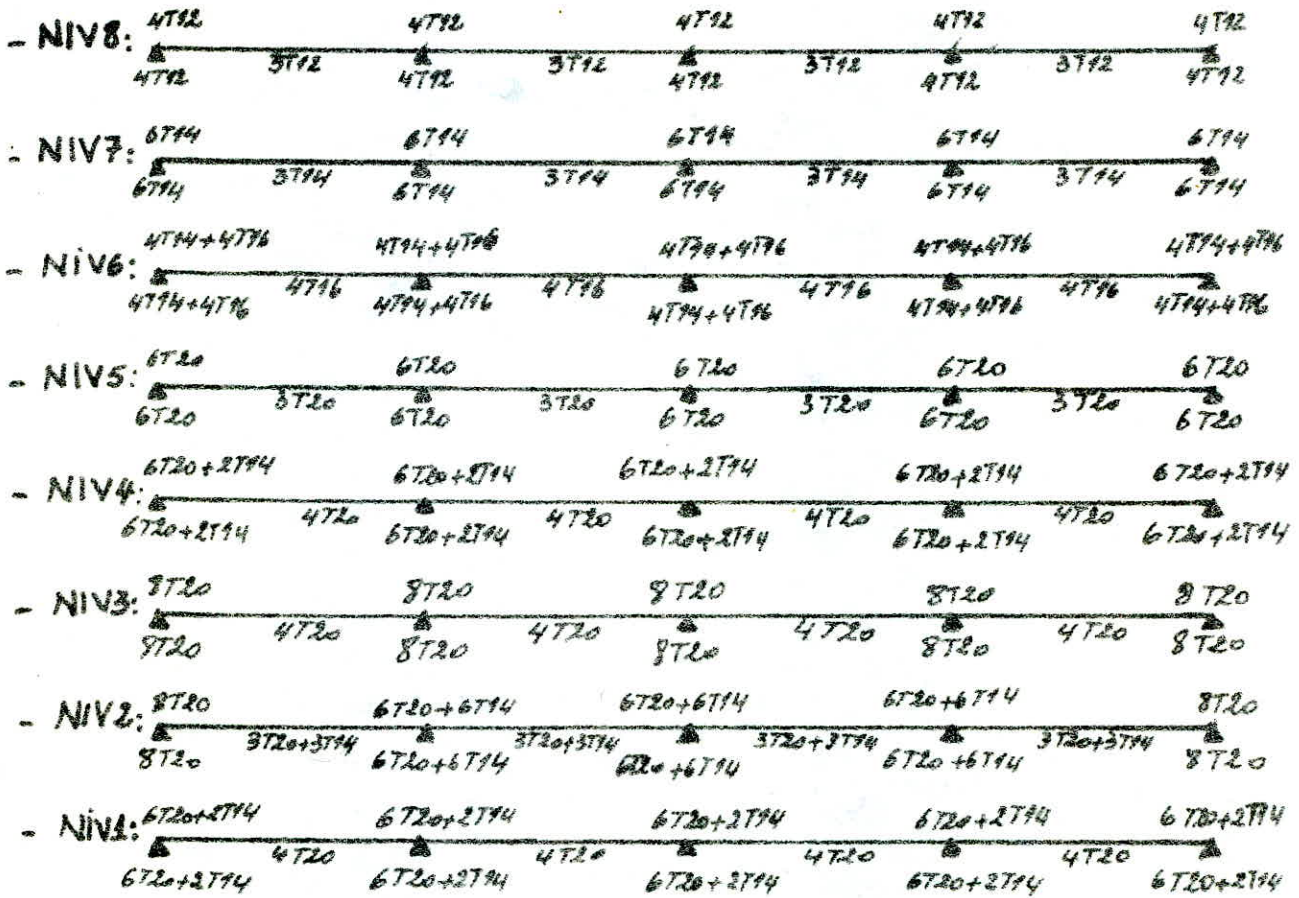


sections d'aciers aux appuis :

$$b = 40 \text{ cm} ; h_t = 40 \text{ cm} ; d = d' = 3 \text{ cm} ; h = 37 \text{ cm} .$$

NIV	Section	M (t.m)	μ	E	K	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	$\frac{A_{cal}}{A_{adm}}$	A _{adep}	ϕ
8	1;5	1,941	0,0126	0,950	95	49,41	0 / 9,315	4,52	4T12
	2;3;4	4,381	0,0286	0,927	53,5	78,5	0 / 3,041	4,52	4T12
7	1;5	4,002	0,0261	0,9299	56,45	74,4	0 / 2,769	9,23	6T14
	2;3;4	9,778	0,0637	0,8957	32,96	127,43	0 / 7,025	9,23	6T14
6	1;5	6,14	0,040	0,9150	43,80	95,89	0 / 4,318	14,2	4T14 + 4T16
	2;3;4	15,781	0,1029	0,8729	24,29	172,91	0 / 11,63	14,2	4T14 + 4T16
5	1;5	8,304	0,0541	0,9029	36,50	115,07	0 / 5,918	18,84	6T20
	2;3;4	20,965	0,1367	0,8576	20,10	208,95	0,619 / 15,83	18,84	6T20
4	1;5	9,878	0,0644	0,8953	32,75	128,24	0 / 7,099	21,92	6T20 + 2T14
	2;3;4	24,14	0,1574	0,8497	18,26	230,01	4,36 / 19,67	21,92	3T14 / 6T20 + 2T14
3	1;5	10,543	0,0687	0,8924	31,45	133,54	0 / 3,602	25,13	8T20
	2;3;4	28,127	0,1834	0,8410	16,46	255,16	9,07 / 24,38	25,13	4T20 / 8T20
2	1;5	11,61	0,0757	0,8879	29,60	141,89	0 / 8,475	25,13	8T20
	2;3;4	30,358	0,1979	0,8364	15,55	270,09	11,70 / 27,01	12,56 / 23,07	4T20 / 6T20 + 6T19
1	1;5	16,728	0,1090	0,8698	23,4	179,48	0 / 22,37	21,92	6T20 + 2T14
	2;3;4	23,662	0,1543	0,8507	18,48	227,27	3,802 / 19,11	4,62 / 21,92	3T14 / 6T20 + 2T14

sections d'aciers adoptées :



Verifications:

1/ Verification de la flèche :

$$- h_t = 40 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{3,05 \cdot 10^2}{16} = 19,06 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifié}$$

$$- h_t = 40 \text{ cm} > \frac{l}{10} = \frac{3,05 \cdot 10^2}{10} = 30,5 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifié}$$

- $A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{500}$, les poutres ont la même section dans tous les niveaux donc il suffit de la vérifier pour la plus grande section d'acier en travée de tous les niveaux car si elle est vérifiée pour cette section elle est également vérifiée pour toutes les autres sections :

$$A^{\text{max}} = 3T20 + 3T94 = 14,04 \text{ cm}^2 \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{500} = 45,15 \rightarrow \text{vérifié}$$

4/ Vérification de la fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2b \cdot d} \quad ; \quad K = 1,5 \cdot 10^6 \rightarrow \text{fissuration peu nuisible}$$

$$\eta_s = 1,6 \rightarrow \text{H.A.}$$

NIV	A (cm ²)	$\bar{\omega}_f$	σ_1	σ_2	Vérifi	Achoisie
8	4,52	0,0188	3164,90	3192,99	Oui	—
	3,39	0,0141	2471,5	3192,99	Oui	—
7	9,23	0,0380	3478,26	2956,13	Oui	—
	4,62	0,0192	2761,26	2956,13	Oui	—
6	14,2	0,0590	5566	2765,21	Oui	—
	8,04	0,0335	3764,04	2765,21	Oui	—
5	18,84	0,0780	5258,4	2765,21	Oui	—
	9,42	0,0392	3379,3	2765,21	Oui	—
4	21,92	0,091	5717,2	2765,21	Oui	—
	12,56	0,0523	4120,81	2765,21	Oui	—
3	25,13	0,1040	6117,6	2765,21	Oui	—
	12,56	0,0523	4120,81	2765,21	Oui	—
2	28,07	0,1100	6285,71	2765,11	Oui	—
	14,04	0,0585	4429,02	2765,11	Oui	—
1	21,92	0,0910	5717,2	2765,11	Oui	—
	12,56	0,0523	4120,81	2765,11	Oui	—

5/ Vérification des contraintes

NIV	Soll	Secti	M	A	A'	\bar{w}	ϵ	K	θ	I	γ	$\bar{\sigma}_a$	$\bar{\sigma}'_a$	$\bar{\sigma}'_b$
8	SP2	1,5	1,941	4,52	/	0,305	0,9932	42,6	/	/	/	1270,9	/	29,85
	SP2	2,3,4	4,381	4,52	/	0,305	0,9932	42,6	/	/	/	2868,6	/	67,35
7	SP2	1,5	4,002	9,23	/	0,623	0,8837	28	/	/	/	1326,07	/	47,35
	SP2	2,3,4	9,778	9,23	/	0,623	0,8837	28	/	/	/	3239,9	/	115,71
6	SP2	1,5	6,14	14,2	/	0,959	0,863	21,5	/	/	/	1354,15	/	62,95
	SP2	2,3,4	15,781	14,2	/	0,959	0,863	21,5	/	/	/	3480,43	/	161,85
5	SP2	1,5	8,304	18,84	/	1,27	0,848	17,9	/	/	/	1404,78	/	78,45
	SP2	2,3,4	20,965	18,84	/	1,27	0,8397	17,9	/	/	/	3546,63	/	198,55
4	SP2	1,5	9,878	21,92	/	1,48	0,8397	16,2	/	/	/	1450,45	/	89,55
	SP2	2,3,4	24,14	21,92	4,62	/	/	/	11,46	2,110	16,83	3467,2	2377,4	192,55
3	SP2	1,5	10,543	25,13	/	1,69	0,8322	14,8	/	/	/	1362,51	/	92,05
	SP2	2,3,4	28,227	25,13	12,56	/	/	/	11,13	2,510	16,28	3459,2	2217,09	181,25
2	SP2	1,5	11,61	25,8	/	1,69	0,8322	14,8	/	/	/	1500,4	/	101,25
	SP2	2,3,4	30,358	28,07	12,56	/	/	/	11,2	2,710	17	3360	2352	190,25
1	SP2	1,5	16,728	21,92	/	1,48	0,8397	16,2	/	/	/	2456,3	/	151,25
	SP2	2,3,4	23,69	21,92	4,62	/	/	/	11,21	2,110	16,83	3391,58	2325,5	188,25

• Armatures transversales:

Sous SP2 $\rightarrow \bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$

$2\bar{\sigma}'_{b0} = 205,5 \text{ kg/cm}^2$; $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

on utilise pour les armatures transversales des $\phi 8$ FE 24,

un cadre et un étrier $\Rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$, $\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \sigma_{en}$

(on suppose qu'on a reprise de bétonnage)

$t \leq \min(\frac{h}{4}; 12\phi, 30 \text{ cm}) = \frac{h}{4} = 9,25 \text{ cm}$ en zone nodale

$t \leq \frac{h}{2} = \frac{37}{2} = 18,5 \text{ cm}$ \rightarrow en dehors de la zone nodale

NIV	$T_{(SR)}^{max}$	σ'_b	Z_b	\bar{Z}_b	$\bar{\sigma}_{at}$	A_t	t	t_{adopte}	
								Z. nodale	Z. courante
{}	3,495	67,33	3,046	30,975	2400	2,01	44,68	9	15
7	6,693	115,71	5,168	29,86	2400	2,01	23,33	9	15
6	10,123	161,88	7,816	25,88	2400	2,01	15,42	9	15
5	13,086	198,13	10,10	22,76	2400	2,01	11,93	9	15
4	14,90	192,93	11,50	23,2	2400	2,01	10,48	9	15
3	17,178	181,28	13,26	24,21	2400	2,01	9,09	9	15
2	18,453	190,4	14,24	23,42	2400	2,01	8,46	9	15
1	14,626	188,66	11,29	23,57	2400	2,01	10,67	9	15

. D'après les valeurs de Z_d et \bar{Z}_b on remarque que $Z_b < \bar{Z}_b$
 donc on peut utiliser des cadres et étriers droits

- Vérifications:

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{cases} \rightarrow 0,003 \cdot L \cdot b = 1,08 \text{ cm}^2 \text{ en Z. nodale} \\ \rightarrow 0,003 \cdot 15,40 = 1,8 \text{ cm}^2 \text{ en Z. courante} \end{cases}$$

$$t \text{ (en zone nodale)} = 9 \text{ cm} < \bar{t} = 9,25 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$$

$$t \text{ (en zone courante)} = 15 \text{ cm} < \bar{t} = 18,5 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$$

Portique transversal
(2-2) ou (3-3)

Armatures supérieures et vérifications des contraintes sur appuis

NIV	Section Appuis	Solllicitations				Armatures				Contraintes		
		M(Sp ₁)	M(Sp ₂)	1,5M(Sp ₁)	Mcal	A _{cal}	A _{RDA} ^{mm}	Φ	A _{adop}	σ _a	σ _b	σ _c
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
8°	1	2,462	6,233	3,693	6,233	3,6	5,64	4T14	6,16	2364,2		57,76
	2	2,307	5,346	3,461	5,346	3,09	5,64	4T14	6,16	2027,7		49,54
	3	3,805	6,708	5,707	6,708	3,88	5,64	4T14	6,16	2544,4		62,16
	4	2,462	7,253	3,693	7,253	4,19	5,64	4T14	6,16	2751,1		67,21
7°	1	2,376	11,087	3,564	11,087	6,41	5,64	4T16	8,04	3259,6		93,01
	2	2,376	8,861	3,564	8,861	5,13	5,64	4T1	6,16	3361,06		82,12
	3	6,118	12,265	9,177	12,268	7,10	5,64	4T16	8,04	3606,9		102,9
	4	2,376	11,286	3,564	11,286	6,53	5,64	4T16	8,04	3318,19		94,68
6°	1	2,376	17,213	3,564	17,213	9,96	5,64	4T14 4T16	10,68	3862,1		100,47
	2	2,376	12,877	3,564	12,877	7,45	5,64	4T16	8,04	3785,9		108,03
	3	5,989	16,167	8,983	16,167	9,35	5,64	4T14 4T12	10,68	3607,4		122,54
	4	2,376	17,218	3,564	17,218	9,96	5,64	4T14 4T12	10,68	3863,2		130,51
5°	1	2,376	22,257	3,564	22,257	12,88	5,64	4T16 4T14	14,2	3812,1		153,17
	2	2,376	16,263	3,564	16,263	9,41	5,64	4T14 4T12	10,68	3648,9		123,27
	3	5,989	19,553	8,983	19,553	11,32	5,64	4T16 4T12	12,56	3761,8		140,18
	4	2,376	21,47	3,564	21,47	12,43	5,64	4T16 4T12	12,56	410,7		158,93

Assuree.

Portique travée
(2-2) ou (3-3)

Armatures, et vérif. de contraintes sur appuis
supérieures

Niv	Section Appui	Sollicitations				Armatures				Contraintes		
		M(S _R)	M(S _R)	1,5M(S _R)	M _{com}	A _{cal}	A _{min} RPA	φ	A _{adap}	σ _a	σ _b	σ _b
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²
4°	1	2,376	25,247	3,564	25,247	14,61	5,64	4T20 4T12	17,09	3631,4		163,67
	2	2,376	19,524	3,564	19,524	11,30	5,64	4T16 4T14	14,2	3344,5		134,26
	3	5,989	22,814	8,983	22,814	18,20	5,64	4T16 4T14	14,2	3908,2		157,00
	4	2,376	26,09	3,564	26,09	15,1	5,64	4T20 4T12	17,09	3752,7		169,14
3°	1	2,376	29,293	3,564	29,293	16,95	5,64	4T20 4T14	18,73	3865,25		184,55
	2	2,376	20,743	3,564	20,743	12,00	5,64	4T16 4T14	14,2	3553,4		142,75
	3	5,989	24,033	8,983	24,033	18,91	5,64	4T16 4T14	14,2	4117,01		165,39
	4	2,376	28,012	3,564	28,012	16,21	5,64	4T20 4T14	18,73	3696,2		176,48
2°	1	2,376	31,493	3,564	31,493	18,23	5,64	4T20 4T14	18,73	4166,5		198,4
	2	2,376	22,345	3,564	22,345	12,93	5,64	4T20 4T14	15,65	3492,1		148,9
	3	5,989	25,635	8,983	25,635	14,84	5,64	4T20 4T14	15,65	4006,2		170,9
	4	2,376	29,686	3,564	29,686	17,18	5,64	4T20 4T14	18,73	3916,9		187,02
1°	1	2,376	29,471	3,564	29,471	17,06	5,64	4T20 4T14	18,73	3888,7		185,67
	2	2,376	22,397	3,564	22,397	12,96	5,64	4T16 4T14	14,2	3836,7		154,1
	3	2,376	22,397	3,564	22,397	12,96	5,64	4T16 4T14	14,2	3836,7		154,1
	4	2,376	34,863	3,564	34,863	20,47	5,64	4T20 4T16	20,61	4173,5	2643,69	205

Portique sans
(2-2) ou (3-3)

Armatures inf et verif ds contraintes sur appuis

Niv	Section	Solllicitations				Armatures				Contraintes	
		M(S _{P1})	M(S _{P2})	15M(S _{P3})	M _{col}	A _{col}	A _{RPA} ^{min}	Φ	A _{adop}	σ _a	σ _b
	Appui		t.m		t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
8°	1		2,171		2,171	1,20	5,64	4T14	6,16	823,48	20,12
	2		2,464		2,464	1,42	5,64	4T14	6,16	934,62	22,83
	3		1,539		1,539	0,89	5,64	4T14	6,16	583,75	14,26
	4		3,191		3,191	1,84	5,64	4T14	6,16	1210,37	29,57
7°	1		7,603		7,603	4,4	5,64	4T16	8,04	2235,35	63,78
	2		5,878		5,873	3,4	5,64	4T14	6,16	1127,6	54,43
	3		5,377		5,377	3,1	5,64	4T14	6,16	2039,5	49,83
	4		7,802		7,802	4,5	5,64	4T16	8,04	2293,8	65,45
6°	1		13,728		13,728	7,95	5,64	4T16 2T14	11,12	2964,6	102,41
	2		9,872		9,872	5,7	5,64	4T14 4T12	10,68	2215,00	74,82
	3		9,393		9,393	5,44	5,64	4T14 4T12	10,68	2707,5	74,19
	4		13,734		13,734	7,95	5,64	4T16 2T14	11,12	2965,66	102,6
5°	1		18,773		18,773	10,87	5,64	4T16 4T14	14,2	3245,94	128,19
	2		13,258		13,258	7,67	5,64	4T16 4T12	16,56	2550,7	95,05
	3		12,779		12,779	7,39	5,64	4T16 4T12	16,56	2458,6	91,6
	4		17,986		17,986	10,47	5,64	4T16 4T14	14,2	3081,1	123,78

A suivre

Portique transvers
(2-2) ou (3-3)

Armatures inf et verif ds contraintes sur appuis

Niv	Solllicitations				Armatures				Contraintes			
	Section	H(S _{P1})	M(S _{P2})	1,5M(S _{P1})	M _{cal}	A _{cal}	A _{RPA} ^{min}	φ	A _{adop}	σ _a	σ' _a	σ' _b
	Appuis	t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
4°	1	~~~~	21,763	~~~~	21,763	12,59	5,64	4T20 4T14	18,73	2871,66	~~~~	137,11
	2	~~~~	16,519	~~~~	16,519	9,56	5,64	4T16 4T14	14,20	2829,81	~~~~	113,68
	3	~~~~	16,04	~~~~	16,04	9,28	5,64	4T16 4T14	14,20	2747,76	~~~~	110,38
	4	~~~~	22,606	~~~~	22,606	13,08	5,64	4T20 4T14	18,73	2982,9	~~~~	142,42
3°	1	~~~~	25,808	~~~~	25,808	14,94	5,64	4T20 4T16	20,61	3112,77	~~~~	157,9
	2	~~~~	17,728	~~~~	17,728	10,26	5,64	4T20 2T14	15,65	2772,11	~~~~	118,24
	3	~~~~	17,259	~~~~	17,259	9,99	5,64	4T20 2T14	15,65	2697,25	~~~~	115,07
	4	~~~~	24,528	~~~~	24,528	14,20	5,64	4T20 4T16	20,61	2958,24	~~~~	150,08
2°	1	~~~~	28,009	~~~~	28,009	16,2	5,64	6T20 2T16	22,87	3063,9	~~~~	166,17
	2	~~~~	19,34	~~~~	19,34	11,19	5,64	4T20 2T16	16,59	2860,7	~~~~	126,56
	3	~~~~	18,861	~~~~	18,861	10,91	5,64	4T20 2T16	16,59	2789,88	~~~~	123,4
	4	~~~~	26,201	~~~~	26,201	15,16	5,64	6T20 2T16	22,87	2866,1	~~~~	155,44
1°	1	~~~~	25,987	~~~~	25,987	15,04	5,64	8T20	25,14	2601,5	~~~~	158,01
	2	~~~~	19,392	~~~~	19,392	11,22	5,64	4T20 2T16	16,59	2868,4	~~~~	126,9
	3	~~~~	19,392	~~~~	19,392	11,22	5,64	4T20 2T16	16,59	2868,4	~~~~	126,9
	4	~~~~	31,392	~~~~	31,392	18,17	5,64	8T20	25,14	2142,6	~~~~	181,2

Portique
(2-2) ou (3-3)

Armatures inf et verif des contraintes en travée

Niv	Section	Solicitations				Armatures				Contraintes		
		M(SP ₁)	M(LP ₁)	1,5M(SP ₂)	M _{total}	A _{cal}	A _{min} RPA	φ	A _{adap}	σ _a	σ _b	
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
8°	1-2	3,183	3,43	4,775	3,183	2,76	5,64	4T14	6,16	1207,3		29,49
	2-2'	2,670	2,551	4,005	2,670	2,31	5,64	4T14	6,16	1012,75		24,74
	2'-1'	2,265	3,024	3,397	2,265	1,96	5,64	4T14	6,16	859,13		20,29
7°	3-4	3,948	4,762	5,922	3,948	3,42	5,64	4T14	6,16	1497,5		36,58
	4-4'	3,638	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1329,3		33,72
	4-3'	2,773	3,627	4,159	2,773	2,40	5,64	4T14	6,16	1059,81		25,69
6°	5-6	3,948	5,806	5,922	3,948	3,42	5,64	4T14	6,16	1497,5		36,58
	6-6'	3,638	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1329,3		33,72
	6-5'	2,803	4,675	4,159	4,675	2,7	5,64	4T14	6,16	1773,27		43,32
5°	7-8	3,948	6,635	5,922	6,635	3,84	5,64	4T14	6,16	2516,72		61,49
	8-8'	3,638	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1329,3		33,72
	8'-7'	2,803	5,108	4,159	5,108	2,95	5,64	4T14	6,16	1937,5		47,34

A suivre

Portique (2-2) ou (3-3)

Armatures inf et sup de contraintes en travée

NIV	travée	Solllicitations				Armatures				Contraintes	
		M(GP)	M(SP ₂)	1,5M(SP ₁)	M _{col}	A _{col}	A _{RDA} ^{max}	φ	A _{dalap}	σ _a	σ _b
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
4°	9-10	3,948	6,499	5,922	6,499	3,76	5,64	4T14	6,16	2465,1	60,23
	10-10'	3,638	3,339	5,457	3,638	2,10	5,64	4T14	6,16	1389,3	33,72
	10-9'	2,803	5,787	4,159	5,787	3,35	5,64	4T14	6,16	2135,2	53,63
3°	11-12	3,948	7,913	5,922	7,913	4,58	5,64	4T14	6,16	3001,4	73,33
	12-12'	3,438	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1389,5	33,72
	12-11'	2,803	6,138	4,159	6,138	3,55	5,64	3T14	6,16	2328,2	56,88
2°	13-14	3,948	8,212	5,922	8,212	4,75	5,64	4T14	6,16	3114,89	76,10
	14-14'	3,638	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1389,5	33,72
	14-13'	2,803	6,174	4,159	6,174	3,57	5,64	4T14	6,16	2341,8	57,21
1°	15-16	3,948	7,175	5,922	7,175	4,15	5,64	4T14	6,16	2721,5	66,49
	16-16'	3,638	3,339	5,457	3,638	3,15	5,64	4T14	6,16	1389,5	33,72
	16-15'	3,948	9,872	5,922	9,872	5,71	5,64	4T14	6,16	3741,5	91,49

Portique (2-2) et (3-3)

Armatures sup et vérif. de contraintes en travée

Niv	Travée	Solllicitations				Armatures				Contraintes		
		M(SR)	M(SR)	ISM(SR)	M cal	A cal	A RPA	Ø	Anodop	σ _a	σ _b	σ _{ca}
							5,64	4T14	6,16			
8°	1-2						5,64	4T14	6,16			
	2-2'						5,64	4T14	6,16			
	2L-1'						5,64	4T14	6,16			
7°	3-4						5,64	4T14	6,16			
	4-4'						5,64	4T14	6,16			
	4L-3'		0,420		0,420	0,24	5,64	4T14	6,16	91,03		2,22
6°	5-6		0,451		0,451	0,26	5,64	4T14	6,16	171,06		4,17
	6-6'						5,64	4T14	6,16			
	6L-5'		1,362		1,362	0,70	5,64	4T14	6,16	295,0		7,2
5°	7-8		1,28		1,28	0,74	5,64	4T14	6,16	485,5		11,85
	8-8'						5,64	4T14	6,16			
	8L-7'		1,795		1,795	1,03	5,64	4T14	6,16	680,86		16,63

A. Jura

Portionne
(2-2) ou (3-3)

Armatures sup et verif des contraintes au travée

NIV	Travée	Sollécifactions				Armatures				Contraintes		
		M(S.P.) t.m	M(S.P.) t.m	1,5M(S.P.) t.m	Mcal t.m	Acal cm ²	A _{min} RPA cm ²	Φ mm	A _{verif} cm ²	σ _a kg/cm ²	σ _a kg/cm ²	σ _b kg/cm ²
4°	9-10	~	1,145	~	1,145	0,66	5,64	4T14	6,16	434,31	~	10,61
	10-10'	~	~	~	~	~	5,64	4T14	6,16	~	~	~
	10'-9'	~	2,474	~	2,474	1,43	5,64	4T14	6,16	938,41	~	22,92
3°	11-12	~	2,558	~	2,558	1,48	5,64	4T14	6,16	570,22	~	23,7
	12-12'	~	~	~	~	~	5,64	4T14	6,16	~	~	~
	12-11'	~	2,826	~	2,826	1,63	5,64	4T14	6,16	1071,9	~	26,19
2°	13-14	~	2,857	~	2,857	1,65	5,64	4T14	6,16	1083,4	~	26,47
	14-14'	~	~	~	~	~	5,64	4T14	6,16	~	~	~
	14'-13'	~	2,861	~	2,861	1,65	5,64	4T14	6,16	1085,2	~	26,51
1°	15-16	~	1,82	~	1,82	1,05	5,64	4T14	6,16	690,31	~	16,96
	16-16'	~	~	~	~	~	5,64	4T14	6,16	~	~	~
	16'-15'	~	4,516	~	4,516	2,01	5,64	4T14	6,16	1712,9	~	41,85

• Verifications diverses :

1/ flèche :

$$- h_t = 50 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{l^{\max}}{16} = \frac{350}{16} = 21,875 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée pour toutes les poutres.}$$

$$- h_t > \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0} \cdot l$$

Il suffit de vérifier pour le cas le plus défavorable ($M_t = M_0$) avec la plus grande travée ; si elle est vérifiée elle sera également vérifiée pour les autres. $l^{\max} = 3,50 \text{ m} \rightarrow h_t = 50 \text{ cm} > \frac{350}{10} = 35 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée.}$

$$- A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{4200} = 40 \cdot 47 \cdot \frac{43}{4200} = 19,25 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée pour toutes les poutres.}$$

Les trois conditions sont vérifiées donc aucune justification de la flèche n'est nécessaire.

2/ condition de non fragilité :

$$A > b \cdot h \cdot \frac{\gamma_s}{4} \cdot \frac{\sigma_b'}{\sigma_a} \left(\frac{h_t}{h} \right)^2 = 40 \cdot 47 \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{50}{47} \right)^2 = 2,42 \text{ cm}^2$$

$$A^{\min} = 6,96 \text{ cm}^2 > 2,42 \text{ cm}^2$$

3/ fissuration :

on doit vérifier seulement pour la petite section tendue et si elle est vérifiée elle sera également vérifiée pour les autres sections.

$$A_{\min} = 4714 = 6,96 \text{ cm}^2 \Rightarrow \bar{\omega}_s = \frac{6,96}{2 \cdot 3 \cdot 40} = 0,0257$$

$$\sigma_s = \frac{1,5}{14} \cdot \frac{10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0257}{(1 + 0,257)} = 3504,9 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

\rightarrow vérifiée.

4/ conditions aux appuis :

a) béton :

NIV	8		7		6		5		4		3		2		1	
Appui	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
T	7,548	7,068	7,027	9,145	13,168	11,975	15,566	14,155	17,352	16,107	12,857	17,305	19,943	18,24	18,38	20,52
G	3,67	3,43	4,99	4,43	6,40	5,82	7,57	6,88	8,44	7,98	9,17	8,42	9,70	8,87	9,43	
C	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

$C > G \rightarrow$ vérifié.

* Armatures inférieures : on doit vérifier que : $A > \frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a}$

NIV	8				7				6				5			
Appuis	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T(L)	7,548	6,914	7,789	7,068	10,27	9,759	11,028	9,115	13,158	11,674	13,254	11,913	15,566	15,014	16,036	14,155
M(L)	2,179	2,464	1,539	3,191	7,603	5,873	5,377	7,802	13,729	9,872	9,393	13,734	18,773	13,258	12,749	17,958
$\frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a}$	3,05	3,07	2,74	3,52	6,84	5,72	5,73	6,68	11,07	8,49	8,73	10,79	14,56	11,26	11,21	13,77

NIV	4				3				2				1			
Appuis	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T	17,352	16,86	19,288	16,107	19,157	18,265	19,186	17,105	19,943	19,419	20,124	18,24	19,38	18,88	20,409	20,921
M	21,763	16,59	16,04	22,606	25,089	17,738	17,209	24,528	28,009	19,34	18,861	26,201	25,087	19,392	19,392	31,392
$\frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a}$	16,72	13,57	13,63	16,98	19,142	14,63	14,55	18,39	20,15	15,82	15,70	19,50	19,65	15,72	16,08	23,14

$A > \frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{3 \cdot \sigma_a} \rightarrow$ vérifié.

• Armatures transversales :

on choisit $\phi_t = 8 \rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

NIV	$T_{(NPe)}^{\max}$	σ'_b	τ_b	$\bar{\tau}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	A_t	t_{cal}	t adopté	
								Z. nodale	Z. courante
{}	7,789	62,16	4,73	30,975	2400	2,01	25,47	11	15
7	11,028	102,9	6,70	30,96	2400	2,01	17,98	11	15
6	13,854	122,54	8,42	29,27	2400	2,01	14,31	11	15
5	16,036	140,18	7,92	27,75	2400	2,01	12,37	11	15
4	18,288	157	11,11	26,3	2400	2,01	10,84	11	15
3	19,186	165,39	11,66	25,58	2400	2,01	10,34	11	15
2	20,121	170,9	12,23	25,10	2400	2,01	9,85	11	15
1	20,921	205	12,71	22,17	2400	2,01	9,48	11	15

• Vérifications :

• $A_t^{\min} = 0,003 \cdot l \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 40 = 1,8 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$

• t (Zone nodale) = 11 cm $< \bar{E} = 11,75 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$

t (Zone courante) = 15 cm $< \bar{E} = 23,5 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée}$

Portique Transv (4-4)

Armatures sup et verif des contraintes sur appuis

NIV	Section Appuis	Sollicitations				Armatures				Contraintes			
		M(SP ₁)	M(SP ₂)	1,5M(SP ₁)	M _{cal}	A _{cal}	A _{RPA} ^{min}	∅	A _{adop}	σ _a			σ _b
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²			kg/cm ²
8°	1	2,462	6,233	3,693	6,233	3,608	5,64	4T14	6,16	23642			57,76
	2	2,307	5,346	3,461	5,346	3,095	5,64	4T14	6,16	2027,79			49,55
	3	3,222	6,139	4,833	6,139	3,554	5,64	4T14	6,16	2329,59			56,29
	4	2,462	7,253	3,693	7,253	4,199	5,64	4T14	6,16	2751,13			67,21
7°	1	2,735	11,387	4,103	11,387	6,593	5,64	4T16	8,04	3347,88			95,53
	2	2,979	9,391	4,469	9,391	5,437	5,64	4T14	6,16	3562,1			87,03
	3	4,742	10,985	7,113	10,985	6,359	5,64	4T16	8,04	3229,7			92,16
	4	2,616	11,497	3,924	11,497	6,656	5,64	4T16	8,04	3280,22			96,45
6°	1	2,702	17,483	4,058	17,483	10,122	5,64	4T14 4T12	10,68	3922,7			132,51
	2	2,984	13,411	4,476	13,411	7,764	5,64	4T16	8,04	3942,9			112,51
	3	4,775	15,031	7,163	15,031	8,702	5,64	4T14 4T12	10,68	3372,5			113,93
	4	2,610	17,42	3,915	17,42	10,085	5,64	4T14 4T12	10,68	3908,6			132,04
5°	1	2,702	22,527	4,058	22,527	13,042	5,64	4T16 4T14	14,2	3859,02			155,03
	2	2,984	16,797	4,476	16,797	9,725	5,64	4T14 4T12	10,68	3768,7			107,32
	3	4,775	18,417	7,163	18,417	10,663	5,64	4T14 4T12	10,68	4132,26			139,59
	4	2,610	21,676	3,915	21,676	12,549	5,64	4T16 4T14	14,2	3713,24			149,17

ASUIVRE

Portique transv (4-4)

Armatures sup et verif des contraintes sur appuis

Niv	Section Appuis	Solicitations				Armatures				contraintes		
		M(S.P.) t.m	M(S.R.) t.m	1,5M(S.P.) t.m	M _{total} t.m	A _{cal} cm ²	A _{RPA} ^{min} cm ²	φ	A _{adap} cm ²	σ _a kg/cm ²	σ' _a	σ _b kg/cm ²
1 ^o	1	2,702	25,517	4,053	25,517	14,773	5,64	4T20 4T12	17,09	3470,29		165,42
	2	2,984	20,050	4,473	20,050	11,613	5,64	4T16 4T14	14,2	3426,07		128,04
	3	4,775	21,670	7,163	21,670	12,551	5,64	4T16 4T14	14,2	3713,50		140,19
	4	2,610	26,296	3,915	26,296	15,224	5,64	4T20 4T12	17,09	3782,21		170,47
3 ^o	1	2,702	29,563	4,053	29,563	17,116	5,64	4T20 4T14	18,73	3900,8		186,25
	2	2,984	21,277	4,476	21,277	12,310	5,64	4T16 4T14	14,2	3644,9		146,43
	3	4,775	22,897	7,163	22,897	13,256	5,64	4T16 4T14	14,2	3922,41		157,58
	4	2,610	28,218	3,915	28,218	16,337	5,64	4T20 4T12	17,09	4058,8		182,84
2 ^o	1	2,702	31,763	4,053	31,763	18,309	5,64	4T20 4T14	18,73	4191,12		200,11
	2	2,984	22,879	4,476	22,879	13,246	5,64	4T16 4T14	14,2	3919,32		157,46
	3	4,775	24,449	7,163	24,449	14,155	5,64	4T20 4T12	17,09	3516,62		150,5
	4	2,610	29,891	3,915	29,891	17,306	5,64	4T20 4T14	18,73	3944,16		180,32
1 ^o	1	2,702	29,741	4,053	29,741	17,219	5,64	4T20 4T14	18,73	3971,87		189,37
	2	2,984	22,931	4,476	22,931	13,246	5,64	4T16 4T14	14,2	3920,23		157,61
	3	4,775	24,551	7,163	24,551	14,214	5,64	4T20 4T12	17,09	3534,34		153,16
	4	2,610	35,069	3,915	35,069	20,58	5,64	8T20	25,13			

Portique Fraussv (4-4)

Armat inf et verif des contraintes sur appuis

NIV	Section	Solllicitations				Armatures				Contraintes		
		M(S _{P1})	M(S _{P2})	1,5M(S _{P1})	M _{cal}	A _{cal}	A _{RDA} ^{min}	∅	A _{adop}	σ _{ca}		σ' _b
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²		kg/cm ²
8°	1		2,171		2,171	1,257	5,64	4T14	6,16	823,48		20,12
	2		2,464		2,464	1,427	5,64	4T14	6,16	934,62		22,83
	3		1,539		1,539	0,891	5,64	4T14	6,16	503,75		14,26
	4		3,191		3,191	1,847	5,64	4T14	6,16	1219,37		29,57
10°	1		7,602		7,602	4,401	5,64	4T16	8,04	2235,05		63,77
	2		6,131		6,131	3,549	5,64	4T14	6,16	2125,55		56,82
	3		4,866		4,866	2,817	5,64	4T14	6,16	1845,70		45,09
	4		7,752		7,752	4,488	5,64	4T16	8,04	2279,16		65,03
6°	1		13,739		13,739	7,954	5,64	4T16 2T14	11,12	2966,74		102,69
	2		10,169		10,169	5,887	5,64	4T14 4T12	10,68	2281,64		77,08
	3		8,899		8,899	5,152	5,64	4T14 4T12	10,68	1996,7		67,45
	4		13,685		13,685	7,943	5,64	4T16 2T14	11,12	2955,08		102,28
5°	1		18,784		18,784	10,875	5,64	4T16 4T14	14,2	3217,8		129,27
	2		13,555		13,555	7,848	5,64	4T16 4T12	12,56	2607,9		97,18
	3		12,286		12,286	7,113	5,64	4T16 4T12	12,56	2363,71		88,08
	4		17,937		17,937	10,385	5,64	4T16 4T14	14,2	3072,7		123,44

A suivre

Portique transv (4-4)

Armat inf et verif des contraintes sur appuis

Niv	Section	Solllicitations				Armatures				Contraintes			
		M(SR)	M _{cal}	A _{cal}	A _{RPA} ^{min}	ϕ	A _{adop}	σ_a	σ_b				
		t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²				
4°	1	21,774	21,774	12,606	5,64	4T20 4T14	18,73	2873,1	137,18				
	2	16,816	16,816	9,736	5,64	4T16 4T14	14,2	2880,69	115,7				
	3	15,547	15,547	9,00	5,64	4T16 4T14	14,2	2663,3	106,39				
	4	22,557	22,557	13,059	5,64	4T20 4T14	18,73	2976,4	142,11				
3°	1	25,819	25,819	14,948	5,64	4T20 4T16	20,61	3113,9	167,9				
	2	18,035	18,035	10,44	5,64	4T20 2T14	15,65	2818,5	120,25				
	3	16,766	16,766	9,707	5,64	4T20 2T14	15,65	2620,2	111,78				
	4	24,479	24,479	14,172	5,64	4T20 4T14	18,73	3220,04	154,22				
2°	1	28,019	28,019	16,222	5,64	4T20 4T16	20,61	3379,3	171,45				
	2	19,637	19,637	11,369	5,64	4T20 2T14	15,65	3068,9	130,93				
	3	18,367	18,367	10,633	5,64	4T20 2T16	16,59	2716,8	120,19				
	4	26,151	26,151	15,140	5,64	4T20 4T16	20,61	3154,01	160,02				
1°	1	25,997	25,997	15,051	5,64	4T20 4T16	20,61	3135,14	159,07				
	2	19,689	19,689	11,399	5,64	4T20 2T14	15,65	3077,02	131,27				
	3	19,39	19,39	11,226	5,64	4T20 2T16	16,59	2868,1	126,89				
	4	31,329	31,329	18,139	5,64	8T20	25,14	3126,3	180,85				

Portique (4-4)

Armatures inférieures et vérif des contraintes en travée

	travée	Solicitations				Armatures				Contraintes		
		M(S _{P1})	M(S _{P2})	1,5M(S _{P1})	M _{cal}	A _{cal}	A _{min} RPA	φ	A _{atop}	σ _a	σ _b	
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
8°	1-2	3,103	3,432	4,775	3,103	2,764	5,64	4T14	6,16	1207,3	29,49	
	2-2'	2,670	4,551	4,005	2,670	2,319	5,64	4T14	6,16	1012,75	24,74	
	2'-1'	2,51	3,269	3,765	2,51	2,179	5,64	4T14	6,16	953,04	23,26	
7°	3-4	2,003	2,952	3,005	2,003	1,739	5,64	4T14	6,16	750,75	18,56	
	4-4'	9,356	8,446	4,034	9,356	8,125	5,64	4T14 ¹²	10,68	2099,2	70,91	
	4'-3'	3,287	4,201	4,931	3,287	2,855	5,64	4T14	6,16	1246,7	30,46	
6°	5-6	2,004	4,007	3,006	4,007	2,319	5,64	4T14	6,16	1519,8	37,13	
	6-6'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	70,86	
	6'-5'	3,298	5,170	4,947	5,170	2,993	5,64	4T14	6,16	1964,03	47,91	
5°	7-8	2,004	4,837	3,006	4,837	2,801	5,64	4T14	6,16	1834,7	44,82	
	8-8'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	70,86	
	8'-7'	3,298	5,603	4,947	5,603	3,244	5,64	4T14	6,16	2125,27	51,9	

A suivre.

Portique (4-4)

Armatures inférieures et vérif des contraintes en travée

Niv	travée	Solllicitations				Armatures				Contraintes		
		M(SR)	M(SR ₂)	1,5M(SR)	Mcal	A _{cal}	A _{RPA} ^{min}	Φ	A _{sup}	σ _a	σ _b	
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	/	kg/cm ²
4°	9-10	2,004	4,701	3,006	4,701	2,422	5,64	4T14	6,16	1783,13	/	43,56
	10-10'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	/	70,86
	10'-9'	3,298	6,283	4,947	6,283	3,630	5,64	4T14	6,16	2383,2	/	58,23
3°	11-12	2,004	6,115	3,006	6,115	3,540	5,64	4T14	6,16	2319,48	/	56,67
	12-12'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	/	70,86
	12-11'	3,298	6,634	4,947	6,634	3,847	5,64	4T14	6,16	2576,34	/	61,48
2°	13-14	2,004	6,414	3,006	6,414	3,713	5,64	4T14	6,16	2432,8	/	59,44
	14-14'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	/	70,86
	14'-13'	3,298	6,669	4,947	6,669	3,861	5,64	4T14	6,16	2529,6	/	61,80
1°	15-16	2,004	5,876	3,006	5,876	3,112	5,64	4T14	6,16	2089,17	/	49,82
	16-16'	9,349	8,439	14,02	9,349	8,119	5,64	4T14 4T12	10,68	2097,6	/	70,86
	16-15'	3,298	9,293	4,947	9,293	5,345	5,64	4T14	6,16	3508,17	/	85,57

Portique (4-4)

Armatures sup et verif ds contraintes en travée

NIV	Travée	Solllicitations				Armatures				Contraintes	
		M (Kg)	M (SPW)	1,5M (SP)	Mcal	Acal	A _{REQ} ^{min}	Φ	A _{adap}	σ _a	σ _b
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²
8°	1-2						5,64	4T14	6,16		
	2-2'						5,64	4T14	6,16		
	2-1						5,64	4T14	6,16		
7°	3-4		0,304		0,304	0,174	5,64	4T14	6,16	114,97	2,78
	4-4'						5,64	4T14	6,16		
	4'-3'		0,017		0,017	0,0099	5,64	4T14	6,16	6,44	0,15
6°	5-6		1,356		1,356	0,785	5,64	4T14	6,16	514,34	12,56
	6-6'						5,64	4T14	6,16		
	6'-5'		0,961		0,966	0,559	5,64	4T14	6,16	366,4	8,95
5°	7-8		2,184		2,184	1,264	5,64	4T14	6,16	828,4	20,24
	8-8'						5,64	4T14	6,16		
	8'-7'		1,398		1,398	0,809	5,64	4T14	6,16	530,24	12,95

A suivre

Partie (4-4)

Armatures sup et vérifi de contraintes en travée

NIV	Travée	Solllicitations			Armatures				Contraintes			
		M(UP)	M(SP)	1,5M(SP)	M _{cal}	A _{cal}	A _{sup} RPA	Φ	A _{adap}	σ _a	σ _b	
		t.m	t.m	t.m	t.m	cm ²	cm ²	mm	cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	
4°	9-10	/	2,049	/	2,049	1,186	5,64	4T14	6,16	777,2	/	18,98
	10-10'	/	/	/	/	/	5,64	4T14	6,16	/	/	/
	10-9'	/	2,077	/	2,077	1,202	5,64	4T14	6,16	787,82	/	19,24
3°	11-12	/	3,463	/	3,463	2,004	5,64	4T14	6,16	1313,5	/	32,09
	12-12'	/	/	/	/	/	5,64	4T14	6,16	/	/	/
	12-11'	/	2,429	/	2,429	1,406	5,64	4T14	6,16	921,21	/	22,57
2°	13-14	/	3,762	/	3,762	2,178	5,64	4T14	6,16	1426,9	/	34,86
	14-14'	/	/	/	/	/	5,64	4T14	6,16	/	/	/
	14-13'	/	2,465	/	2,465	1,427	5,64	4T14	6,16	934,9	/	23,84
1°	15-16	/	2,725	/	2,725	1,577	5,64	4T14	6,16	1033,6	/	25,25
	16-16'	/	/	/	/	/	5,64	4T14	6,16	/	/	/
	16-15'	/	5,03	/	5,03	2,912	5,64	4T14	6,16	1907,9	/	46,6

Verifications diverses:

1) flèche:

$$- h_t \geq l/16 \rightarrow h_t = 50 \text{ cm} > l/16 = \frac{l^{\max}}{16} = \frac{3,5 \cdot 10^2}{16} = 21,875 \text{ cm} \rightarrow \text{verifiée pour toutes les poutres}$$

$$- h_t \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$$

$$- A \leq b \cdot h \cdot 43/800$$

2) Le calcul de la flèche sera fait sous les sollicitations du 1^{er} genre. Dans ce cas

$$\text{On a } M_t < M_0 \quad \frac{M_t}{M_0} < 1 \Rightarrow \frac{M_t}{10 M_0} < 0,1 \text{ et } \frac{h_t}{l} = \frac{50}{3,5 \cdot 10^2} = 0,143 > \frac{M_t}{10 M_0}$$

3) $A \leq b h \cdot 43/800 = 40 \times 47 \times 43/4200 = 19,25 \text{ cm}^2$ Ce qui est vérifiée pour toutes les poutres.

Les trois conditions sont vérifiées, donc aucune justification de la flèche n'est nécessaire

II) Condition de non fragilité

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi_4 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h_t}{h} \right)^2 = 40 \times 47 \times 0,54 \times \frac{5,9}{2880} \left(\frac{50}{47} \right)^2 = 2,42 \text{ cm}^2$$

$$A_{\min} = 6,16 \text{ cm}^2 (4 \cdot T14) > 2,42 \text{ cm}^2$$

III) fissuration: On la vérifie seulement pour la petite section tendue qu'on a dans toutes les poutres car si elle est vérifiée, elle sera également vérifiée pour les autres. On doit avoir $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \leq \max(\sigma_1, \sigma_2)$

$$\text{avec } \sigma_1 = \frac{K \eta}{\psi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \eta \bar{\sigma}_b}{\psi}}$$

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2 d \cdot b}$$

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

$\eta = 1,6$ (barres HA)

$\psi = 12 \text{ mm}$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{12}} = 2607,06 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\psi = 12 \text{ mm}; \text{ il faut avoir } \sigma_1 \geq \bar{\sigma}_a \Rightarrow \frac{K \eta}{\psi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} \geq \bar{\sigma}_a \Rightarrow \bar{\omega}_f \geq \frac{\psi \bar{\sigma}_a}{K \eta - 10 \psi \bar{\sigma}_a} = \bar{\omega}_{f_0}$$

$$\psi_{\max} \text{ utilisé est de } 20 \text{ mm} \Rightarrow \bar{\omega}_{f_0} = 0,0304$$

il suffit de vérifier une seule poutre $\bar{\omega}_{f_{\min}} = \frac{A_{\min}}{2 b d}$ avec d_{\max} doit être $\geq 0,0304$

$$\tilde{\omega}_{f, \min} = \frac{6,16}{2 \times 2 \times 60} = 0,03050$$

$$\tilde{\omega}_{f, \min} > \tilde{\omega}_{f,0}$$

4) conditions aux appuis:

Niv	8		7		6		5		4		3		2		1	
M	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3
T	6,00	8,00	9,24	9,79	11,23	12,50	13,57	14,78	15,77	17,02	16,82	17,88	17,92	18,86	17,34	20,98
G	3,9	5,9	7,02	4,79	5,49	6,15	6,58	7,19	7,45	8,28	8,18	9,72	8,79	9,18	8,44	10,21
C	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

$C > C_0 \rightarrow$ vérifiée

* Armatures inférieures:

on doit vérifier que: $A > \frac{T}{\sigma_a} + \frac{M}{\sigma_a}$

Niv	8				7				6				5			
Sections	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
M (C-m)	2,171	2,464	1,539	3,191	7,602	6,163	4,866	7,752	13,739	10,169	9,899	13,685	18,784	13,555	12,296	17,937
T (S)	7,548	6,914	7,599	7,831	8,24	9,964	13,912	9,444	11,123	12,252	16,214	12,598	13,531	14,187	18,149	14,77
$\frac{M}{\sigma_a}$	3,05	3,07	2,70	3,52	6,32	5,94	6,12	6,80	10,60	8,80	9,01	10,92	14,09	11,22	11,43	13,90

NIV	4				3				2				1			
Sections	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
M (k.m)	21,774	16,826	15,647	22,557	25,809	18,035	16,766	24,479	20,049	19,657	18,367	26,717	25,997	19,689	19,339	37,329
T (k)	15,317	16,105	20,042	17,032	16,222	16,747	20,709	17,93	17,908	17,662	21,624	18,865	17,345	17,692	21,654	20,997
$\frac{M}{h}$	16,25	13,55	13,76	17,11	18,95	14,42	14,64	18,44	20,48	15,57	15,78	19,63	19,18	15,61	16,38	23,13

Adopté $\gamma \frac{T + M/8}{\sigma_a}$ est vérifiée

→ les armatures inférieures sur appuis résistent à l'effort de traction $(T + \frac{M}{8})$.

5/ condition de non entrainement de barres (appuis derive)

on doit avoir : $\tau_d \leq \bar{\tau}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b$ ($\psi_d = 1,5$ Acier H.A)

$$\bar{\tau}_d = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (Sous SPA)}$$

$$z = \frac{\tau}{\bar{\tau}} \cdot h = \frac{7}{17,7} \cdot 47 = 49,125 \text{ cm}$$

NIV.	8				7				6				5			
Appui	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
T	5,765	5,239	5,497	5,062	4,051	6,652	10,989	5,576	4,035	6,644	11,007	5,588	4,035	6,644	11,007	5,588
$m.p$	17,584	17,584	17,584	17,584	20,096	17,584	17,584	20,096	28,972	32,656	32,656	28,972	31,69	35,169	35,169	37,69
$\frac{T}{m.p}$	7,96	7,30	7,60	7,00	4,90	9,98	15,21	6,747	3,39	4,947	8,19	4,769	2,604	4,59	7,61	3,606
$\bar{\tau}_d$	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7

• Armatures transversales :

sous SP2 $\rightarrow \bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$

$2\bar{\sigma}'_{b0} = 205,5$; $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

on utilise pour les armatures transversales des $\phi 8$ FE24, un cadre et un étrier $\Rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$, $\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_b$

on suppose qu'on a reprise de bétonnage

$t \leq \min (R/4 ; 12\phi ; 30 \text{ cm}) = R/4 = \frac{47}{4} = 11,75 \text{ cm}$ en zone nodale

$t \leq \frac{h}{2} = \frac{47}{2} = 23,5 \text{ cm}$ \rightarrow en zone courante.

NIV	$T_{(SB)}$	$\bar{\sigma}'_b$	γ_b	\bar{z}_b	$\bar{\sigma}_{at}$	A_t	t_{cal}	$t_{adopté}$	
								Z. nodale	Z. courante
{}	5,715	57,76	3,47	30,975	2400	2,01	34,71	11	15
7	10,999	92,16	6,68	31,88	2400	2,01	18,04	11	15
6	11,007	113,93	6,69	30,01	2400	2,01	18,02	11	15
5	11,007	139,59	6,69	27,80	2400	2,01	18,02	11	15
4	11,007	149,19	6,69	26,97	2400	2,01	18,02	11	15
3	11,007	157,58	6,69	26,25	2400	2,01	18,02	11	15
2	11,007	158,50	6,69	26,17	2400	2,01	18,02	11	15
1	11,007	159,16	6,69	26,11	2400	2,01	18,02	11	15

• Vérifications : $A_t^{min} = 0,003 \cdot t \cdot b = 0,003 \cdot 15 \cdot 40 = 1,8 \text{ cm}^2 \rightarrow$ vérifiée

t (en zone nodale) $\leq 11,75 \text{ cm} = \bar{t} \rightarrow$ vérifiée

t (en zone courante) $\leq 23,5 \text{ cm} = \bar{t} \rightarrow$ vérifiée.

Sections d'acier aux appuis :

$$b = 40 \text{ cm}, \quad h_f = 40 \text{ cm}, \quad d = d' = 2 \text{ cm}, \quad h = 38 \text{ cm}$$

NIV	Section	M (t.m)	μ	ε	K	σ_b	Acal			Aadop	ϕ
8°	1;4	2,607	0,0171	0,9422	71,5	58,74	1,794			6,78	6T12
	2;3	5,96	0,0388	0,9161	44,6	94,17	4,18			6,78	6T12
7°	1;4	5,943	0,0387	0,9162	44,69	94	4,17			9,23	6T14
	2;3	13,586	0,0886	0,8802	26,75	157	9,93			14,28	4T16 4T14
6°	1;4	8,524	0,0556	0,9018	35,9	116,99	6,08			14,2	4T16 4T14
	2;3	22,106	0,144	0,8547	19,4	216,49	$\frac{196}{1714}$			20,61	4T20 4T16
5°	1;4	11,919	0,0777	0,8866	29,1	144,23	8,65			14,20	4T16 4T14
	2;3	28,463	0,192	0,8382	15,9	264,15	$\frac{1965}{21,62}$			28,09	6T20 6T14
4°	1;4	13,827	0,0907	0,8794	26,48	158,61	10,11			15,65	4T20 4T14
	2;3	33,967	0,2215	0,5413	14,33	293,09	$\frac{15,77}{24,77}$			30,95	6T20 6T16
3°	1;4	14,763	0,0963	0,8763	25,45	165,93	10,84			15,65	4T20 4T14
	2;3	39,625	0,2584	0,8203	12,83	324,26	$\frac{22,65}{29,71}$			37,23	8T20 6T16
2°	1;4	16,285	0,1062	0,8711	23,8	176,47	12,03			18,73	4T20 4T14
	2;3	42,793	0,2790	0,8158	12,15	345,68	$\frac{26,38}{30,95}$			37,70	12T20
1°	1;4	22,13	0,1443	0,8545	19,37	216,85	$\frac{9,87}{18,18}$			20,61	4T20 4T16
	2;3	32,203	0,21	0,833	14,95	280,94	$\frac{13,88}{23,54}$			30,9	6T20 6T16

• Verifications:

1) Vérification de la flèche:

$$- bt = 40 \text{ cm} > \frac{l}{16} = 19,06 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée.}$$

$$- b = 40 \text{ cm} > \frac{l}{10} = 30,5 \text{ cm} \rightarrow \text{vérifiée.}$$

- $A \leq b \cdot h \cdot \frac{43}{600}$, les poutres ont la même section dans tous les niveaux, donc il suffit de la vérifier pour la plus grande section d'acier en travée de tous les niveaux car si elle est vérifiée pour cette section elle est également pour toutes les autres sections.

$$A^{\max} = 18,85 \neq 15,56 \text{ cm}^2 \text{ flèche n'est pas vérifiée}$$

donc on fait un calcul de flèche (C.C.B.A 68 art 64-21)

Section carrée (40x40)

$$M_q(b) = M_f(b) = 0,333 \text{ t.m} \quad M_q(b+p) = 0,586 \text{ t.m} \Rightarrow$$

$$\delta_{ft} = 0,024 < f_{adm} = \frac{l}{500} = \frac{305}{500} = 0,61 \text{ cm}$$

la flèche est vérifiée

2) condition de non fragilité:

$$A \geq b \cdot h \cdot \Psi_4 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \left(\frac{kt}{h} \right)^2 = 40 \cdot 38 \cdot 0,54 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \left(\frac{40}{38} \right)^2 = 1,27 \text{ cm}^2$$

\rightarrow vérifiée pour toutes les sections.

3/ condition aux appuis :

* béton : on doit avoir : $c \geq \frac{2 \cdot T}{b_0 \cdot \bar{\sigma}_b} = c_0$

$$c = a - (d + r) \quad r = 5 \phi \div 5,5 \phi \quad d = 2 \text{ cm}$$

on a le même ferrailage aux appuis de rive, donc il suffit de vérifier cette condition pour l'appui où T est max

NIV	8°	7°	6°	5°	4°	3°	2°	1°
T(k)	3,64	6,837	10,078	14,75	14,907	16,793	18,131	16,775
C(cm)	34,4	32,2	30	30	30	30	30	30
C ₀ (cm)	1,57	2,95	4,35	6,38	6,44	7,26	7,84	7,25

$c > c_0$ Pour tous les appuis de rive → vérifié.

* Armatures inférieures :

On doit vérifier que : $A \geq A_1 = \frac{T}{\bar{\sigma}_2} + \frac{M}{\bar{\sigma}_a}$

NIV	8°		7°		6°		5°		4°		3°		2°		1°	
sect	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,3	1,4	2,5	1,4	2,5
M(km)	2,627	5,96	5,945	13,586	8,521	22,106	11,919	29,423	13,827	33,327	14,768	39,335	16,285	42,792	22,113	32,205
T(k)	3,64	4,398	6,837	8,816	10,070	13,733	14,75	17,942	14,907	20,511	16,793	23,748	19,111	25,59	16,775	19,493
A ₁	2,75	5,31	5,88	11,84	8,50	19,10	12,05	25,36	13,45	29,20	11,57	34,02	15,97	36,75	19,94	24,76

4) Vérification de la fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{26d} \quad ; \quad k = 1,5 \cdot 10^6 \rightarrow \text{fissuration peu nuisible}$$

$$\eta = 1,6 \rightarrow \text{H.A.}$$

on doit vérifier $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \leq \max(\sigma_1, \sigma_2)$.

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

$$\sigma_2 = 2,4 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot \eta \cdot \bar{\sigma}_b}{\phi}}$$

$$\text{Pour } \phi = 12 \text{ mm} \rightarrow \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 1,6 \cdot 10^6 \cdot 5,9}{12}} = 2607,06 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{d'où } \sigma_2 = 2607,06 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{il faut vérifier } \sigma_1 \geq \bar{\sigma}_a \Rightarrow \frac{k \cdot \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} \geq \bar{\sigma}_a \Rightarrow$$

$$\bar{\omega}_f \geq \frac{\phi \cdot \bar{\sigma}_a}{k \cdot \eta - 10 \phi \bar{\sigma}_a} = \bar{\omega}_{f_0}$$

le plus grand diamètre utilisé est $\phi = 20 \text{ mm}$

$$\text{d'où } \bar{\omega}_{f_0} = 0,0304$$

Il suffit de vérifier :

$$\bar{\omega}_{f_{\min}} = \frac{1}{26} \left(\frac{A}{d} \right)_{\min} = \frac{1}{2,40} \cdot \frac{6,78}{2} = 0,042$$

$$\bar{\omega}_{f_{\min}} > \bar{\omega}_{f_0} = 0,0304 \rightarrow \text{vérifiée.}$$

Verif ds contraintes :

NIV	Soll	Section	M	A	A'	\bar{w}	$\bar{\epsilon}$	K	θ	I	Y	σ_a	$\bar{\sigma}_a$	σ'_b
8°	SP ₂	1;4	2,604	6,78	/		0,212	20,44	/	/	/	1135,02	/	33,20
	SP ₂	2;3	5,96	6,78	/		0,212	20,44	/	/	/	2575,1	/	75,32
7°	SP ₂	2;3	13,88	14,2	/		-0,211	20,44	/	/	/	1913,33	/	133,57
	SP ₂	Frame	8,071	6,03	/		0,212	20,44	/	/	/	3900,0	/	106,5
6°	SP ₂	1;4	8,520	14,2	/		0,212	20,44	/	/	/	1867,9	/	83,8
	SP ₂	2;3	22,106	29,61	1,96		/	/	10,61	2,0810 ⁵	17,26	3299,5	2420,9	183,1
5°	SP ₂	1;4	11,020	14,2	/		0,212	20,44	/	/	/	2556,1	/	117,2
	SP ₂	2;3	29,463	29,09	10,65		/	/	10,26	2,8710 ⁵	17,53	3153,39	2391,9	180
4°	SP ₂	1;4	13,824	15,65	/		0,212	20,44	/	/	/	2706,05	/	131,9
	SP ₂	2;3	33,967	30,95	15,97		/	/	10,48	3,310 ⁵	17,07	3859,4	2407,1	181,0
3°	SP ₂	1;4	14,768	15,65	/		0,212	20,44	/	/	/	2890,2	/	140,9
	SP ₂	2;3	39,625	37,23	22,65		/	/	10,21	3,810 ⁵	17,54	3136,71	2381,3	179,19
2°	SP ₂	1;4	16,285	18,73	/		0,212	20,44	/	/	/	2692,51	/	147,25
	SP ₂	2;3	42,733	37,70	26,38		/	/	10,59	4,0410 ⁵	17,09	3321,86	2399,3	181,14
1°	SP ₂	1;4	22,13	20,61	1,87		/	/	10,65	2,0810 ⁵	17,28	3304,8	2438,5	183,8
	SP ₂	2;3	32,203	30,9	13,88		/	/	10,18	3,210 ⁵	17,64	3114,6	2384,1	179,31

175

* Armatures transversales :

NIV	T _(SP₂) ^{max}	σ'_b	Z_b	\bar{Z}_b	$\bar{\sigma}_{at}$	A _t	t	t adopté	
								Z. nodale	Z. courant
8	4,398	75,32	3,30	30,98	2400	2,01	36,47	9	15
7	8,868	133,57	6,66	28,32	2400	2,01	18,057	9	15
6	13,739	183,1	10,33	24,05	2400	2,01	11,67	9	15
5	17,942	190,0	13,49	24,32	2400	2,01	8,94	9	15
4	20,515	181,0	15,42	24,23	2400	2,01	8,71	9	15
3	23,748	179,19	17,85	24,39	2400	2,01	6,75	9	15
2	25,59	181,14	19,24	24,22	2400	2,01	6,27	9	15
1	19,499	179,31	14,43	24,38	2400	2,01	8,22	9	15

• Vérifications : $0,003 \cdot 15,40 = 1,8 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2$ - vérifiée
 $t = 9 \text{ cm (en Z. nodale)} < 9,25$; $t = 15 < t = 18,5 \text{ cm (Z. courant)}$

Introduction:

Les poteaux seront calculés en flexion composée sous un effort normal N et des moments fléchissants en tête et à la base du poteau dans les 2 sens transversal et longitudinal. L'effort normal est un effort global dû aux sollicitations sous G et P dans les 2 sens et aux sollicitations dues au séisme dans le sens où l'on étudie la flexion composée.

Calcul des armatures longitudinales:

- Section partiellement comprimée:

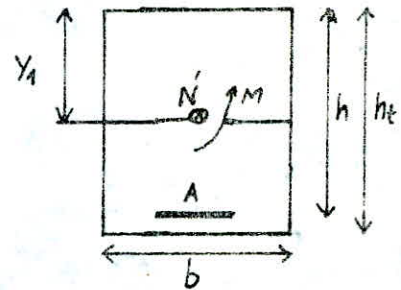
Ce cas se présente lorsque l'effort N' étant un effort de compression, il est appliqué en dehors du noyau central

de la section du béton on a: $e_0 = \frac{M}{N'} > \frac{ht}{6}$.

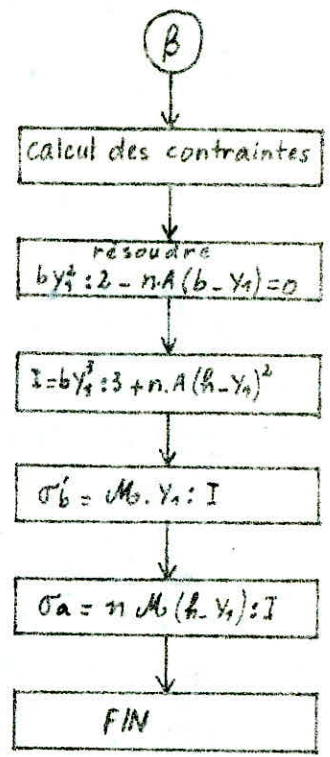
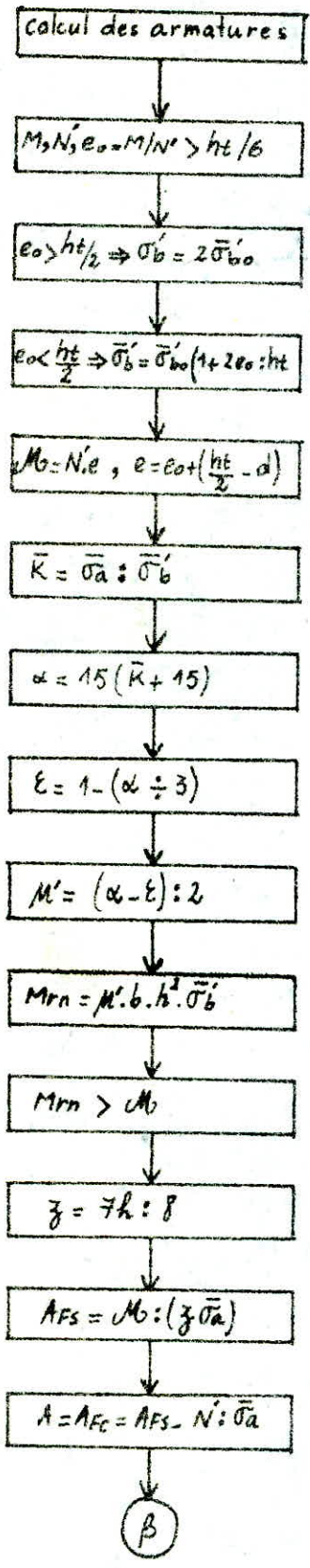
M'étant le moment fléchissant par rapport au centre de gravité du béton seul.

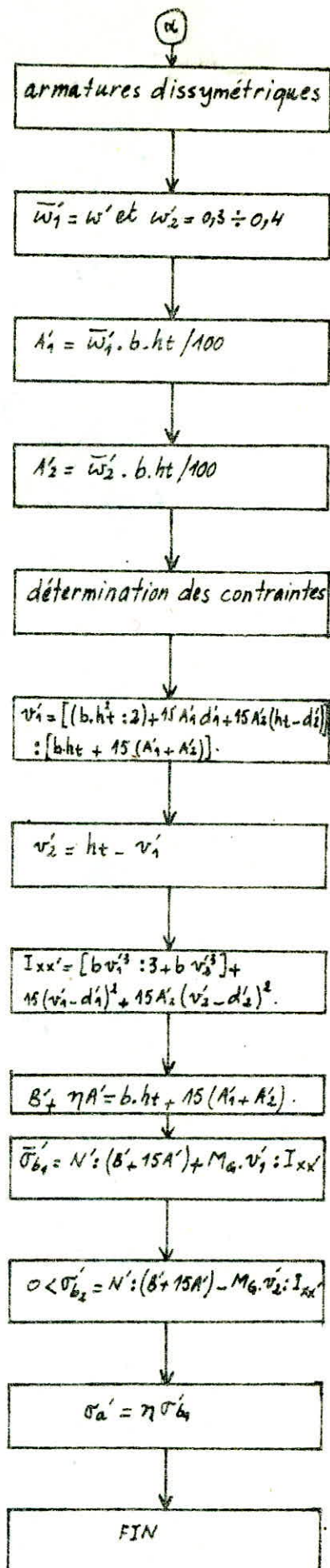
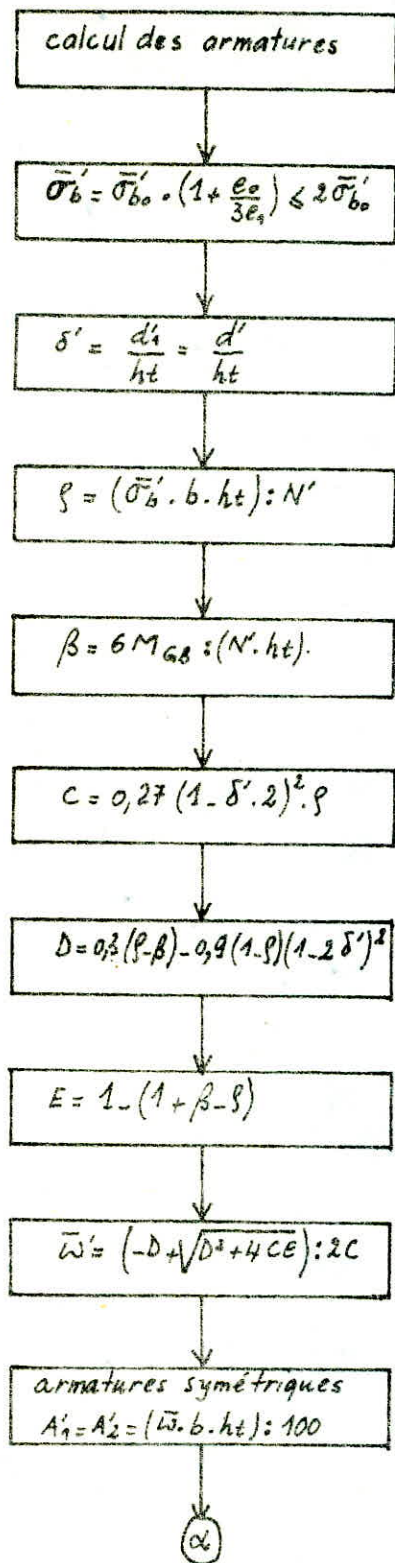
On fera le calcul de la section en flexion simple sous l'effet d'un moment:

$$M_0 = N' \cdot e \quad ; \quad e = e_0 + \left(\frac{ht}{2} - d \right).$$



- Section partiellement comprimée sans A' ($M_b < M_{rn}$).





- Cas de la compression simple:

La section d'armatures longitudinales doit vérifier les trois conditions:

$$- A \geq \frac{1,25}{1000} \cdot \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{\sigma_m'}{\sigma_{b0}'} \cdot B$$

$$- A \geq \frac{1}{\eta} \left(\frac{N'}{\sigma_{b0}'} - B \right)$$

$$- A \leq \frac{B}{20}$$

Avec: θ_1 : coefficient qui tient compte de l'excentricité de la charge.

$$\theta_1 = 1,8 \rightarrow \text{ poteau d'angle.}$$

$$\theta_1 = 1,4 \rightarrow \text{ poteau de rive.}$$

$$\theta_1 = 1 \rightarrow \text{ poteau central.}$$

θ_2 : coefficient qui tient compte de l'elongement du poteau.

$$\theta_2 = 1 + \frac{l_0}{4a - 2c}$$

l_0 : longueur de flambement.

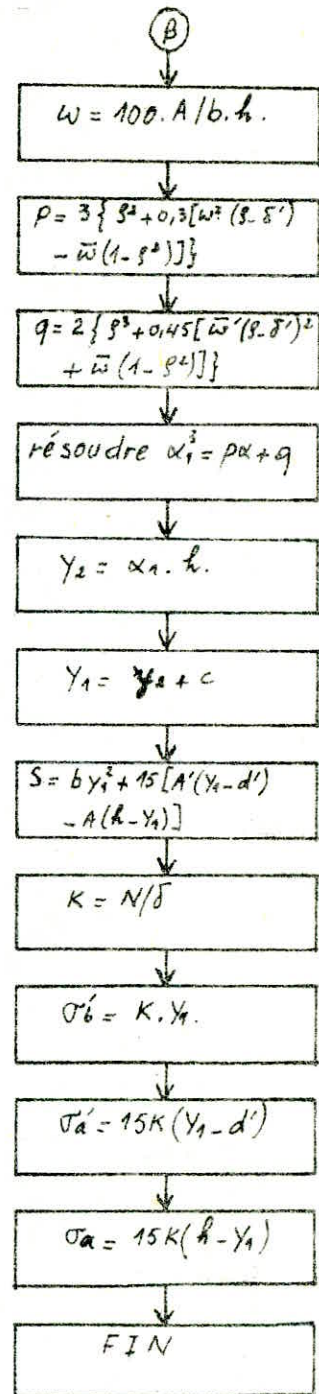
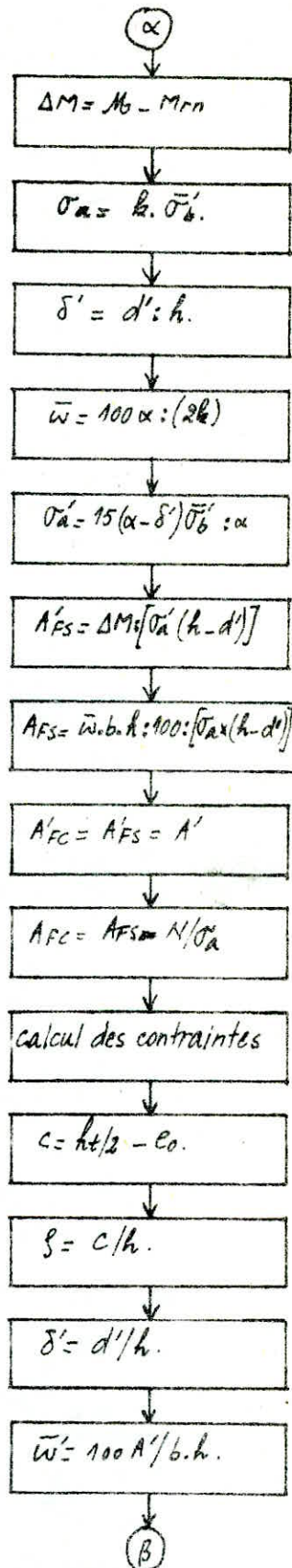
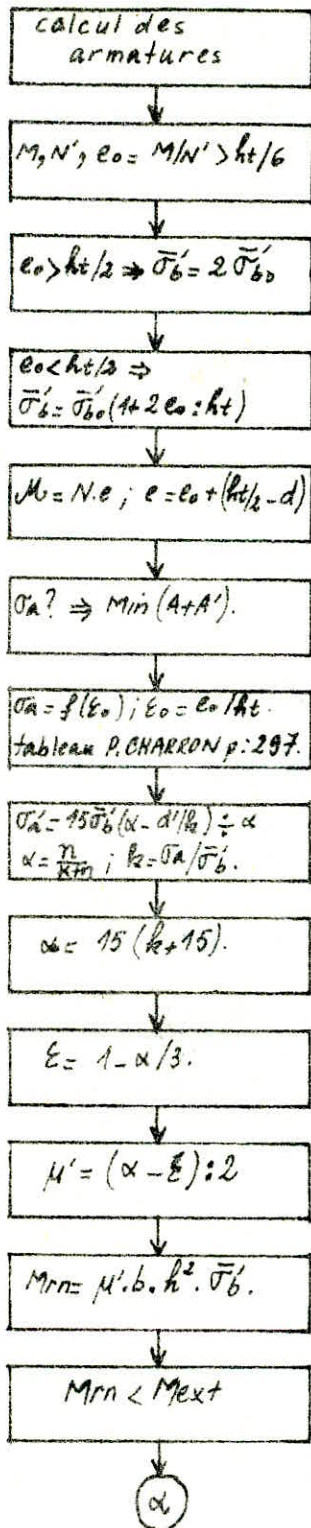
c : enrobage des aciers longitudinaux.

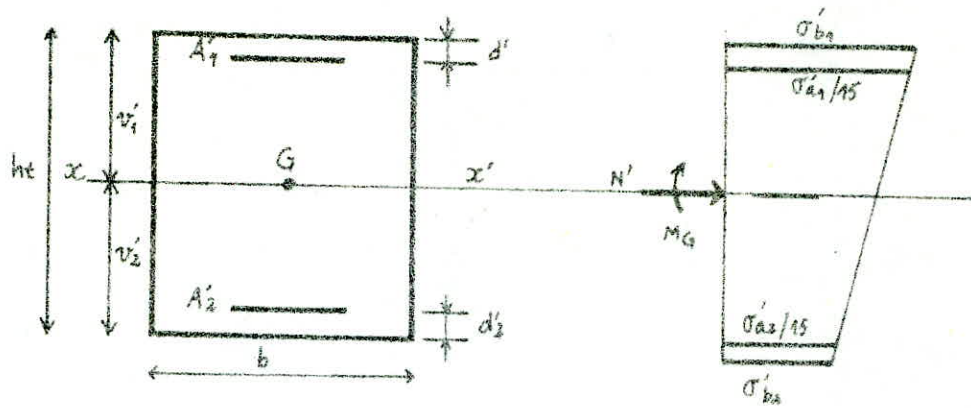
a : plus petite dimension du poteau.

θ_3 : coefficient qui tient compte de la nuance de l'acier.

$$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}} \quad \text{ou } \sigma_{en}: \text{ contrainte limite élastique de l'acier.}$$

- Section partiellement comprimée avec A' ($M_0 > M_{rn}$).





Le cas se présente lorsque l'effort N' étant un effort de compression il est appliqué à l'intérieur du noyau central de la section.

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

Calcul du flambement:

Ses poteaux sont justifiés en compression simple sans qu'il soit tenu compte de l'effet de leur déformation ie pas de risque de flambement:

$$\frac{L_c}{a} \leq 14,4 \quad \text{avec:} \quad L_c = 0,7L_0 \quad \text{ou} \quad L_c = 0,9L_0$$

L_0 : longueur libre du poteau.

L_c : longueur du flambement.

a : plus petite dimension du poteau.

sens longitudinal

 $e_1 = 0,075m$

Poteau : 8-4

Niv	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{max}	M^{Lorr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{min}	M^{Lorr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{Lorr}	M^{max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
8	1,269	0,307	0,240	P.C	137	3,869	3,094	1,02	P.C	205,5	1,316	2,116	1,6	P.C	205,5	3,869	3,094	1,02	P.C	205,5
7	2,789	0,247	0,088	P.C	95,29	11,594	5,10	0,44	P.C	205,5	5,742	3,918	0,68	P.C	205,5	11,594	5,100	0,44	P.C	205,5
6	4,285	0,237	0,055	E.C	85,24	23,160	6,670	0,28	P.C	205,5	13,365	5,239	0,39	P.C	205,5	23,16	6,670	0,28	P.C	205,5
5	5,781	0,237	0,040	E.C	80,67	38,377	8,325	0,22	P.C	205,5	24,031	6,618	0,27	P.C	205,5	38,377	8,325	0,22	P.C	135,47
4	7,277	0,237	0,030	E.C	78,20	55,793	9,647	0,17	P.C	205,5	36,529	7,72	0,21	P.C	132,43	55,793	9,647	0,17	P.C	120,25
3	8,773	0,237	0,027	E.C	76,72	75,13	9,694	0,13	P.C	205,5	50,913	7,76	0,15	P.C	114,16	75,13	9,694	0,13	P.C	108,07
2	10,269	0,237	0,023	E.C	75,02	96,073	9,768	0,10	P.C	205,5	66,635	8,651	0,13	P.C	108,07	96,073	9,758	0,10	P.C	98,94
1	11,765	0,237	0,020	E.C	74,58	115,389	15,703	0,14	P.C	205,5	81,001	30,03	0,37	P.C	205,5	115,703	15,703	0,14	P.C	111,12

sens transversal

Niv	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{max}	M^{Lorr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{min}	M^{Lorr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{Lorr}	M^{max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
9	12,832	0,155	0,012	E.C	72,153	12,799	7,587	0,593	P.C	205,5	9,057	6,092	0,672	P.C	205,5	12,799	7,587	0,593	P.C	205,5
7	29,72	1,036	0,035	E.C	79,155	29,348	13,967	0,476	P.C	205,5	17,007	10,448	0,614	P.C	205,5	29,348	13,967	0,476	P.C	205,5
6	46,60	1,036	0,022	E.C	75,197	46,613	18,508	0,397	P.C	205,5	24,350	14,261	0,585	P.C	205,5	46,613	18,508	0,397	P.C	205,5
5	63,489	1,036	0,016	E.C	73,371	64,444	21,862	0,339	P.C	205,5	31,218	17,056	0,546	P.C	205,5	64,444	21,862	0,339	P.C	205,5
4	80,358	1,036	0,013	E.C	72,457	82,184	25,291	0,307	P.C	205,5	38,164	19,914	0,522	P.C	205,5	82,184	25,291	0,307	P.C	205,5
3	97,24	1,036	0,010	E.C	71,544	100,894	25,418	0,252	P.C	205,5	44,302	20,020	0,452	P.C	205,5	100,894	25,418	0,252	P.C	205,5
2	114,111	1,036	0,009	E.C	71,240	119,503	29,035	0,242	P.C	205,5	50,269	23,034	0,458	P.C	205,5	119,503	29,035	0,242	P.C	205,5
1	130,919	1,036	0,008	E.C	70,935	138,011	33,245	0,240	P.C	205,5	56,825	27,418	0,483	P.C	205,5	138,011	33,245	0,240	P.C	205,5

Sens longitudinal

 $e_1 = 0,075 \text{ m}$

Poteau B.3

N/V	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{\max}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{\min}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{corr}	M^{\max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
8	2,86	0	0	E.C	68,5	3,828	12,819	3,35	P.C	205,5	-1,107	10,683	9,65	P.T	205,5	3,828	12,819	3,35	P.C	205,5
7	6,104	0	0	E.C	68,5	9,748	19,255	1,97	P.C	205,5	-0,308	19,255	62,5	P.T	205,5	9,441	23,106	2,44	P.C	205,5
6	9,348	0	0	E.C	68,5	17,057	32,488	1,90	P.C	205,5	-1,464	32,488	22,19	P.T	205,5	17,057	32,488	1,9	P.C	205,5
5	12,592	0	0	E.C	68,5	26,067	40,823	1,56	P.C	205,5	-2,858	40,823	14,28	P.T	205,5	26,067	40,823	1,56	P.C	205,5
4	15,836	0	0	E.C	68,5	35,966	44,387	1,23	P.C	205,5	-3,747	44,387	11,85	P.T	205,5	35,966	44,387	1,23	P.C	205,5
3	19,08	0	0	E.C	68,5	47,482	49,063	1,03	P.C	205,5	-5,23	49,063	7,87	P.T	205,5	47,482	49,063	1,03	P.C	205,5
2	22,324	0	0	E.C	68,5	59,565	51,988	0,87	P.C	205,5	-5,703	43,314	7,59	P.T	205,5	59,565	51,988	0,87	P.C	205,5
1	25,568	0	0	E.C	68,5	66,003	41,138	0,62	P.C	205,5	-0,999	34,288	34,3	P.T	205,5	66,003	41,138	0,62	P.C	205,5

Sens transversal.

N/V	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{\max}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{\min}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{corr}	M^{\max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
8	12,830	0	0	E.C	68,5	12,799	7,587	0,593	P.C	205,5	9,057	6,092	0,673	P.C	205,5	12,799	7,587	0,593	P.C	205,5
7	26,812	0	0	E.C	68,5	26,885	13,001	0,484	P.C	205,5	16,623	10,834	0,652	P.C	205,5	26,845	13,001	0,484	P.C	205,5
6	40,78	0	0	E.C	68,5	41,605	17,566	0,422	P.C	205,5	23,581	14,638	0,620	P.C	205,5	41,605	17,566	0,422	P.C	205,5
5	54,752	0	0	E.C	68,5	56,932	20,919	0,367	P.C	205,5	30,065	17,433	0,579	P.C	205,5	56,932	20,919	0,367	P.C	205,5
4	68,723	0	0	E.C	68,5	72,166	24,349	0,337	P.C	205,5	36,623	20,291	0,553	P.C	205,5	72,166	24,349	0,337	P.C	205,5
3	82,693	0	0	E.C	68,5	88,371	24,476	0,277	P.C	205,5	42,379	20,397	0,481	P.C	205,5	88,371	24,476	0,277	P.C	205,5
2	96,663	0	0	E.C	68,5	104,78	28,09	0,268	P.C	205,5	47,960	23,411	0,488	P.C	205,5	104,78	28,09	0,268	P.C	205,5
1	110,633	0,129	0,0016	E.C	68,99	120,478	33,245	0,276	P.C	205,5	54,136	27,428	0,507	P.C	205,5	120,478	33,245	0,276	P.C	205,5

Sens longitudinal

$e_1 = 0,075m$

Poteau 6-4

NIV	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{max}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{min}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{corr}	M^{max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
8	2,86	0	0	E.C	68,5	3,521	9,032	2,56	P.C	205,5	1,364	7,527	5,51	P.C	205,5	3,521	9,032	2,56	P.C	205,5
7	6,104	0	0	E.C	68,5	8,496	16,283	1,91	P.C	205,5	2,588	13,159	8,60	P.C	205,5	8,496	16,283	1,91	P.C	205,5
6	9,348	0	0	E.C	68,5	14,795	22,894	1,55	P.C	205,5	2,472	19,058	7,70	P.C	205,5	14,795	22,894	1,55	P.C	205,5
5	12,225	0	0	E.C	68,5	22,134	28,138	1,28	P.C	205,5	4,220	23,974	5,68	P.C	205,5	22,134	28,138	1,28	P.C	205,5
4	15,936	0	0	E.C	68,5	30,095	31,28	1,04	P.C	205,5	-6,393	31,28	4,95	P.T	205,5	30,095	31,28	1,04	P.C	205,5
3	19,08	0	0	E.C	68,5	39,037	34,583	0,88	P.C	205,5	-9,183	34,583	3,76	P.T	205,5	39,037	34,583	0,88	P.C	205,5
2	22,324	0	0	E.C	68,5	48,459	36,636	0,75	P.C	205,5	12,452	36,636	2,94	P.T	205,5	48,459	36,636	0,75	P.C	205,5
1	25,568	0	0	E.C	68,5	53,829	32,183	0,59	P.C	205,5	13,234	32,183	2,43	P.T	205,5	53,829	32,183	0,59	P.C	205,5

Sens transversal.

NIV	SP1					SP2					SP2					SP2				
	N	M	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{max}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{min}	M^{corr}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$	N^{corr}	M^{max}	e_0	Soll	$\bar{\sigma}_b$
8	10,34	1,066	0,103	E.C	99,85	12,76	6,612	0,518	P.C	205,5	4,93	4,629	0,939	P.C	205,5	12,76	6,612	0,518	P.C	205,5
7	24,57	1,189	0,045	E.C	82,20	31,53	10,576	0,335	P.C	205,5	9,21	7,502	0,913	P.C	205,5	31,53	10,576	0,335	P.C	205,5
6	38,78	1,159	0,029	E.C	77,33	53,70	13,914	0,259	P.C	205,5	8,64	10,328	1,19	P.C	205,5	53,70	13,914	0,259	P.C	205,5
5	52,99	1,159	0,022	E.C	75,19	71,48	15,896	0,203	E.C	130,3	7,80	11,919	2,53	P.C	205,5	71,48	15,896	0,203	E.C	130,3
4	67,21	1,159	0,017	E.C	73,67	105,97	18,006	0,169	E.C	119,95	15,98	13,737	0,877	P.C	205,5	105,97	18,006	0,169	E.C	119,95
3	81,43	1,059	0,014	E.C	72,76	134,54	18,093	0,134	E.C	109,3	19,4	15,997	0,824	P.C	205,5	134,54	18,093	0,134	E.C	109,3
2	95,65	1,159	0,012	E.C	72,15	164,22	20,917	0,127	E.C	107,16	16,88	19,539	1,18	P.C	205,5	164,22	20,917	0,127	E.C	107,16
1	103,08	1,086	0,011	E.C	71,85	189,45	25,11	0,132	E.C	108,68	23,88	23,061	0,965	P.C	205,5	189,45	25,11	0,132	E.C	108,68

● calcul des armatures longitudinales (sous SP₁)

le calcul sous SP₁ a donné des sections d'armatures négatives c'est à dire qu'on a pas besoin d'acier ; et on a trouvé des sections très faibles, pour cela on donne seulement les sections minimales.

• Armatures min sous SP₁ :

- sens longitudinal :

$$\theta_2 = 2,47 ; \theta_3 = 1,52 .$$

• sections entièrement comprimées

Pot	(2-4)					
NIV	6	5	4	3	2	1
N	4,295	5,781	7,277	8,773	10,269	11,765
θ_2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
A _{min}	0,41	0,55	0,69	0,84	0,98	1,13

- sens longitudinal :

$$\theta_2 = 2,47 ; \theta_3 = 1,52$$

• sections entièrement comprimées

Pot	(3-3)							
NIV	{}	7	6	5	4	3	2	1
N	2,86	6,104	9,348	12,592	15,836	19,080	22,324	25,568
θ_2	1	1	1	1	1	1	1	1
A _{min}	0,19	0,42	0,64	0,86	1,08	1,30	1,53	1,75

- sens longitudinal :

$$\theta_2 = 2,47 ; \theta_3 = 1,52$$

• sections entièrement comprimées

Pot	(6-4)							
NIV	{}	7	6	5	4	3	2	1
N	2,86	6,104	9,348	12,592	15,836	19,080	22,324	25,568
θ_2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
A _{min}	0,27	0,58	0,89	1,2	1,52	1,85	2,19	2,45

- sens longitudinal : $\theta_2 = 2,47$; $\theta_3 = 1,52$. sections partiellement comprimées

Pol	Sens	NIV	N	α	$y_1 = \alpha \cdot R$	σ_m^2	θ_2	A_{min}
(8-4)	Long	{}	1,269	0,423	17,343	1,63	1,4	0,32
		7	2,789	0,338	13,858	4,47	1,4	0,87

- sens transversal : $\theta_2 = 2,47$; $\theta_3 = 1,52$. sections entièrement comprimées

Pol	(8-4)							
NIV	{}	7	6	5	4	3	2	1
N	12,832	29,72	46,60	63,479	80,358	97,24	114,19	130,919
θ_2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
A_{min}	1,23	2,35	4,46	6,08	7,70	9,32	10,95	12,55

- sens transversal : $\theta_2 = 2,47$; $\theta_3 = 1,52$. sections entièrement comprimées

Pol	(8-3)							
NIV	{}	7	6	5	4	3	2	1
N	12,832	26,822	40,78	54,752	68,723	82,693	96,663	110,633
θ_2	1	1	1	1	1	1	1	1
A_{min}	1,23	1,85	2,79	3,75	4,70	5,66	6,62	7,57

- sens transversal : $\theta_2 = 2,47$; $\theta_3 = 1,52$. sections entièrement comprimées

Pol	(6-4)							
NIV	{}	7	6	5	4	3	2	1
N	10,34	24,57	38,78	52,99	67,21	81,43	95,65	109,88
θ_2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
A_{min}	0,99	2,35	3,71	5,08	6,44	7,81	9,17	9,83

Calcul des armatures longitudinales Poteau (8-3) sous $5P_2$

SOLL	N^{MAX} et M^{CORR}															
	Longitudinal								transversal							
SENS																
NIV	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
N	3,828	9,748	17,057	26,057	35,966	47,482	59,561	66,003	12,799	26,845	41,601	56,932	72,166	88,371	104,78	120,478
M	12,811	19,255	32,488	40,823	44,387	49,063	51,988	41,188	7,587	73,001	77,566	20,919	24,349	24,476	28,09	33,245
e_0	3,35	1,97	1,90	1,56	1,23	1,03	0,87	0,82	0,593	0,489	0,422	0,367	0,337	0,277	0,268	0,276
$\bar{\sigma}_b$	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	3,535	2,755	2,085	1,745	1,485	1,215	1,055	1,805	0,778	0,669	0,607	0,552	0,522	0,462	0,453	0,463
M_f	13,53	21	35,56	45,48	50,89	57,69	62,84	53,13	9,96	17,96	25,25	31,43	37,67	40,83	47,46	55,54
μ	0,0638	0,0991	0,1678	0,2147	0,2403	0,2724	0,2967	0,2508	0,047	0,0848	0,1192	0,1484	0,1778	0,1927	0,2290	0,2622
K	32,9	24,9	17,45	14,65	13,55	12,36	11,56	13,15	39,7	27,5	22,05	19	16,79	15,85	14,25	12,7
E	0,8956	0,8797	0,8453	0,8315	0,825	0,8113	0,8115	0,8225	0,9082	0,8824	0,8650	0,8529	0,8425	0,8380	0,8290	0,8195
$\bar{\sigma}_b$	127,66	168,67	240,68	286,69	303,96	339,8	363,32	319,39	105,79	152,73	190,5	229,05	250,75	264,98	294,74	330,7
\bar{K}	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44				20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
α			0,423	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423				0,423	0,423	0,423	0,423	0,423
E			0,8590	0,8590	0,8590	0,8590	0,859	0,859				0,859	0,859	0,859	0,859	0,859
μ			0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817				0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817
y_1			17,343	17,343	17,343	17,343	17,343	17,343				17,343	17,343	17,343	17,343	17,343
$\bar{\sigma}_a$			2371,55	2371,55	2371,55	2371,55	2371,55	2371,55				2371,55	2371,55	2371,55	2371,55	2371,55
M_1			28,24	28,24	28,24	28,24	28,24	28,24				28,24	28,24	28,24	28,24	28,24
ΔM			7,82	17,24	22,65	29,45	34,6	24,89				3,19	9,43	12,59	19,22	27,30
A'			8,34	19,64	25,81	33,56	38,43	43,36				3,63	10,75	14,34	21,90	31,10
A_{g1}	8,77	13,94	23,8	30,18	33,66	38,04	41,35	35,1	6,37	11,81	16,95	21,14	25,16	27,19	31,50	36,66
A_{g2}	7,86	17,62	19,74	23,98	25,10	26,74	27,97	19,38	3,32	5,428	7,05	7,58	7,97	6,15	6,57	7,97

13331

Calcul des armatures longitudinales

Poteau (8.3) sous SP₂

SOLL	N _{min} et M _{corr}															
	Longitudinal								Transversal.							
SENS																
NIV	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
N	1,107	0,308	1,464	2,858	3,747	5,23	5,703	0,998	9,057	10,623	23,581	30,065	36,623	42,379	47,96	54,136
M	10,683	19,255	32,488	40,823	44,387	49,886	43,324	34,282	6,092	10,734	14,638	17,433	20,291	20,397	23,411	27,468
e ₀	9,65	62,5	22,19	14,28	11,85	7,81	7,59	34,3	0,673	0,652	0,620	0,579	0,553	0,481	0,488	0,507
σ _b	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	9,835	62,685	22,375	14,468	12,035	7,995	7,775	34,485	0,858	0,837	0,805	0,764	0,738	0,666	0,673	0,692
M _g	10,88	19,3	32,76	41,34	45,095	41,89	44,34	34,45	7,76	13,91	18,98	22,97	27,03	28,22	32,27	37,46
M	0,0514	0,0911	0,1541	0,1952	0,2129	0,1974	0,2093	0,1626	0,0366	0,0656	0,0896	0,1084	0,1276	0,1332	0,1523	0,1768
K	37,6	26,3	18,5	15,7	14,78	15,62	14,8	17,85	46,2	32,4	26,55	23,47	21,05	20,45	18,68	16,84
E	0,0049	0,8789	0,8508	0,8371	0,8320	0,8368	0,8322	0,8478	0,9183	0,8945	0,8793	0,870	0,8613	0,8589	0,8514	0,843
σ _b	111,70	159,69	227,03	267,52	284,74	268,88	283,78	235,29	90,9	129,63	158,19	178,95	199,52	205,37	224,84	249,4
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44							20,44	20,44
α			0,423	0,423	0,423	0,423	0,423	0,423							0,423	0,423
E			0,859	0,859	0,859	0,859	0,859	0,859							0,859	0,859
μ'			0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817							0,1817	0,1817
γ ₁			17,343	17,343	17,343	17,343	17,343	17,343							17,343	17,343
σ _a			2379,55	2379,55	2379,55	2379,55	2379,55	2379,55							2379,55	2379,55
M ₁			28,24	28,24	28,24	28,24	28,24	28,24							28,24	28,24
ΔM			4,52	13,1	16,88	13,57	16,1	6,21							4,03	9,22
A'			5,15	14,93	19,2	15,46	18,35	7,07							4,82	11,04
A _{fc}	6,98	12,75	22	27,52	29,93	27,82	29,45	23,08	4,9	9,03	12,53	15,33	18,22	19,08	21,68	26,19
A _{fc}	6,72	12,67	21,65	26,84	29,04	26,58	28,09	22,84	2,75	5,07	6,92	8,17	9,5	8,98	10,26	13,30

Calcul des armatures longitudinales poteau (B-4) sous SP_2

Soll	N^{max} et M^{corr}															
	Longitudinal								transversal							
Sens																
NIV	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
N	3,869	11,594	23,16	38,377	55,793	75,13	36,073	115,389	12,799	29,348	46,413	64,444	82,184	100,894	119,808	138,091
M	3,094	5,700	6,670	8,325	9,647	9,694	9,758	15,703	7,587	13,967	18,508	21,862	25,291	25,418	29,135	33,245
e_0	1,02	0,44	0,28	0,22	0,17	0,13	0,10	0,14	0,593	0,476	0,397	0,339	0,307	0,252	0,242	0,240
\bar{e}_b	205,5	205,5	205,5	135,47	120,25	108,07	98,94	111,12	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
η	1,205	0,625	0,465	0,405	0,355	0,315	0,285	0,225	0,778	0,661	0,582	0,524	0,492	0,437	0,427	0,425
M_f	4,66	7,25	10,77	15,52	19,80	23,66	27,38	37,50	9,96	19,339	27,123	33,768	40,434	44,09	51,858	58,654
μ	0,022	0,0342	0,0508	0,0727	0,0935	0,1117	0,1312	0,1770	0,0470	0,0916	0,1280	0,1595	0,1909	0,2089	0,2415	0,2769
K	62	48	37,9	30,35	25,85	23	20,65	16,85	39,7	26,1	21	18,1	15,95	15	13,46	12,18
ϵ	0,9351	0,9206	0,9055	0,8897	0,8735	0,8684	0,8597	0,8430	0,9082	0,8786	0,8611	0,8489	0,8384	0,8333	0,8242	0,8160
σ_b	67,74	87,5	110,82	138,38	162,47	182,6	203,38	249,26	105,79	160,92	200	232,04	263,32	280	312,03	344,827
$\bar{\kappa}$				31	34,93	38,86	42,45	37,79				20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
κ				0,3261	0,3004	0,278	0,261	0,2841				0,423	0,423	0,423	0,423	0,423
ϵ				0,8913	0,8999	0,9072	0,9130	0,9053				0,859	0,859	0,859	0,859	0,859
μ'				0,1453	0,1351	0,1262	0,1190	0,1286				0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817
γ_1				13,37	12,32	11,4	10,71	11,65				17,343	17,343	17,343	17,343	17,343
σ_s				2032,03	1803,75	1630,5	1484,8	1666,8				2371,55	2371,55	2371,55	2371,55	2371,55
M_1				14,89	12,29	10,32	9,9	10,8				28,24	28,24	28,24	28,24	28,24
δM				0,63	7,51	13,34	18,47	26,69				5,528	12,194	15,85	22,918	30,414
λ'				0,84	11,25	22,11	33,64	43,27				6,299	13,897	18,063	26,118	34,66
A_{fs}	2,89	4,57	6,9	10,1	12,76	15,19	17,55	24,1	6,368	12,82	18,29	22,65	26,93	29,29	33,83	38,66
A_{fc}	1,97	1,81	1,38	0,96	<0	<0	<0	<0	3,32	5,83	7,19	7,30	7,37	5,26	5,30	5,80

Calcul des armatures longitudinales Poteau (8-4) sous SP_2

Soll		N_{min} et M_{corr}															
Sens	Longitudinal								transversal								
NIV	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
N	2,376	5,742	13,365	24,039	36,529	50,913	66,635	83,001	9,057	17,007	24,35	31,218	38,164	44,302	50,263	56,829	
M	2,176	3,918	5,239	6,618	7,72	8,65	9,42	10,03	6,092	10,448	14,269	17,056	19,910	20,02	23,034	27,468	
Co	1,60	0,690	0,390	0,270	0,210	0,150	0,130	0,370	0,672	0,614	0,595	0,546	0,522	0,452	0,458	0,483	
$\bar{\sigma}_b$	205,5	205,5	205,5	205,5	132,43	114,16	108,07	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	
f	1,785	0,865	0,575	0,455	0,395	0,335	0,345	0,555	0,857	0,799	0,770	0,731	0,707	0,637	0,643	0,668	
Mp	2,350	4,960	7,680	10,930	14,930	17,015	20,990	44,950	7,760	13,580	18,760	22,820	26,980	28,220	32,320	37,960	
m	0,0110	0,0234	0,0362	0,0516	0,0681	0,0805	0,0991	0,2122	0,0360	0,0641	0,0885	0,1077	0,1223	0,1332	0,1526	0,1792	
K	91,5	60	46,4	37,6	32,6	28,5	24,9	14,8	46,2	32,8	26,8	23,57	21,05	20,45	18,65	15,5	
Z	0,9531	0,9334	0,9186	0,9049	0,8920	0,8851	0,8747	0,8322	0,9183	0,8954	0,8804	0,8706	0,8613	0,8591	0,8574	0,8362	
σ'_b	45,9	70	90,51	111,7	132,91	147,36	168,47	283,78	90,9	128,05	156,72	178,12	199,13	205,3	225,2	270,96	
K								20,44							20,44	20,44	
α								0,423							0,423	0,423	
E								0,859							0,859	0,859	
M'								0,1817							0,1817	0,1817	
Y1								17,343							17,343	17,343	
σ'_a								2371,55							2371,55	2371,55	
M1								28,24							28,24	28,24	
ΔM								16,7							4,08	9,72	
A'								19,04							4,64	11,07	
As	1,43	3,086	4,85	7,014	10,13	11,18	13,93	29,84	4,9	8,8	12,3	15,22	17,82	19,07	21,71	25,34	
Ac	1,12	1,72	1,67	1,29	1,43	<0	<0	29,82	2,74	4,75	6,57	7,78	8,73	8,53	9,75	11,81	

91

SOLL	N_{max} et M_{corr}															
	Longitudinal								Transversal							
SENS																
NIV	B	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1
N	3,521	8,496	14,795	22,131	30,015	39,037	48,459	53,829	12,76	31,53	53,7	78,48	105,97	134,54	162,22	189,45
M	9,032	16,283	22,894	28,838	34,28	34,573	36,638	32,183	6,612	10,576	13,914	15,896	18,006	18,093	20,917	25,11
e_0	2,56	1,91	1,55	1,28	1,04	0,88	0,75	0,59	0,518	0,335	0,259	0,203	0,169	0,134	0,127	0,132
$\bar{\sigma}_b$	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	130,3	119,95	109,3	102,16	108,68
f	2,745	2,095	1,735	1,465	1,225	1,065	0,935	0,775	0,702	0,520	0,444	0,388	0,354	0,319	0,312	0,317
M_f	8,71	17,79	25,67	32,42	36,77	41,57	45,34	41,72	8,97	16,39	23,84	30,45	37,51	42,92	51,24	60,05
μ	0,0411	0,0839	0,1211	0,153	0,1736	0,1962	0,2139	0,1967	0,0423	0,0774	0,1125	0,1437	0,1770	0,2026	0,2419	0,2835
K	43	27,7	21,8	18,6	17,15	15,67	14,75	15,69	42,4	29,2	22,9	19,45	16,85	16,1	13,43	11,98
ϵ	0,9138	0,8629	0,8641	0,8512	0,8445	0,8368	0,8320	0,8369	0,929	0,8869	0,8681	0,8549	0,843	0,8392	0,8241	0,8145
σ'_b	97,67	151,62	192,66	225,8	244,89	268,03	284,74	267,67	99,06	143,84	183,4	215,94	249,26	260,87	312,73	350,58
\bar{K}	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	19,45	16,85	16,09	13,43	11,98
α				0,423	0,423	0,423	0,423	0,423				0,4354	0,4710	0,4823	0,528	0,5558
ϵ				0,859	0,859	0,859	0,859	0,859				0,8549	0,8420	0,8392	0,8235	0,8146
μ'				0,1817	0,1817	0,1817	0,1817	0,1817				0,1864	0,1985	0,2024	0,2174	0,2268
γ_0				17,342	17,343	17,343	17,343	17,342				17,85	19,31	19,77	21,65	22,78
σ'_a				2374,55	2374,55	2374,55	2374,55	2374,55				1516,5	1426,5	1307,78	1310,42	1340,95
M_0				28,24	28,24	28,24	28,24	28,24				18,34	18,01	16,73	17,62	18,64
ΔM				4,18	8,53	13,33	17,07	13,48				12,11	19,5	26,19	33,61	41,41
A'				4,76	9,72	15,19	19,45	15,36				21,58	36,94	54,12	69,34	83,27
A_{fd}	6,53	11,7	17,25	21,78	24,58	27,66	30,07	27,76	5,6	10,73	15,95	20,25	24,95	28,43	34,06	40,27
A_{fc}	4,66	8,67	13,73	16,51	17,43	18,37	18,54	14,95	2,57	3,22	3,46	1,56	<0	<0	<0	<0

Calcul des armatures longitudinales

Poteau 6-4. sous SR2

		N _{min} et M _{corr}															
SOLL	Longitudinal								Transversal								
SENS																	
NIV	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4	3	2	1	
N	1,364	1,588	2,472	4,22	6,316	9,183	12,452	13,234	4,93	8,21	8,64	7,8	15,48	19,4	16,48	23,88	
M	4,527	13,659	19,058	23,874	31,28	34,573	36,636	32,183	4,629	7,502	10,328	11,979	13,731	15,997	19,539	23,061	
e ₀	5,51	8,6	7,7	5,68	4,95	3,76	2,94	2,43	0,939	0,913	1,19	1,53	0,887	0,824	1,18	0,965	
σ _b	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	
f	5,695	8,785	7,885	5,865	5,135	3,945	3,125	2,615	1,124	1,098	1,375	1,715	1,072	1,009	1,365	1,15	
M _f	7,76	13,85	19,49	24,75	32,43	32,23	38,91	34,6	5,54	9,015	11,88	13,377	16,59	19,57	22,49	27,46	
μ	0,0366	0,0654	0,092	0,1168	0,1531	0,1521	0,1837	0,1633	0,0261	0,0425	0,0560	0,0631	0,0783	0,0924	0,1062	0,1296	
K	46,2	32,4	26,1	22,35	18,6	18,7	16,4	17,8	56,45	42,2	35,8	33,2	29	26,05	23,8	20,85	
E	0,9183	0,8941	0,8783	0,8661	0,8512	0,841	0,8408	0,8476	0,9298	0,9126	0,9016	0,8963	0,8984	0,8781	0,8711	0,8605	
σ _b	90,90	129,63	160,92	187,92	225,8	224,59	256,09	235,95	74,4	99,53	117,32	126,5	144,83	161,23	176,47	201,44	
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	
α					0,4230	0,4230	0,4230	0,4230									
E					0,8590	0,8590	0,8590	0,8590									
M'					0,1817	0,1817	0,1817	0,1817									
Y ₁					17,343	17,343	17,343	17,343									
σ _a					2371,55	2371,55	2371,55	2371,55									
M _a					28,24	28,24	28,24	28,24									
ΔM					4,19	3,99	10,67	6,36									
A'					4,77	4,55	12,16	7,25									
A _{fc}	4,9	8,99	12,88	16,59	21,78	21,66	26,92	23,76	3,46	5,73	7,65	8,67	10,87	12,94	14,99	18,53	
A _{fc}	4,57	8,61	12,29	15,58	23,29	23,85	29,88	26,91	2,28	3,78	5,59	6,8	7,18	8,32	11,07	12,85	

Tableaux récapitulatifs du ferrailage
des poteaux

. Poteau (8-4)

SOLL	SP1			SP2		A _{min} (RPA)	A _{max} (RPA)	Adoptée	Ferrailage	
	A _{min} Long	A _{min} trans	A _{min} totale	A=A' Long	A=A' trans				Longitudinal	transversal
8	0,32	1,23	1,55	1,07	3,32	20,25	81	22,24	2(2T14 + 2T16)	2(4T16)
7	0,87	2,85	3,72	1,81	5,83	20,25	81	22,24	2(2T14 + 2T16)	2(4T16)
6	0,41	4,46	4,87	1,67	7,19	20,25	81	22,24	2(2T14 + 2T16)	2(4T16)
5	0,53	6,08	6,61	1,29	7,78	20,25	81	22,24	2(2T14 + 2T16)	2(4T16)
4	0,69	7,70	8,39	11,85	13,89	20,25	81	33,16	2(2T20 + 2T16)	2(4T20)
3	0,84	9,32	10,16	22,44	18,03	20,25	81	43,78	2(6T20)	2(4T20)
2	0,98	10,95	11,93	33,64	26,12	20,25	81	58,9	2(4T25)	2(4T25)
1	1,13	12,55	13,68	43,27	34,66	20,25	81	78,52	2(5T25)	2(5T25)

. Poteau (8-3)

SOLL	SP1			SP2		A _{min} (RPA)	A _{max} (RPA)	Adoptée	Ferrailage	
	A _{min} Long	A _{min} trans	A _{min} totale	A=A' Long	A=A' trans				Longitudinal	transversal
8	0,19	1,13	1,42	7,86	3,32	20,25	81	22,24	2(4T16)	2(2T14 + 2T16)
7	0,42	1,83	2,25	12,67	5,43	20,25	81	22,24	2(4T16)	2(2T14 + 2T16)
6	0,64	2,79	3,43	24,65	7,05	20,25	81	30,28	2(4T16 + 2T14)	2(4T16)
5	0,86	3,75	4,61	26,84	8,17	20,25	81	50	2(4T20 + 2T14)	2(2T20 + 2T14)
4	1,08	4,70	5,78	29,04	10,75	20,25	81	50	2(4T20 + 2T14)	2(2T20 + 2T14)
3	1,30	5,66	6,96	33,56	14,34	20,25	81	53,76	2(4T20 + 2T16)	2(2T20 + 2T14)
2	1,53	6,62	8,15	38,43	21,90	20,25	81	58,9	2(4T25)	2(4T25)
1	1,75	7,57	9,32	43,36	34,20	20,25	81	78,52	2(5T25)	2(5T25)

Poteau (6-4)

Soll	SP1			SP2		A^{min} (RPA)	A^{max} (RPA)	$A_{adp.lic}$	Ferrailage	
	A^{min} Long	A^{min} trans	A^{min} total	$A=A'$ Long	$A=A'$ trans				Longitudinal	transversal
8	0,27	0,99	1,26	4,66	2,57	20,25	81	22,24	2(4T16)	2(2T16+2T14)
7	0,58	2,35	2,93	9,67	3,78	20,25	81	22,24	2(4T16)	2(2T16+2T14)
6	0,89	3,71	4,60	13,73	5,59	20,25	81	22,24	2(4T16)	2(2T16+2T14)
5	1,2	5,08	6,28	16,51	21,58	20,25	81	22,24	2(2T20+2T16)	2(4T14+4T20)
4	1,52	6,44	7,96	23,29	36,94	20,25	81	33,16	2(2T25+2T20)	2(4T25)
3	1,83	7,81	9,64	23,85	54,92	20,25	81	43,78	2(4T25)	2(4T20+4T25)
2	2,14	9,17	11,31	29,88	69,34	20,25	81	58,9	2(8T25)	2(8T25)
1	2,45	9,88	12,33	26,91	83,23	20,25	81	78,52	2(8T25)	2(8T25)

Vu qu'on a trouvé, une section plus grande que la section maximale, alors on change le coffrage des poteaux de la file 6-6, On adoptera les dimensions 50x50 pour les poteaux du 1^{er} étage et 35x35 pour RDC

* Armatures transversales

vérification de la résistance à l'effort tranchant.

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot s} < \bar{\tau}_b = 0,15 \cdot \sigma_{28} = 0,15 \cdot 275 = 41,25 \text{ kg/cm}^2$$

T: l'effort tranchant de calcul; $s = \frac{h}{8}$, b: largeur du poteau

$$n = \begin{cases} 2 \rightarrow \text{Si } \lambda \text{ dans la direction considérée} > 15 \\ 3 \rightarrow \text{Si } \lambda \text{ " " " " " " } < 15 \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{l_c}{i} \quad \text{avec } l_c = \sqrt{\frac{I}{B}} : \text{rayon de giration}$$

I_c : m^4 d'inertie de la section

Remarque: l'effort tranchant T a été choisi comme

B: surface de la section

$$\text{Suit: } T = \max(T_l^{\max}, T_t^{\max})$$

T_l^{\max} : effort longitudinal max pour tous les niveaux

T_t^{\max} : effort transversal max pour tous les niveaux

Poteau	l_c (m)	I (m ⁴)	B (m ²)	i	λ	n	T (t)	\bar{z} (cm)	\bar{z}_b (kg/l)	\bar{E}_b (kg/cm ²)
B-4	2,54	$341,72 \cdot 10^4$	0,2025	$1,29 \cdot 10^1$	19,56	2	11,844	35,875	14,67	41,25
B-3	2,54	$341,72 \cdot 10^5$	0,2025	$1,29 \cdot 10^1$	19,56	2	23,87	35,815	29,62	41,25
B-4	2,54	$341,72 \cdot 10^5$	0,2025	$1,29 \cdot 10^1$	19,56	2	46,821	35,815	20,84	41,25

$\bar{z}_b < \bar{z}_b$ Condition vérifiée

Ecartement des armatures transversales

On disposera dans chaque section des cadres et des étriers pour lesquels, on calculera les espacements qu'on comparera à l'espacement admissible et on adoptera pour un espacement.

Espacement admissible $\bar{E} \leq \min(\phi_{\min}, 15 \text{ cm}) \rightarrow$ zone nodale.
 $\bar{E} \leq 12 \phi_{\min} \rightarrow$ zone courante

l'espacement théorique des armatures est $t = \frac{A_s \cdot \bar{E}_a}{T_c}$

la longueur admissible de recouvrement doit être:

$$l_d = \begin{cases} \phi \geq 50 \phi \\ \frac{\phi \cdot \bar{E}_a}{4 \cdot \bar{E}_d} \end{cases}$$

On utilise de l'acier E24 $\rightarrow \sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$\frac{\phi \cdot 2800}{4 \cdot 1,25 \cdot \bar{E}_d} = 42,17 \phi \rightarrow \text{donc on prend } l_d \geq 50 \phi.$$

la quantité d'armatures transversales minimale est donnée par:

$$A_{t \min} = 0,004 \cdot l \cdot b \quad b: \text{largeur du poteau.}$$

Poc	NIV	EXT	Z	At	mbre de cadres et écries	t	Z. courante		Z. nodale	
							E	Éadopté	E	Éadopté
(8-4)	8	3,302	35,875	2,01	cadres + écries	81,87	16,8	12	14	12
	7	6,704	35,875	"	"	40,33	16,8	12	14	12
	6	9,186	"	"	"	27,99	16,8	12	14	12
	5	12,412	"	"	"	22,29	19,2	12	15	12
	4	14,46	"	"	"	19,08	24	12	15	12
	3	15,652	"	"	"	14,27	24	12	15	12
	2	16,584	"	"	"	16,30	30	12	15	12
	1	23,688	"	"	2 cadres + écries	19,44	30	10	15	10
(8-3)	8	9,492	"	"	2 cadres esp 10	28,48	16,8	12	14	12
	7	12,294	"	"	"	21,99	16,8	12	14	12
	6	21,888	"	"	"	9,69	16,8	9	14	9
	5	35,036	"	"	"	7,671	16,8	7	14	7
	4	40,76	"	"	"	6,63	16,8	6	14	6
	3	45,054	"	"	"	6	16,8	6	14	6
	2	47,74	"	"	"	5,66	30	6	14	6
	1	29,746	"	"	2 cadres d ₁₀ + 4et	9,08	30	9	15	9
(6-4)	8	6,688	"	"	2 cadres d ₁₀	40,42	16,8	12	14	12
	7	13,596	"	"	"	19,88	16,8	12	14	12
	6	19,648	"	"	"	13,76	16,8	12	14	12
	5	24,69	"	"	"	10,95	16,8	10	14	10
	4	28,724	"	"	"	9,47	16,8	9	15	9
	3	34,748	"	"	"	8,50	24		15	8
	2	33,642	"	"	"	9,01	30		15	9
	1	23,27	"	"	"	14,45	30		15	14

VOILE PERIPHERIQUE

* Prescription "R.P.A. 81"

les ossatures au dessous du niveau de base; formées de poteaux courts (Vides sanitaires) doivent comporter un voile periphérique continu entre le niveau des fondations et le niveau de base en Zones II et III.

Ce voile doit avoir les caractéristiques minimales ci-dessous:

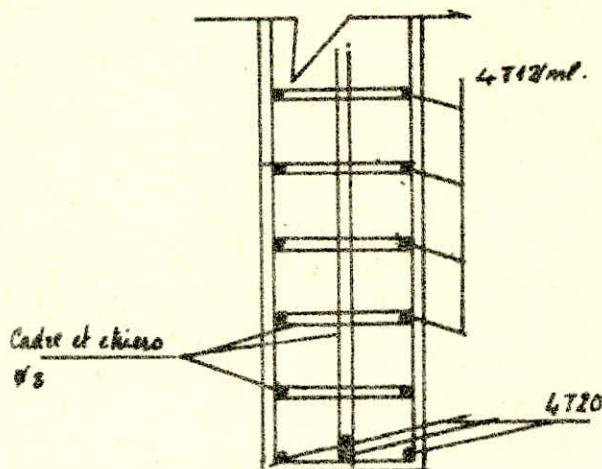
- épaisseur $\geq 15\text{ cm}$
- Armatures longitudinales filantes supérieures et inférieures de section $\geq 0,2\%$ de la section transversale totale du béton avec recouvrement $\geq 50\phi$, égare de renforcement dans les angles
- Armatures longitudinales de peau de section $\geq 2\text{ cm}^2$ par face et par ml de hauteur.

Ferraillage:

$$h = 297,4 \text{ cm} \quad e = 20 \text{ cm}$$

$$A_e = \frac{0,2 \times 297,4 \times 20}{100} = 11,89 \text{ cm}^2 \quad \text{soit } 4T20 \quad (A = 12,56 \text{ cm}^2)$$

$$A_e \text{ de peau } \geq 2 \text{ cm}^2/\text{ml} \Rightarrow \text{Soit } 4T12 \quad (A = 4,52 \text{ cm}^2) / \text{ml} \text{ et par face.}$$



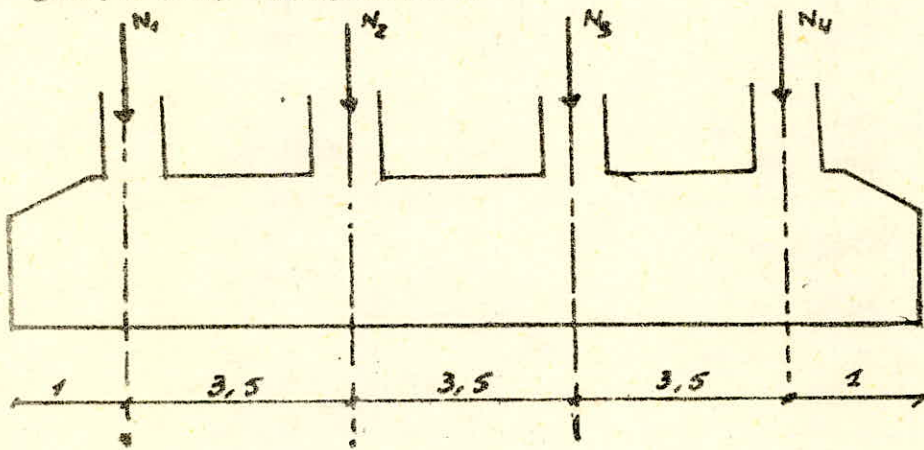
Fondations

Le terrain sur lequel doit être fondé le bâtiment a pour contrainte admissible $\bar{\sigma}_3 = 2 \text{ bars} = 2,04 \text{ kg/cm}^2$ à 1,5 m de profondeur.

La densité du sol est supposée égale à $\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$

on disposera au dessous des poutres une couche de béton de propreté de 10 cm

Le type de fondation retenue est semelle rigide continue pour 4 poteaux dans le sens transversal



dimensionnement de la semelle :

$$R = N_1 + N_2 + N_3 + N_4$$

$$R = 360,8 \text{ t.}$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 44,55 \text{ t.} \\ N_2 &= 95,93 \text{ t.} \\ N_3 &= 88,09 \text{ t.} \\ N_4 &= 132,29 \text{ t.} \end{aligned}$$

SoussP2.

Soit $L =$ Longueur de la semelle $= 12,5 \text{ m}$

$B =$ Largeur de la semelle.

$$s = B \cdot L \geq \frac{R}{\bar{\sigma}_3} \rightarrow B \geq \frac{R}{L \cdot \bar{\sigma}_3} = \frac{360,8 \cdot 10^3}{12,5 \cdot 2,04} = 141,48 \text{ cm}$$

on prend $B = 200 \text{ cm}$.

Le fonctionnement de cette semelle qui doit être assez rigide se fait dans

2 directions de la poutre de rigidité doit être telle que :

$$ht = \left(\frac{l}{6} \div \frac{l}{9} \right) \text{ où } l = \text{distance entre axe des poteaux.}$$

$$ht = \left(\frac{350}{6} \div \frac{350}{9} \right) = (58,3 \div 38,8) \text{ cm ; on prend } ht = 70 \text{ cm}$$

Ce qui ne fera qu'augmenter la rigidité et $d = 5 \text{ cm} \rightarrow h = 65 \text{ cm}$

$e \geq 6\phi + 6 \text{ cm}$ avec $\phi = 16 \rightarrow e \geq 95,6 \text{ cm} \rightarrow$ on prend $e = 20 \text{ cm}$

* bilan et position des efforts sur la semelle :

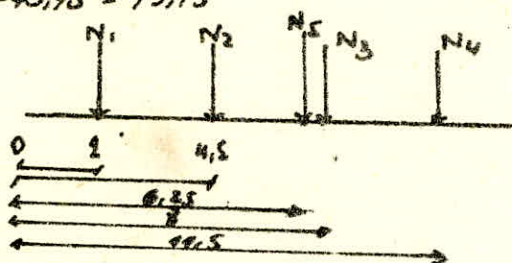
$N_{\text{total}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + \text{ poids de la semelle} + \text{ poids des terres.}$

- poids propre de la semelle :

$$[12,5 \cdot 2,5 \cdot 0,70 \cdot 2] = 43,75 \text{ t.}$$

- poids des terres : $N_5 = 2(1,5 - 0,70) \cdot 12,5 \cdot 1,8 = 36 \text{ t.}$

$$N_5 = 36 + 43,75 = 79,75$$



* Résultante des efforts normaux et position de cette résultante :

$$N_{\text{total}} = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 = 440,55 \text{ t}$$

$$\sum M/O \Leftrightarrow 44,551 \cdot 1 + 95,932 \cdot 4,5 + 82,01 \cdot 8 + 432,296 \cdot 10,5 - \frac{N_{\text{total}} \cdot x_0}{1000} = 0$$

$$+ 79,75 \cdot 8 = 0 \Rightarrow x_0 = 7,26 \text{ m}$$

* l'excentricité : $e = | 7,26 - 6,25 | = 1,01$.

$$e = 1,01 \text{ m} < \frac{L}{4} = 3,125 \text{ m} \rightarrow \text{vérifiée.}$$

* pour les semelles continues sous poteaux, la répartition des contraintes sur le sol est en fonction de la raideur de la semelle pour étudier la raideur d'une semelle continue sous poteaux nous utiliserons la théorie de la poutre sur sol élastique.

on calcule en premier lieu la longueur élastique de la semelle l_e

$$l_e = \sqrt{\frac{4 E I}{K \cdot b}}$$

avec : $I = \text{m}^4 \text{ d'inertie de la semelle} : \frac{200 \cdot 70^3}{12} = 5746666,67$

$E = \text{module d'élasticité du béton}$

(on prend en moyenne $E = 2 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$)

$K = \text{coefficient de raideur du sol} (K = 4 \text{ kg/cm}^2)$
sol moyen

$b = \text{Largeur de la semelle} = 200 \text{ cm}$

$$l_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 5796666,6}{4 \cdot 200}} = 274,97 \text{ cm}$$

si $l \leq \frac{\pi}{2} \cdot l_0 \rightarrow$ Le calcul se fait en supposant une répartition linéaire des contraintes sur le sol et il n'y a pas lieu de faire les calculs relatifs à la poutre sur sol élastique.

l : distance entre les charges qui sollicitent la poutre.

$l = 350 < \frac{\pi}{2} \cdot 274,97 = 432,92 \text{ cm} \rightarrow$ don on peut supposer une répartition linéaire des contraintes sur le sol.

$e = 1,01 \text{ m} < \frac{12,5}{6} = 2,083 \text{ m} \Rightarrow$ répartition trapézoïdale.

* calcul de σ_1 et σ_2 :

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{\text{tot}}}{L \cdot B} \left(1 \pm \frac{6e}{L} \right) \cdot \begin{cases} \sigma_1 = \frac{440,55 \cdot 10^5}{1250 \cdot 200} \left(1 + \frac{6 \cdot 1,01}{12,50} \right) = 2,31 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = \frac{440,55 \cdot 10^5}{1250 \cdot 200} \left(1 - \frac{6 \cdot 1,01}{12,5} \right) = 0,9 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

* Vérification des contraintes:

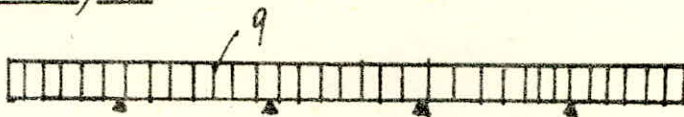
$$\sigma\left(\frac{L}{4}\right) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = 1,96 < 2,04 \text{ kg/cm}^2 = \bar{\sigma}_s$$

* Ferraillage de la semelle:

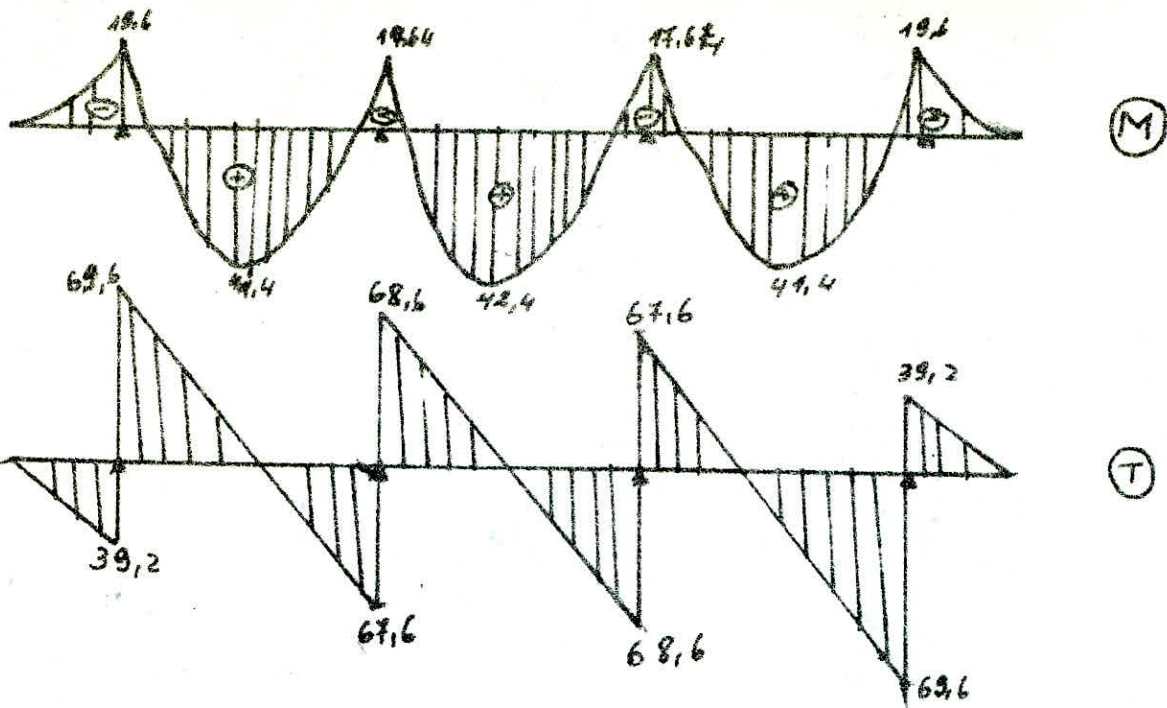
- Longitudinalement: elle agit comme une poutre renversée avec les poteaux comme appuis soumise à une charge à une charge uniformément répartie: $q = \sigma\left(\frac{L}{4}\right) \cdot B = 1,96 \cdot 200 = 392 \text{ kg}$
 $q = 39,2 \text{ t/ml}$

- calcul des efforts:

- schéma statique:



- Diagrammes de M et T:



1) Armatures en travée:

$$M^{\max} = 42,4 \text{ t.m} \rightarrow \mu = \frac{15 \cdot 42,4 \cdot 10^5}{2800 \cdot 60 \cdot 65^2} = 0,0896 \rightarrow \epsilon = 0,8798$$

$$K = 26,6$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{26,6} = 105,3 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{42,4 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8798 \cdot 65} = 26,47 \text{ cm}^2 \text{ soit } (6T20 + 4T16) = 26,88 \text{ cm}^2$$

2) Armatures en appui:

$$M^{\max} = 19,6 \text{ t.m} \rightarrow \mu = \frac{15 \cdot 19,6 \cdot 10^5}{2800 \cdot 60 \cdot 65^2} = 0,0414 \rightarrow \epsilon = 0,9138$$

$$K = 43$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{43} = 65,12 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{19,6 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9138 \cdot 65} = 11,78 \text{ cm}^2 \text{ soit } A = 6T16 = 12,06 \text{ cm}^2$$

* Vérifications :

1) condition aux appuis :

$$A \geq \left(T + \frac{M}{Z} \right) \cdot \bar{\sigma}_a = \left(69,6 \cdot 10^3 - \frac{19,6 \cdot 10^5 \cdot 8}{7 \times 65} \right) \cdot 2800 < 0 \rightarrow \text{vérifié}$$

2) condition de non entrainement des barres:

$$\tau_d = \frac{T^{\max}}{b \cdot z} = \frac{69,6 \cdot 10^3 \cdot 8}{60 \cdot 7 \cdot 65} = 17,65 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_d$$

* Armatures transversales :

$$\tau_b = \frac{69,6 \cdot 10^3 \cdot 8}{60 \cdot 7 \cdot 65} = 20,39 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{b0} < \sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b0} \rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{68,5} \right) 5,9 = 20,94 \text{ kg/cm}$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b \rightarrow$ on peut utiliser des cadres et des étriers
 ⊥ à la ligne moyenne.

$$\text{Soit } \left(\begin{array}{c} 2 \text{ cadres} \\ + \\ 1 \text{ étrier} \end{array} \right) T10 \rightarrow A_t = 4,71 \text{ cm}^2, \bar{\sigma}_{at} = 2800$$

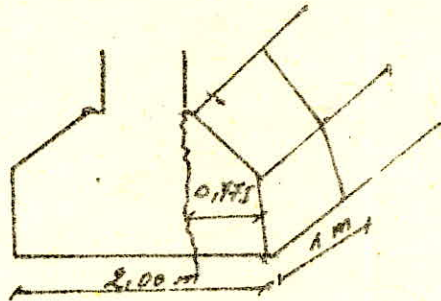
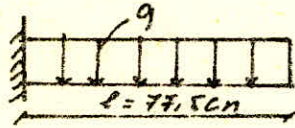
- Espacement: $t = \frac{4,71 \cdot 7 \cdot 65 \cdot 2800}{69,6 \cdot 10^3 \cdot 8} = 10,77 \text{ cm}$

- Espacement admissible: $\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1 = 0,2 \cdot h = 13 \text{ cm} \\ t_2 = \left(1 - \frac{20,39 \cdot 0,3}{5,9} \right) \cdot 65 \end{array} \right.$

on prend un espacement $t = 11 \text{ cm}$.

Armatures perpendiculaires à la poutre de rigidité :

Le calcul se fait pour une bande de (1 m), en utilisant la méthode des consoles, la section la plus dangereuse est celle de l'encastrement



$$q = 5 \left(\frac{h}{4} \right) \cdot 1.00 = 19.6 \cdot 1 = 19.6 \text{ t/ml}$$

$$M^{\max} = \frac{q \cdot l^2}{2} = \frac{19.6 \cdot 0.775^2}{2} = 5.88 \text{ t.m.}$$

$$T^{\max} = q \cdot l = 19.6 \cdot 0.775 = 15.19 \text{ t}$$

$$\mu = \frac{15.19 \cdot 5.88 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 65^2} = 0.0075 \quad \begin{cases} \nearrow \epsilon = 0.9609 \\ \searrow K = 113 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{2800}{113} = 24.7 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{5.88 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0.9609 \cdot 65} = 3.36 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{soit } (A = 6.72 \rightarrow 6712/\text{ml})$$

$e = 80 \text{ cm}$

- Vérification de cisaillement au niveau de l'encastrement :

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{15.19 \cdot 10^3 \cdot 8}{100 \cdot 7 \cdot 65} = 2.67 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_{b0} \Rightarrow \bar{\tau}_b = 3.5 \cdot \bar{\sigma}_b = 3.5 \cdot 2.67 = 9.35 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = 2.67 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b \rightarrow \text{Pas de risque de cisaillement}$$

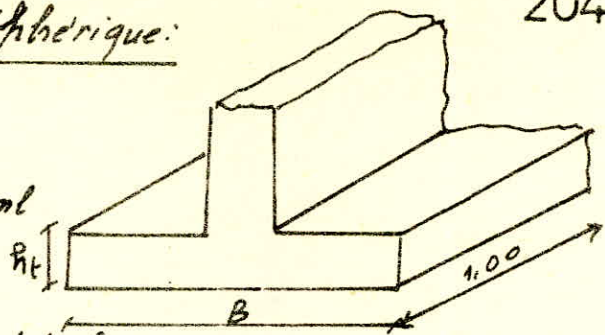
* Semelle filante pour voile périphérique:

- poids / ml de voile :

$$1. 2,974 \cdot 0,2 \cdot 2,5 = 1,487 \text{ t/ml}$$

- poids / ml de la poutre :

$$1,0 \cdot 0,40 \cdot 0,50 \cdot 2,5 = 0,5 \text{ t/ml}$$



* dimensionnement de la semelle :

$$- B \geq \frac{q}{\bar{\sigma}_s \cdot 100} = \frac{(1,487 + 0,5) \cdot 10^3}{2,04 \cdot 100} = 9,74 \text{ cm}$$

Pour tenir compte du poids des terres et du poids de la semelle on prend $B = 60 \text{ cm}$.

$$- h \geq \frac{B-b}{4} = \frac{60-20}{4} = 10 \text{ cm}$$

on prend $R = 16 \text{ cm}$, $d = 4 \text{ cm}$; $\rightarrow h_t = 20 \text{ cm}$

* Vérification de la contrainte du sol :

- poids des terres : $1,8 \cdot 0,4 \cdot 1,3 = 0,936 \text{ t/ml}$ - poids de la semelle : $0,60 \cdot 0,2 \cdot 2,5 = 0,3 \text{ t/ml}$

$$N_{\text{tot}} = 0,936 + 0,3 + 1,987 = 3,223 \text{ t/ml}$$

$$\bar{\sigma}_s = \frac{3,223 \cdot 10^3}{60 \cdot 100} = 0,54 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s \rightarrow \text{vérifiée.}$$

* Ferrailage : on utilise la méthode des bielles.

$$F = \frac{N_{\text{tot}}(B-b)}{8R} = \frac{3,223 \cdot 10^3 (60-20)}{8 \cdot 16} = 1007,2 \text{ kg}$$

$$A' = \frac{F}{\sigma_a} = \frac{1007,2}{2800} = 0,36 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

on prend 5T10/ml, $t = 25 \text{ cm}$.

- Armatures de répartition :

$$A_r \geq \frac{A'}{4} = 0,08 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{on prend 4T8.}$$

Longrines.

Les Longrines seront calculées conformément à l'article (4.2.3.3
RPA 81)
Les Longrines doivent pouvoir équilibrer une force axiale de compression
ou de traction au moins égale à 10% (pour les terrains meubles)
de la plus grande charge verticale.

Dans notre cas la plus grande charge verticale est $N^{max} = 132,296t$

$$\Rightarrow N = \frac{N^{max}}{10} = 13,2296t$$

on prendra des Longrines de (35 x 35)

* En compression :

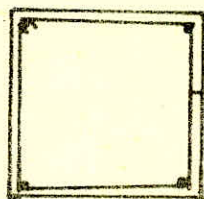
$$\sigma'_b = \frac{13,2296 \cdot 10^3}{35 \cdot 35} = 10,79 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$A_e = \frac{1}{15} \cdot \left(\frac{13,2296 \cdot 10^3}{\bar{\sigma}'_{b0}} - B \right) = \frac{1}{15} \left(\frac{13,2296 \cdot 10^3}{68,5} - 35 \cdot 35 \right) < 0$$

* En traction :

$$A_e \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{13,2296 \cdot 10^3}{2800} = 4,73 \text{ cm}^2$$

on prend 4714 ($A = 6,16 \text{ cm}^2$).



$\phi 8$ avec un espacement
 $t = 16 \text{ cm}$.

* Condition de non fragilité :

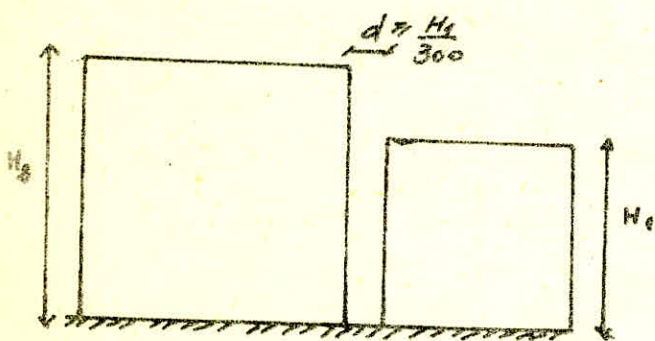
$$A \geq 0,69 \cdot 35 \cdot 32 \cdot \frac{5,9}{2800} = 1,63 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

Calcul du joint de dilatation

Généralités

Un joint de dilatation est une coupure destinée à parer à l'action normale des variations thermiques, du retrait de durcissement ou de l'expansion du béton: en outre, le joint entre deux blocs permet le libre déplacement à chaque partie (bloc); par conséquent les sollicitations auxquelles elle se trouve soumise n'ont aucune influence sur l'autre partie (bloc). Pour le remplissage des joints de dilatation, on utilise des plaques de Liège mastiquées d'asphalte, matière plastique.

Largeur du joint: d'après le R.P.A 81; Le joint entre deux blocs aura une largeur supérieure à $H_1/300$ où H_1 représente la hauteur du bloc le moins haut:



dans notre cas: $H_1 = H_2 = 29,74 \text{ m}$

$$d = \frac{29,74}{300} = 9,74 \text{ cm}$$

on prend finalement: $d = 10 \text{ cm}$.

BIBLIOGRAPHIE

- Règles techniques CCBA 68.
- Règlement parasismique algérien RPA 81.
- Calcul et vérification des ouvrages en béton armé (P. CHARON)
- Bulletin du C.T.C N° 5 (Année 1980)
- Traité du béton armé tome III (A. GUERRIN)
- Aides mémoires "béton armé" ; "RDM" (DUNOD)
- cours béton III (M^E BELAZOUGHI).
- cours Sismologie (M^E CRAINIC)
- Structures Résistantes Aux Seismes (radu petrovici)•

