

وزارة التعليم والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

Ecole Nationale Polytechnique d'Alger

Department de Genie-Civil

PROJET DE FIN D'ETUDES

**THEME**

**BATIMENT ( R x 4 )**

Proposé par;

B.E.H.A.

Suivi par:

Mr A. LARIBI



Etudié par

A. BENYAHIA

A. GHEZIEL



وزارة التعليم والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية

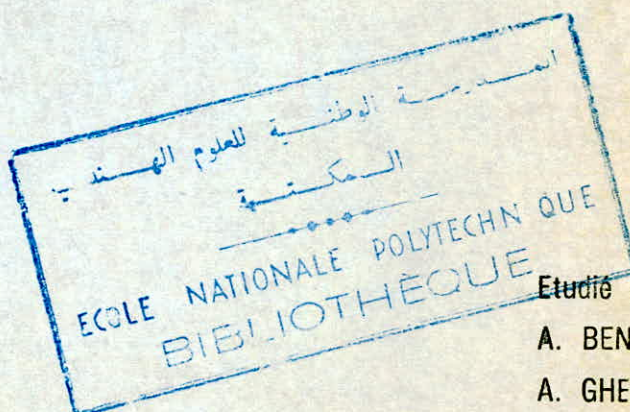
Ecole Nationale Polytechnique d'Alger

Departement de Genie-Civil

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

BATIMENT ( R x 4 )



Proposé par;

B.E.H.A.

Suivi par:

Mr A. LARIBI

Etudié par

A. BENYAHIA

A. GHEZIEL



(بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ)

## à Dedicaces

je dedie ce modeste travail :

à ma mère et à ma grande mère pour leurs sacrifices.

à mon frère en lui souhaitent tout le bonheur de toute ma famille  
à tous ceux qui me sont chers.

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

je dédie ce modeste travail.

à mon père et à ma mère pour leurs sacrifices

à tous mes amis

à toute ma famille

à tous les croyants

غزير عمل



# REMERCIEMENTS

- Nous tenons à remercier vivement notre promoteur.  
M<sup>E</sup> LARIBI pour l'aide qu'il nous a apporté  
et ses conseils judicieux.

- Nos remerciements à tous les enseignants qui ont  
contribué à notre formation.

Nos remerciements à tous nos frères :

- KHALED (Reghaïa)
- Messoud Boulekya
- NACEREDINE Bouzit
- MADIR Jaouit

ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué de près  
ou de loin à l'élaboration de ce projet sans  
oublier notre frère Brahim (Blide)

Nous tenons aussi à remercier vivement le B.E.R.M.  
pour leur aide.

M. Benyahia  
M. GHEZIEL



## SOMMAIRE

Introduction:	pages.
- présentation de l'ouvrage . . . . .	1
- caractéristiques des matériaux . . . . .	4
- charges et surcharges . . . . .	8
- prédimensionnement . . . . .	10
Calcul des éléments . . . . .	11
1 - Acrotère . . . . .	11
2 - poutrelles et table de compression . . . . .	14
- Balcons . . . . .	23
- escaliers . . . . .	25
Calcul des rigidités . . . . .	34
Etude au séisme . . . . .	47
- Efforts dans les portiques engendrés par les charges horizontales . . . . .	50
- Déformation horizontales . . . . .	80
- Vérification au renversement . . . . .	81
Charges verticales . . . . .	83
Superposition des sollicitations . . . . .	97
Ferraillage des portiques . . . . .	118
- A) Ferraillage des poutres . . . . .	122
- B) Ferraillage des poteaux . . . . .	162
Fondations: . . . . .	186
- Semelles centrées . . . . .	188
- Semelles excentrées . . . . .	194
- Longrines . . . . .	195
- Voile périphérique . . . . .	195



# PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Le projet dont il s'agit consiste à l'étude des éléments résistants d'un bâtiment (dortoir - réfectoire) faisant partie d'une école paramédicale, qui sera implanté en zone de moyenne sismicité (zone II). Notre bâtiment est constitué de 3 blocs séparés par des joints de dilatations de 5m (RPA 81), il comporte un vide sanitaire et un rez de chaussée pour tous les blocs, 3 étages pour le bloc (A), 4 étages pour le bloc (B). - Le bloc (B) est dénivelé par rapport au bloc (A) d'un seul niveau.

- Les dimensions du bâtiment sont les suivantes:

- Longueur totale : 20,35 m
- Longueur totale : 36,35 m
- Hauteur totale (y compris l'acrotère):  
Bloc A = 16,28 m ; Bloc B = 20,2 m ; Bloc C = 5,22 m
- Hauteur d'étage : 3,52 m

- 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 68) ainsi qu'à tous les règles en vigueur applicables en Algérie (RPA 81)

Acier: on utilise de l'acier à haute adhérence (HA) (FeE40) et de l'acier doux (Adx) (FeE24),

L'acier doit être propre débarrassé de toute rouille non adhérente (peinture, graisse....)

- Ossature:

Notre bâtiment est contreventé par des portiques auto-stables



Longitudinaux non porteurs, transversaux porteurs.  
Le remplissage sera fait par de la maçonnerie.

### - Planchers

Les planchers seront à corps creux : Bourdis + table de compression reposent sur des poutrelles préfabriquées, ces planchers auront une épaisseur de  $(20+4)$  cm et conformément aux règlements du "CTC" Le plancher sur vide sanitaire aura une épaisseur de  $(20+6)$  cm.

### - Escalier:

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

### - Maçonnerie

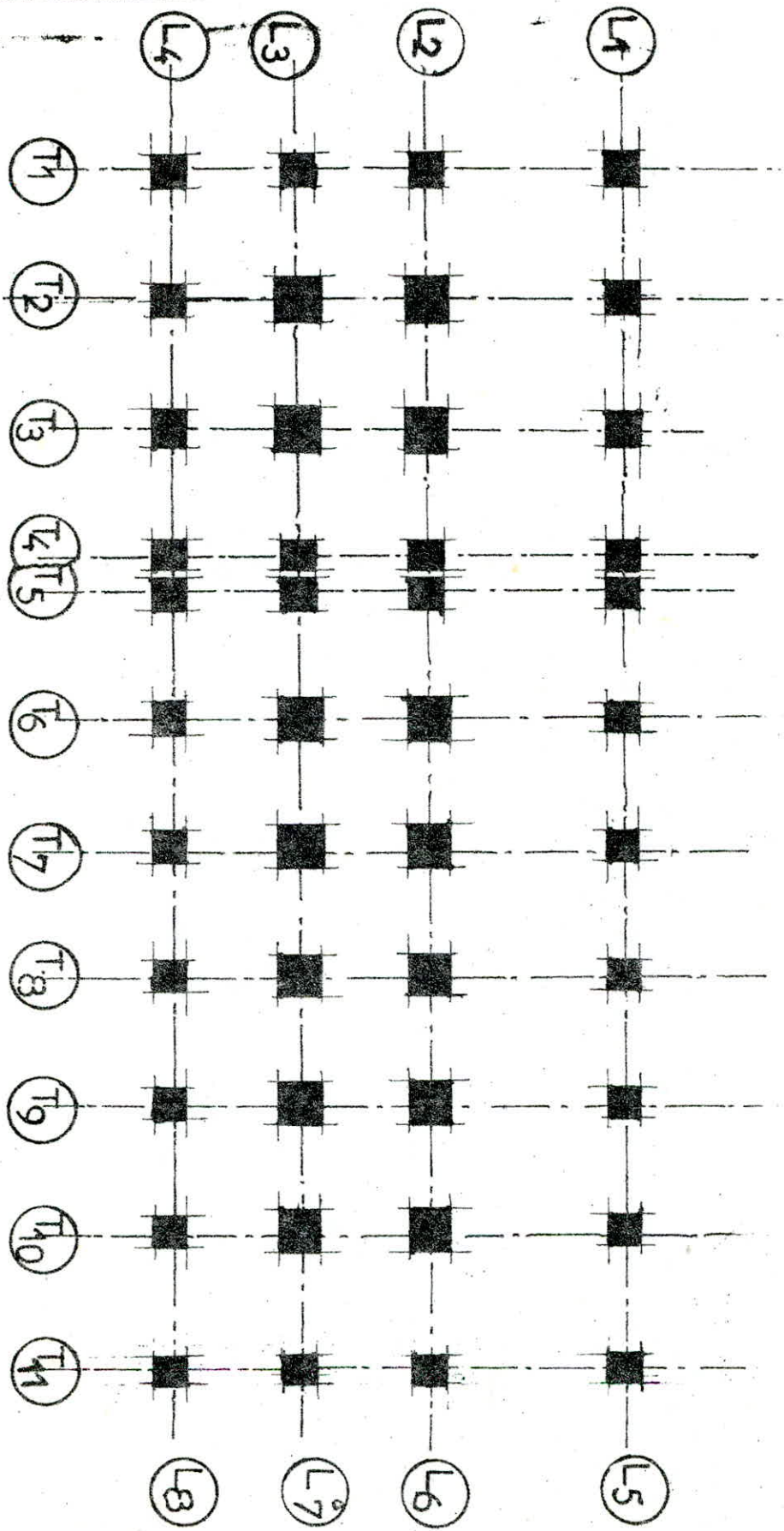
Toute la maçonnerie sera constituée de briques creuses. Les murs extérieurs seront constitués de deux cloisons séparées par un vide d'air de 5 cm :  $(15+5+5)$ . Les murs intérieurs seront des cloisons de séparation de  $(10)$  cm d'épaisseur.

### - Revêtement:

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

### - Notation des portiques:

on symbolise les portiques longitudinaux par :  $L_i$   
" transversaux par :  $T_e$





## CARACTÉRISTIQUES ET CONTRAINTES ADMISSIBLES DES MATÉRIAUX UTILISÉS

\* béton:

Il est dosé à  $350 \text{ kg/m}^3$  de CPA 325 ; Contrôle atténué

- La grosseur des granulats  $C_g$  : 5/15 mm
- La résistance nominale de la compression  $\bar{\sigma}_g = 27,0 \text{ bars}$
- La résistance nominale de la traction  $\bar{\sigma}_t = 23,2 \text{ bars}$
- La composition d'un  $\text{m}^3$  de béton est la suivante :  
800 l de gravillon ; 400 l de sable ; 350 kg de ciment CPA325  
175 l d'eau.

\* Contrainte de Compression admissible: (art 9-4 CCBA 68)

Elle est donnée par :  $\bar{\sigma}_b = \beta \delta \gamma \sigma_g$  avec  $\beta = \alpha \beta \gamma \delta \epsilon$

- où :
- $\alpha$  : dépend de la classe de ciment utilisé ; pour CPA325  $\alpha = 1$
  - $\beta$  : dépend de l'efficacité de contrôle : Contrôle atténué  $\beta = 5/6$
  - $\gamma$  : dépend des épaisseurs relatives ( $h_m$ ) des éléments de construction et des dimensions des granulats ( $C_g$ )

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

- $\delta$  : 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

$$\delta = \min \left\{ \begin{array}{l} 0,3(1 + e_0/3e_1) \\ 0,6 \end{array} \right\} \rightarrow \text{dans une flexion composée}$$

si l'effort 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.g. du béton seul dans le plan radial passant par le centre de pression quand il s'agira d'une sollicitation du 2<sup>eu</sup> genre. Les valeurs de  $\delta$  seront multipliées par 1,5

- $\epsilon$  : dépend de la forme de la section et de la position de l'axe neutre.  $\epsilon = 1 \rightarrow$  compression Simple

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

$\bar{\sigma}_m$  étant la contrainte du béton de la section rendue homogène si elle est entièrement comprimée, ou du béton de la zone de comprimée de la section homogène réduite

### Résumé :

- En Compression Simple :

Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}'_b = 1,5/6 \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 270 = 67,5 \text{ bars} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}'_b = 1,5 \times 68,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$

- En flexion Simple :

Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}'_b = 1,5 \cdot 137 = 205,5 \text{ kg/cm}^2$

\* Contrainte de traction de référence : (art 9-5 CCBA 68)

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

$\alpha, \beta, \delta$  prennent les mêmes valeurs que précédemment

$$\theta = 0,018 + \frac{2,1}{628} = 0,018 + \frac{2,1}{270} = 0,0258 \text{ (}\bar{\sigma}_{28} \text{ en bars)}$$

Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}_b = 5,8 \text{ bars} = 5,9 \text{ kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}_b = 1,5 \times 5,9 = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

\* Acier :

1. Aciers doux (ronds lisses)

Nuance Fe E 24  $\bar{\sigma}_{en} = 2350 \text{ bars} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

- Contrainte admissible :

Sous  $SP_1$   $\bar{\sigma}_a = 2/3 \bar{\sigma}_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

Sous  $SP_2$   $\bar{\sigma}_a = 1,5 \cdot 1600 = 2400 \text{ kg/cm}^2$

2. Aciers à haute adhérence :

Nuance Fe E 40  $\bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$  si  $\phi \leq 20$

$\bar{\sigma}_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2$  si  $\phi > 20$



contraintes admissibles:

$$\begin{aligned} \phi \leq 20 \text{ mm} &\rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_2 \end{cases} \\ \phi > 20 \text{ mm} &\rightarrow \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2667 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_2 \end{cases} \end{aligned}$$

3 - treillis soudés:

$$\begin{aligned} \phi \leq 6 \text{ mm} & \quad \sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2 \\ \phi > 6 \text{ mm} & \quad \sigma_{en} = 4500 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

contraintes admissibles

$$\begin{aligned} \phi \leq 6 \text{ mm} & \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3533 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_1 \\ \bar{\sigma}_a = 5300 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_2 \end{cases} \\ \phi > 6 \text{ mm} & \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 3000 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4500 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_2 \end{cases} \end{aligned}$$

4 - Armatures transversales ( $\perp$  à la ligne moyenne)

La contrainte de traction admissible est donnée par:

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

$$\text{avec } \rho_{at} = 1 - \frac{\sigma_b}{9\sigma_b} \rightarrow \text{si } \rho_{at} > \frac{2}{3}, \text{ et si la section ne comporte pas de reprise de bétonnage.}$$

$$\text{si non } \rho_{at} = \frac{2}{3}$$

Contrainte de traction imposée par la condition de fissuration:

Les contraintes admissibles doivent rester inférieures ou égales à:

$$\text{max} \begin{cases} \sigma_{a1} = \frac{k \eta \bar{\omega}_f}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_f)} \rightarrow \text{fissuration systématique} \\ \sigma_{a2} = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \bar{\sigma}_a}{\phi}} \rightarrow \text{fissuration accidentelle} \end{cases}$$

$\eta$  = coefficient de fissuration =  $\begin{cases} 1 \text{ pour l'acier doux} \\ 1,6 \text{ acier \u00e0 haute adhesion} \end{cases}$

$\phi$  : diam\u00e8tre de la plus grosse barre

$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}$  : pourcentage de fissuration

A: section de l'acier tendue

B<sub>f</sub>: section du B\u00e9ton entourant les barres tendues

$\bar{\sigma}_b$  : contrainte de r\u00e9f\u00e9rence du b\u00e9ton (en bars.)

K: Coefficient caract\u00e9risant le pr\u00e9judice des fissures sur l'ouvrage

- $K = 1,5 \cdot 10^6$  fissuration peu pr\u00e9judiciable
- $K = 1 \cdot 10^6$  fissuration pr\u00e9judiciable
- $K = 0,5 \cdot 10^6$  fissuration tr\u00e8s pr\u00e9judiciable

\* Coefficient d'\u00e9quivalence:

on suppose que l'adh\u00e9rence b\u00e9ton-acier est rompue sous F d'o\u00f9 la d\u00e9formation acier-b\u00e9ton est identique; c'est \u00e0 dire  $\epsilon_a = \epsilon_b$

Avec Loi de Hooke  $\frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{\sigma_b}{E_b}$  en posant  $\frac{\sigma_a}{\sigma_b} = n \Rightarrow \sigma_b = n \sigma_a$

$\sigma_a$  et  $\sigma_b$  , contraintes dans l'acier et dans le b\u00e9ton ;

$n$  : coefficient d'\u00e9quivalence .  $E_a = 21000 \text{ kg/cm}^2$

et  $1000 \leq E_b \leq 5000 \text{ kg/cm}^2$

d'o\u00f9 "n" varie de  $\frac{21000}{5000} \leq n \leq \frac{21000}{1000} \Rightarrow 4,2 \leq n \leq 21$

Le C.C.B.A 68 fixe pour un b\u00e9ton moyen  $[n = 15]$



## CHARGES ET SURCHARGES

### \* Charges :

#### • plancher terrasse :

- 1 - protection solaire (orevillon 5m) ...  $0,05 \cdot 1800 = 90 \text{ kg/m}^2$
- 2 - Etencheite' multicouche . . . . .  $10 \text{ kg/m}^2$
- 3 - Isolation thermique (liège 4cm)  $0,04 \cdot 400 = 16 \text{ kg/m}^2$
- 4 - forme de pente (2%) . . . . .  $120 \text{ kg/m}^2$
- 5 - Dalle de Compression + hourdis (20+4)  $300 \text{ kg/m}^2$
- 6 - Enduit de plâtre (1,5cm) . . . . .  $21 \text{ kg/m}^2$

$$G = 557 \text{ kg/m}^2$$

#### • plancher courant :

- 1 - Carrelage (2cm)  $0,02 \cdot 2200 . . . . . = 44 \text{ kg/m}^2$
- 2 - mortier de pose (2cm)  $0,02 \cdot 2000 . . . . . = 40 /$
- 3 - sable (1cm)  $0,01 \cdot 1800 . . . . . = 18 /$
- 4 - Hourdis + table de Compression (20+4)  $= 300 /$
- 5 - Enduit de plâtre . . . . .  $= 21 /$
- 6 - cloisons . . . . .  $= 75 /$

$$G = 498 \text{ kg/m}^2$$

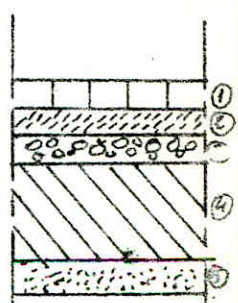
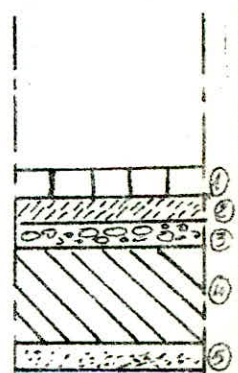
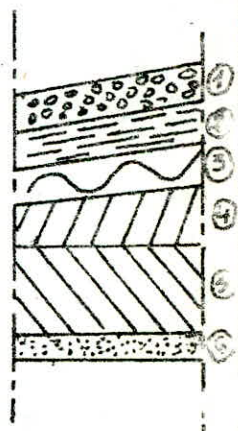
#### • plancher rez de chaussée :

- 1 - Carrelage (2cm) . . . . .  $= 44 \text{ kg/m}^2$
- 2 - mortier de pose (2cm) . . . . .  $= 40 /$
- 3 - sable (1cm) . . . . .  $= 18 /$
- 4 - Hourdis + table de Compression (20+6)  $= 350 /$
- 5 - Enduit de plâtre . . . . .  $= 21 /$
- 6 - cloisons . . . . .  $= 75 /$

$$G = 545 \text{ kg/m}^2$$

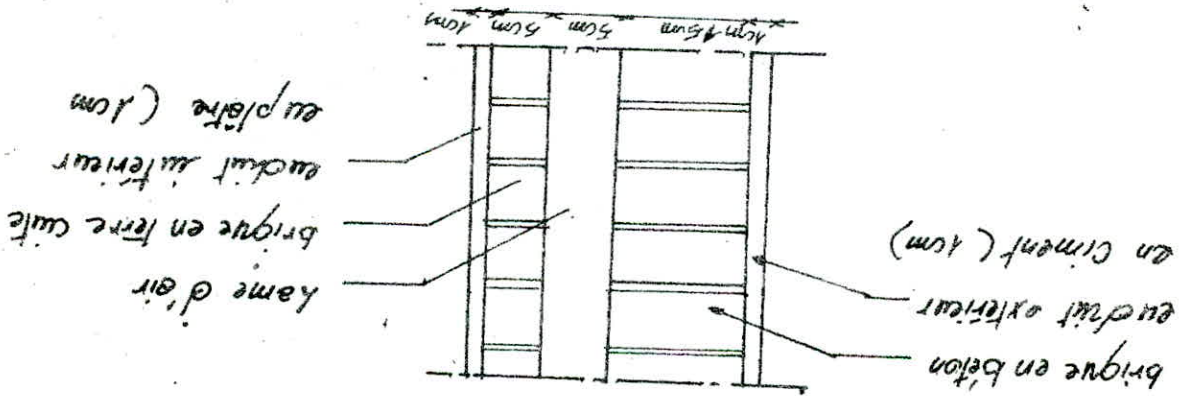
#### • Aerotère

$$2500 \times 0,12 \times 0,70 = 210 \text{ kg/ml}$$



$$\square = 253 \text{ kg/m}^2$$

- enduit en plâtre ..... 10 kg/m<sup>2</sup>
- enduit en ciment ..... 18 kg/m<sup>2</sup>
- brique creuse (5cm) ..... 68 kg/m<sup>2</sup>
- brique creuse (15cm) ..... 157 kg/m<sup>2</sup>



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

\* Remplissage :

- Terrasse non accessible (sauf entretien) 100 kg/m<sup>2</sup>
- étage courant 250 /
- Balcons 350 /
- Escaliers 400 /
- Acrotère : on considère une force horizontale due à l'air marin courante 100 kg/m<sup>2</sup>

\* Surcharges :

- 1 - (coulage + Mortier + sable) (5cm) 110 kg/m<sup>2</sup>
- 2 - Dalle en Béton armé (12cm) 300 kg/m<sup>2</sup>
- 3 - Enduit en plâtre ..... 28 kg/m<sup>2</sup>

$$G = 438 \text{ kg/m}^2$$



## PRÉDIMENSIONNEMENT

### \* poutres:

$$\left. \begin{array}{l} b \geq 20 \text{ cm} \\ h_t \geq 30 \text{ cm} \end{array} \right\} \text{ en zone II (RPA 81 complément)}$$

on prend pour les poutres portéeses  $b \times h_t = 30 \times 50$   
 pour les poutres non portéeses  $b \times h_t = 30 \times 40$

### \* poteaux:

Les dimensions de la section transversale des poteaux doivent satisfaire les conditions suivantes : (RPA - art 4-2-1)

$$- A = b \cdot h \geq \frac{KN'}{\sigma_{28}} \quad (\sigma_{28} = 275 \text{ kg/cm}^2; K=4 \rightarrow \text{Zone II})$$

$$- \text{Min}(b, h) \geq 25 \text{ cm (en Zone II)}$$

$$- \frac{1}{3} \leq \frac{b}{h} \leq 3$$

$$- \text{Min}(b, h) \geq \frac{H}{20} \quad (H \text{ hauteur d'étage})$$

### • Calcul de N':

- Surface revenant au poteau le plus chargé :

$$S = 4,0 (6,0 + 4) \cdot \frac{1}{2} = 20 \text{ m}^2$$

on prend la charge et la surcharge les plus défavorable de tous les niveaux soit:  $G = 0,559 \text{ t/m}^2$      $P = 0,25 \text{ t/m}^2$

$$N' \text{ (par niveau)} : S (G + 1,2P) = 20(0,559 + 1,2 \cdot 0,25) = 17,14 \text{ t}$$

$$N' \text{ pour les 6 niveaux} = 17,14 \cdot 6 = 102,84 \text{ t}$$

$$\text{d'où } A = b \cdot h \geq \frac{KN'}{\sigma_{28}} = \frac{4 \cdot 102,84 \cdot 10^3}{275} = 149,6 \text{ cm}^2$$

on choisit une section carrée afin que les poteaux présentent la même inertie dans les deux sens, soit:  $b = h \geq 38,68$

on prend pour les poteaux centraux une section:  $b \cdot h = (40 \times 40)$

Les autres poteaux qui sont moins chargés:  $b \cdot h = (35 \times 35)$

# CALCUL DES ELEMENTS

## 1. ACROTÈRE:

L'acrotère est assimilée à une console encastrée dans le plancher terrasse. Elle est ferrillée en cette section qui est la plus dangereuse.

On distingue les efforts suivants:

- Le poids propre qui donne un effort normal de compression et une surcharge  $P = 100 \text{ kg/ml}$  (main courante) qui donne naissance à un moment de flexion.

$$G = 2500 (0,12 \times 0,7 + 905 \times 0,1) = 222,5 \text{ kg}$$

L'acrotère sera calculée sous  $(G + 1,2 P)$

- Moment dû à  $P$ :  $M = 1,2 \cdot 100 \times 0,7 = 84 \text{ kg/ml}$

Le calcul se fera pour une bande de  $(1\text{m})$

soumise à la flexion composée.

- Excentricité:  $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{84}{222,5} = 0,38 \text{ m} = 38 \text{ cm} > \frac{h_0}{6} = 2 \text{ cm}$

⇒ section partiellement comprimée

- Moment fictif:  $M_f = N(e_0 + \frac{h_0}{2} - d) = 222,5(0,38 + 906 - 902) = 93,45 \text{ kg m/ml}$

- Moment résistant du béton ( $M_{rb}$ ):  $M_{rb} = \frac{1}{2} b \bar{\sigma}_b y (h - \frac{y}{3})$

avec  $y = \frac{n \bar{\sigma}_b h}{n \bar{\sigma}_b + \bar{\sigma}_a}$  /  $n = 15$   $\bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$

$$h = 12 \cdot 2 = 10 \text{ cm}$$

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

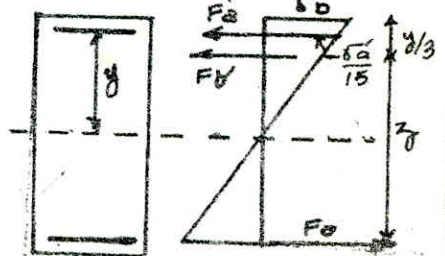
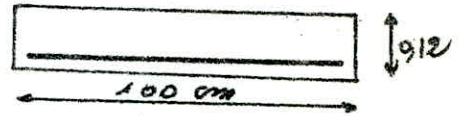
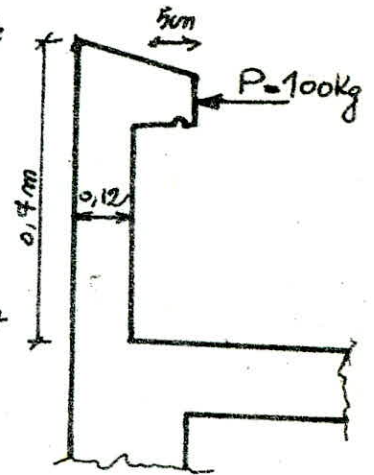
$$y = \frac{15 \cdot 137 \cdot 10}{15 \cdot 137 + 2800} = 4,23 \text{ cm}$$

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \cdot 100 \cdot 137 \cdot 4,23 (10 - \frac{4,23}{3}) = 2490 \text{ kg m}$$

$M_{rb} \gg M_f \Rightarrow$  Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires

- Armatures tendues:

on calcule la section à la flexion simple sous l'effet de moments  $M_f$  puis on déduit la section en flexion composée





$$\mu = \frac{15 \cdot M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 93,45 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 10^2} = 0,005 \rightarrow \begin{cases} E = 0,9677 \\ K = 140 \end{cases}$$

$$A_{fs} = \frac{M_f}{\bar{\sigma}_a \cdot h} = \frac{9345}{2800 \cdot 0,9677 \cdot 10} = 0,345 \text{ cm}^2$$

$$\text{d'où } A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 0,345 - \frac{222,5}{2800} = 0,265 \text{ cm}^2$$

cette section étant très faible on adoptera la section d'armature minimale donnée par la condition de non fragilité.

\* condition de non fragilité: (CCBA68 art 52)

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

on adoptera (5 T6/ml)  $\rightarrow A = 1,41 \text{ cm}^2$ ; avec un espacement constant de 20cm et on prévoit également des armatures perpendiculaires aux armatures principales. vu que l'acrotère est exposée aux intempéries. pour empêcher les ouvertures excessives des fissures, ces armatures sont dites de peau on choisit (4T6)

\* Vérification de la contrainte de compression du béton:

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{140} = 20 < \bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

\* Condition de non fissuration:

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

$$K = 10^6 \text{ (fissuration préjudiciable)}$$

$$\eta = 1,6 \text{ (HA)} ; \phi = 6 \text{ mm}$$

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{K \eta \bar{\omega}_f}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_f)} = \frac{10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0035}{6 (1 + 0,035)} = 904,8 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \eta \bar{\sigma}_b}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{6}} = 3010,4 \text{ kg/cm}^2$$

$$\max(\bar{\sigma}_1, \bar{\sigma}_2) = \bar{\sigma}_2 = 3010,4 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{(Vérifié)}$$

\* Vérification à l'effort tranchant:

on doit vérifier que  $A\bar{\sigma} \Rightarrow T + \frac{M}{z}$

$$T = 1,2P = 120 \text{ Kg}, M = -9345 \text{ Kgcm}; z = \frac{7}{8} h = \frac{7,10}{8} = 8,95 \text{ cm}$$

$$T + \frac{M}{z} = 120 - \frac{9345}{8,95} < 0 \Rightarrow$$

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

\* Vérification au séisme:

on doit vérifier si l'écrotère est capable de résister à une sollicitation horizontale agissant seule donnée par la formule suivante:

$$F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p \quad (\text{RPA. P36})$$

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

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

A: coefficient d'accélération de Zone (RPA P14)

$C_p$ : La valeur de  $C_p$  est tirée du tableau 4 (RPA P37) en fonction de la partie ou position de l'immeuble et de direction horizontale de la force  $C_p = 0,8$

$W_p$ : poids propre de l'écrotère = 222,5 kg

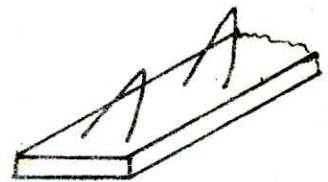
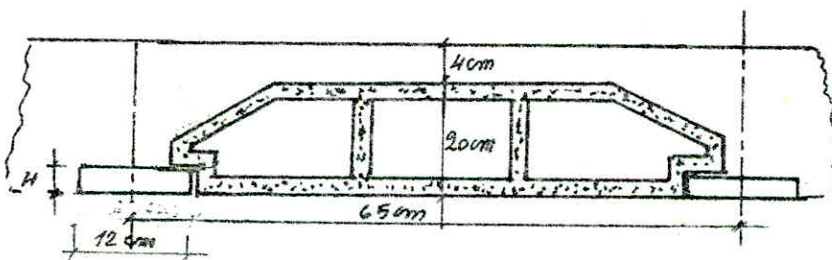
d'où  $F_p = Z \cdot I \cdot C_p \cdot W_p = 0,6 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 222,5 = 106,8 \text{ Kg/ml}$

$$F_p < 1,2P = 120 \text{ Kg/ml} \rightarrow (\text{vérifiée})$$



## 2\_ POUTRELLES ET TABLES DE COMPRESSION

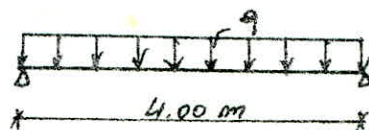
Tous les planchers sont à corps creux constitués par des poutrelles préfabriquées associées aux corps creux (20+4) et (20+6) pour le plancher R.D.C. 4cm et 6cm étant les épaisseurs de la table de compression. Ces poutrelles possèdent des armatures en attente permettant une bonne liaison avec le béton de la table de compression et elles seront disposées suivant le sens longitudinal du bâtiment. Les poutrelles sont calculées sous la sollicitation du 1<sup>er</sup> genre (G+1,2P), le calcul se fait en 2 étapes.



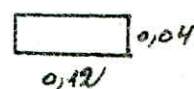
\* 1<sup>re</sup> étape :

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



section



- charge supportée par la poutrelle :

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

$$\text{surcharge pondérée : } 1,2 \times 100 \times 0,65 = 0,078 \text{ t/ml}$$

$$\text{corps creux : } 0,65 \times 95 \cdot 10^3 = 0,062 \text{ t/ml}$$

• Calcul des armatures: (Méthode P. Chéron)

on considère un enrobage  $d = 20\text{mm}$ .

$$\mu = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 15 \frac{0,304 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 2^2} = 3,39 \quad \left\{ \begin{array}{l} K = 1,4 \\ E = 96951 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{1,4} = 2000 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_b \Rightarrow \text{Les armatures comprimées sont nécessaires. Vu les dimensions de la section du béton ceci est impossible. on prévoira des échafaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et les surcharges avant le coulage de la table de compression.}$$

\* 2<sup>ème</sup> étape:

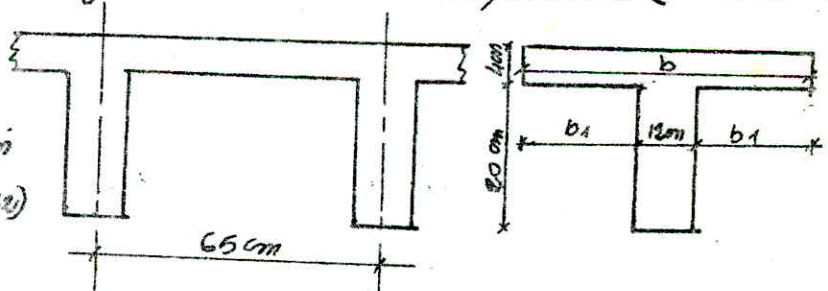
Les poutrelles reposent sur plusieurs appuis et travées comme une poutre continue. Elle sera calculée comme une section entée en travée et comme une section rectangulaire sur appuis.

A) Poutrelle du plancher terrasse et plancher courant:

on a 3 type 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 (CCBA 68-73)

- $b_1 \leq \frac{e}{2} = \frac{50}{2} = 26,5\text{cm}$
- $b \leq \frac{L}{10} = \frac{400}{10} = 40\text{cm}$
- $b_1 \leq (6 \div 8 h_0) = (24 \div 32)$



$e$ : distance entre 2 faces voisines de 2 nervures consécutives =  $65 - 12 = 53\text{cm}$

- La première condition est la plus restrictive donc  $b_1 = 26,5\text{cm}$

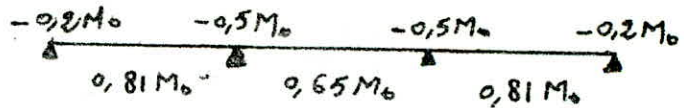
D'où  $b = 2b_1 + b_0 = 26,5 \times 2 + 12 = 65\text{cm}$        $b = 65\text{cm}$

A-2) Détermination des efforts agissant sur les poutrelles:

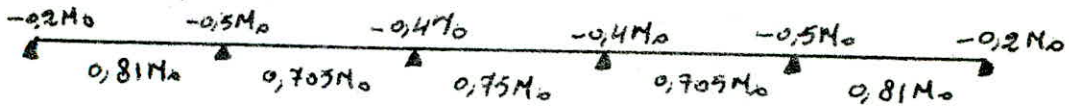
Le plancher est à surcharges modérées, on peut utiliser la méthode forfaitaire (CCBA 68 art 55). soit  $M_0$  le moment isostatique en travée on aura:



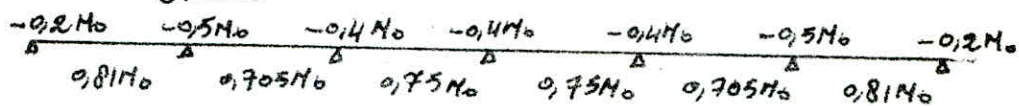
- poutrelle Type (1)



- poutrelle Type (2)



- poutrelle type (3):



A-2-1) Charges et surcharges:

pour une poutrelle: plancher terrasse:  $q = 0,65(0,557 + 1,2 \cdot 0,1) = 0,447 \text{ t/ml}$

plancher courant:  $q = 0,65(0,498 + 1,2 \cdot 0,25) = 0,524 \text{ t/ml}$

on calculera le ferrailage de tous les poutrelles avec  $q = 0,52 \text{ t/ml}$

-  $M_0 = \frac{q l^2}{8} = 0,52 \cdot \frac{4^2}{8} = 1,04 \text{ t.m}$

- Les moments max nécessaires au calcul:

$M_t^{\text{max}} = 0,81 M_0 = 0,842 \text{ t.m}$

$M_a = -0,5 M_0 = 0,52 \text{ t.m}$

- Efforts tranchant max:

$T_{\text{max}} = \frac{q l}{2} + \frac{0,5 M_0 - 0,2 M_0}{l} = 0,52 \cdot \frac{4}{2} + \frac{0,312}{4} = 1,12 \text{ t}$

A.3) Ferrailage: (P. charon)

A.3.1) armatures longitudinales

\* entravé:  $\mu = \frac{15 \cdot 0,842 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 22^2} = 0,0143 \rightarrow \begin{cases} k = 79 \\ \epsilon = 0,9468 \\ \alpha = 0,1596 \end{cases}$

$\alpha h = 3,5 \text{ cm} < h_0 = 4 \text{ cm} \Rightarrow$  l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire de  $(b, h) = (65 \times 22)$ .

$\bar{b}' = \frac{\bar{b}_0}{k} = \frac{2800}{79} = 35,44 < \bar{b} \Rightarrow A' = 0$

$A = \frac{M_t}{\bar{b}_0 \epsilon h} = \frac{0,842 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9468 \cdot 22} = 1,44 \text{ cm}^2$

$\rightarrow A = \underline{\underline{2T10}} = 1,57 \text{ cm}^2$

\* aux appuis :

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,52 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 22^2} = 0,048 \rightarrow \begin{cases} K = 39,2 \\ E = 0,9077 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{39,2} = 71,4 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{0,52 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9077 \cdot 22} = 0,93 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 1,13 \rightarrow (1T12)$$

A.4) Vérifications :

A.4.1) contrainte :

\* en travée :  $\bar{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 1,57}{65 \cdot 22} = 0,11 \rightarrow \begin{cases} E = 0,9448 \\ K = 75,5 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A E h} = \frac{0,842 \cdot 10^5}{1,57 \cdot 0,9448 \cdot 22} = 2582 < 2800 \rightarrow \text{(vériée)}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2582}{75,5} = 34,2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{(vériée)}$$

\* aux appuis :  $\bar{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 1,13}{12 \cdot 22} = 0,43 \rightarrow \begin{cases} E = 0,8998 \\ K = 34,9 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A E h} = \frac{0,52 \cdot 10^5}{1,13 \cdot 0,8998 \cdot 22} = 2324 < \bar{\sigma}_a \text{ (vériée)}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{2324}{34,9} = 66,6 < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{(vériée)}$$

A.4.2) Condition de non fragilité :

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

\* en travées :  $A_t = 1,57 \text{ cm}^2 > 0,69 \cdot 22 \cdot 65 \cdot \frac{5,9}{5,9} = 1,38 \text{ cm}^2$

\* aux appuis :  $A_a = 1,13 > 0,69 \cdot 22 \cdot \frac{12 \cdot 5,9}{4200} = 0,25 \text{ cm}^2$  (vériée)

A.4.3) Condition de la flèche : (CCBA 68 art 58)

$$- \frac{h_t}{l} = \frac{24}{400} = 0,06 > \frac{1}{15} \frac{M_t}{M_a} = \frac{0,842}{15 \cdot 1,04} = 0,053 \text{ (vériée)}$$

$$- \frac{h_t}{l} = 0,06 > \frac{1}{22,5} = 0,044 \rightarrow \text{(vériée)}$$

$$- A = 1,57 < 36 \cdot \frac{b \cdot h}{\sigma_{en}} = \frac{36 \cdot 12 \cdot 22}{4200} = 2,26 \text{ cm}^2$$

aucune justification de flèche n'est nécessaire. (vériée)



A. 4.4) Vérification de la fissuration:

\* entrée:  $\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 16 \cdot 5,9}{10}} = 2856 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$   
(vérifiée)

\* au appui:  $\bar{\omega}_f = \frac{1,13}{4,12} = 0,274$

$\bar{\sigma}_1 = \frac{1,5 \cdot 10^6}{1,2} \cdot \frac{16 \cdot 0,274}{(1+0,274)} = 3805 > \bar{\sigma}_a$   
(vérifiée)

A. 4.5) Vérification de l'adhérence:

on doit vérifier que  $\tau_d \leq \bar{\tau}_b$

$\tau_d = \frac{T_{\max} \cdot \frac{1}{s}}{p \cdot \frac{1}{s} \cdot A} = \frac{1120}{\frac{7,22}{8} \cdot 3,14 \cdot 2} = 9,25 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\tau}_d = 2,4 \bar{\tau}_b = 2 \cdot 15 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$

$\tau_d = 9,25 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 17,7 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$  (vérifiée)

A. 4.6) Condition aux appuis:

$A \geq T + \frac{M}{s} = 1120 + \frac{0,52 \cdot 10^5}{7,22} \leq 0 \rightarrow$  (vérifiée)

donc les armatures ne seront soumises à aucun effort de traction.

A. 5) Armatures transversales:

La contrainte de cisaillement est  $\tau_b = \frac{T}{b \cdot s} = \frac{1120}{12 \cdot 7,22} = 4,84$

$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2582}{75,5} = 34,2 < \bar{\sigma}_b = 68,5 \text{ kg/cm}^2$

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

$\tau_b = 4,84 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$

$\rightarrow$  Les armatures transversales droits suffisent. on choisit des cadres  $\phi_6$  ( $A_c = 0,565 \text{ cm}^2$ ) en acier doux

- contrainte admissible des armatures transversales:

avec reprise de bétonnage:  $f_{at} = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2$

- espacement admissible:

$E = \max \left\{ 0,2h = 4,4 \text{ cm} \right. \\ \left. \frac{h}{4} (1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}) = 16,988 \right\} = 16,988$

- L'écartement des armatures transversales donné par :

$$t = \frac{A_t \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = \frac{0,365 \cdot 19,25 \cdot 1600}{1120} = 10,524 \text{ cm}$$

on prend un espacement constant :  $t = 15 \text{ cm}$

Le premier cadre d'armatures sera à  $\frac{t}{2} = 7,5 \text{ cm}$  de l'appui

A.6) Ferrailage de la table de compression : (CCBA 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  $20 \times 20$ , les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser :

-  $20 \text{ cm}$  ( $5 \text{ p.m}$ ) pour les armatures  $\perp$  aux nervures

-  $33 \text{ cm}$  ( $3 \text{ p.m}$ ) pour les armatures  $\parallel$  aux nervures.

Les sections de ces armatures doivent vérifier les conditions suivantes :

- Armatures  $\perp$  aux nervures :

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

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

dans notre cas :  $l_a = 65 \text{ cm}$        $\sigma_e = 5300 \text{ kg/cm}^2$

d'où :

$$\phi \leq \phi 6 \text{ mm}$$

$$A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,529 \text{ cm}^2 < A_{\perp N} = 1,41 \text{ cm}^2 = 5 \phi 6 / \text{ml}$$

- Armature  $\parallel$  aux nervures :

$$A_{\parallel N} \geq \frac{A_{\perp N} / \text{ml}}{2} = \frac{1,41}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 < A_{\parallel N} = 5 \phi 6 = 1,41 \text{ cm}^2$$

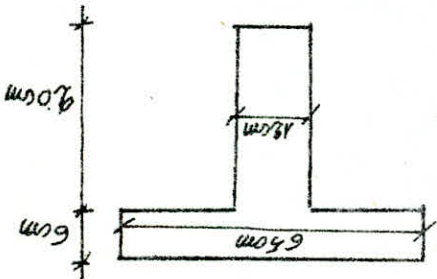
on adopte un treillis soudé  $\phi 6$  maille  $20 \times 20$ .

B. Poutrelles de rez de chaussée :

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



B.1) Détermination des efforts agissant sur la poutelle.



on prend comme les poutelles des poutelles précédents  
 B.1.1) charges et surcharges:  
 - poids propre des poutelles

$$q = 354,25 \text{ kg/m} \quad 0,65 \cdot 545 = 354,25 \text{ kg/m}$$

$$q = 549,25 \text{ kg/m} \quad \text{surcharge pondérée } 12 \cdot 0,65 \cdot 250 = 195 \text{ kg/m}$$

$$H_0 = \frac{q \cdot l}{8} = 0,549 \cdot \frac{24}{8} = 1,598 \text{ t.m.}$$

$$M_{\text{max}} = 0,81 H_0 = 0,89 \text{ t.m.}$$

$$H_a = 0,5 H_0 = 0,55 \text{ t.m.}$$

$$T_{\text{max}} = \frac{q l}{2} + 0,5 H_0 + 0,2 H_0 = 1,18 \text{ t}$$

B.2) Ferrailage:

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,89 \cdot 10^5}{2800 \cdot 65 \cdot 24} = 0,0127 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 84,5 \\ k = 0,1507 \\ E = 0,9495 \end{array} \right.$$

$$\alpha k = 0,1507 \cdot 24 = 3,62 < h_0 = 6 \text{ cm}$$

→ l'axe neutre tombe dans la table de compression et la section sera calculée comme une section rectangulaire (65 x 24)

$$\bar{\sigma}' = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{2800}{84,5} = 33,2 < \bar{\sigma}' \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{0,89 \cdot 10^5}{15 \cdot 0,55 \cdot 10^5} = 1,39 \text{ cm}^2 \quad A = 157 \text{ (2T10)}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot 0,55 \cdot 10^5}{2800 \cdot 12 \cdot 24} = 0,0426 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = 42,2 \\ E = 0,99126 \end{array} \right.$$

$$\bar{\sigma}' = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{2800}{42,2} = 66,35 < \bar{\sigma}' \rightarrow \text{(vérifiée)}$$

$$A = \frac{2800 \cdot 0,9126 \cdot 24}{15 \cdot 0,55 \cdot 10^5} = 0,89 \text{ cm}^2 \rightarrow A = 112 = 1,13 \text{ cm}^2$$

B.3) Vérifications:

B.3.1) contrainte:

\* entraxe:  $\bar{\omega} = \frac{100A}{bR} = \frac{157}{65.24} = 0,1006 \rightarrow \begin{cases} \kappa = 79,5 \\ E = 0,9471 \end{cases}$

$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{AE\bar{R}} = \frac{0,89.10^5}{1,57.0,9471.24} = 2494 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$  (Vérifiée)

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{2494}{79,5} = 31,37 < \bar{\sigma}'_b$  (Vérifiée)

\* surappui:

$\bar{\omega} = \frac{100A}{bR} = \frac{113}{12.24} = 0,39 \rightarrow \begin{cases} \kappa = 37 \\ E = 0,9038 \end{cases}$

$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{AE\bar{R}} = \frac{0,55.10^5}{1,13.0,9038.24} = 2244 < \bar{\sigma}_a$  (Vérifiée)

$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{2244}{37} = 60,64 < \bar{\sigma}'_b$  (Vérifiée)

B.3.2) Condition de non fragilité:

entraxe:  $A = 1,57 > \frac{0,69.65.24.5,9}{4200} = 1,51$  } (Vérifiée)

sur appui:  $A = 1,13 > \frac{0,69.12.24.5,9}{4200} = 0,27$  }

B.3.3) Vérification de la flèche:

-  $h_t/e = 26/400 = 0,065 > \frac{M_e}{15M_0} = \frac{0,89}{15.1,089} = 0,054$  (Vérifiée)

-  $h_t/e = 0,065 > \frac{1}{22,5} = 0,044 \rightarrow$  (Vérifiée)

-  $A/b_0h = \frac{1,57}{12.24} = 0,0054 < \frac{36}{4200} = 0,0085$  (Vérifiée)

B.3.3 fissuration:

en Travee:  $\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{1,57}{0,12.2} = 0,0327$

$\sigma_s = \frac{15.10^6.16.0,0327}{10.(1+0,0327)} = 5914 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$  (Vérifiée)



\* sur appuis:  $\bar{\omega}_s = \frac{A}{2bd} = \frac{1.13}{2.12.2} = 0,0235$

$$\sigma_a = \frac{1.5 \cdot 10^6 \cdot 1.6 \cdot 0,0235}{12(1 + 0,0235)} = 3806 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

(Vérifiée)

B.3.4) Vérification de l'adhérence:

$$\tau_d = \frac{T}{\sum p_i} = \frac{1.18 \cdot 10^3}{2 \cdot 3.14 \cdot \frac{3.24}{8}} = 8,94 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\tau_d = 8,94 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

B.3.5) Condition aux appuis: 1 (Vérifiée)

$$T + M_g = 1180 - \frac{0,55 \cdot 10^5 \cdot 8}{7 \cdot 24} < 0 \quad (\text{Vérifiée})$$

B.4) Armesures transversales:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot d} = \frac{1180}{12 \cdot 20} = 5,6 \text{ kg/cm}^2; \quad \bar{\sigma}_b = \frac{\sigma_s}{K} = \frac{2244}{37} < \bar{\sigma}_b'$$

$\Rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow$  Les armatures transversales droites suffisent, on choisit des cadres  $\phi_6$  ( $A_t = 0,56 \text{ cm}^2$ ) en acier doux.  $\sigma_{ot} = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2$  (avec reprise de bétonnage)

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} t = 0,2h = 48 \\ t = h(1 - 0,13 \frac{5,6}{7,9}) = 17,16 \end{array} \right\} = 17,16$$

$$t = \frac{A_t \cdot \sigma_{ot}}{T} = \frac{0,565 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 1600}{8 \cdot 1180} = 16 \text{ cm}$$

on prend un espacement constant  $t = 15 \text{ cm}$ , Le premier cadre est à  $7,5 \text{ cm}$ .

B.5) Table de Compression:

on adopte le même treillis que celui des poutres précédents  
treillis  $\phi_6$  ( $20 \times 20$ )

$$A_{\perp N} = A_{\parallel N} = 1,41 \text{ cm}^2; \quad l_a = 65 \text{ cm}$$

$$A_{\perp N} \geq \frac{13 l_a}{5 \sigma_{en}} = 0,524 \text{ cm}^2$$

$$A_{\parallel N} \geq \frac{A_{\perp N}}{2} = \frac{1,41}{2} = 0,705 \text{ cm}^2$$

### 3. BALCONS

Les encorbellements sont des balcons tous identiques, consistant d'une dalle pleine avec un garde corps en barre d'acier on calculera les encorbellement au niveau courant le section dangereuse est à l'encastrement, le calcul se fera par un mètre de largeur.

\* charge à prendre en compte :

charge permanente :

$$G = 438 \text{ kg/m}^2 \text{ (cha. 2)}$$

$$\text{surcharge majeure} = 12.300 = 120 \text{ kg/m}^2$$

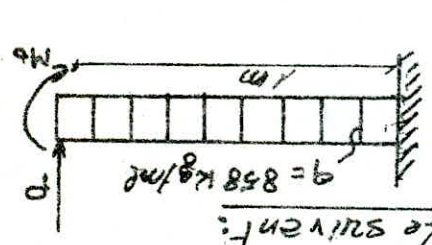
$$\text{d'où } q = 138 + 120 = 858 \text{ kg/m}^2$$

- le garde corps en acier agira comme une force concentrée  $P = G = 50 \text{ kg/m}$

- le main courant est remplacé par un moment  $M_0$

$$M_0 = 12.106 \times 100 = 126 \text{ kg.m}$$

\* schéma statique de la bande et le suivant :



$$M = -(q \frac{x^2}{2} + P x + M_0) = (858 \frac{x^2}{2} + 50.1 + 126) = 605 \text{ kg.m}$$

\* Ferailage :

- armatures prin ciptes :

$$\mu = \frac{15M}{\sigma_s b h^2} = \frac{15 \cdot 605 \cdot 10^3}{2800 \cdot 100 \cdot 10^2} = 0,03241 \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,9926 \\ k = 49,6 \end{array} \right.$$

$$b = 100, h = 12.2 = 10 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}_s = \frac{2809}{49,6} = 56,445 < \bar{\sigma}_s \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s k} = \frac{2800 \cdot 0,9926 \cdot 10}{60500} = 2,34 \text{ on prend } 6T8 (A = 3,01 \text{ cm}^2)$$

- armatures transversales :

- l'effort tranchant max au niveau de l'appui est :

$$T = q l + P = 858 + 50 = 908 \text{ kg}$$



$$\sigma_b = \frac{I}{b^3} = \frac{908.8}{100.7.10} = 1,038 \text{ Kg/cm}^2$$

$\bar{\sigma}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78$ .  $\sigma_b < \bar{\sigma}_b$  (vérifiée)  
 les armatures transversales sont inutile on réalise donc  
 des armatures de construction  $5\phi 6$  par mètre linéaire

\* vérification des contraintes:

$$M = 605 \text{ Kg.m} \quad A = 3,01 \text{ cm}^2, \quad b = 100 \text{ cm}, \quad h = 10 \text{ cm}$$

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{b^2} = \frac{100.3,01}{100.10} = 0,301 \rightarrow \begin{cases} k = 43 \\ E = 0,9138 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A E h} = \frac{60500}{3,01.0,9138.10} = 2199 < \bar{\sigma}_a \text{ (vérifiée)}$$

$$\bar{\sigma}_b' = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{2199}{43} = 51,15 < \bar{\sigma}_b'$$

\* condition de non fissuration:

$$\bar{\sigma}_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5.10^6.1,6.5,9}{8}} = 3193 \text{ Kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$$

(vérifiée)

\* vérification à l'effort tranchant:

$$T = 908 \text{ Kg}$$

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{8} = \left[ 908 - \frac{60500}{8,75} \right] < 0$$

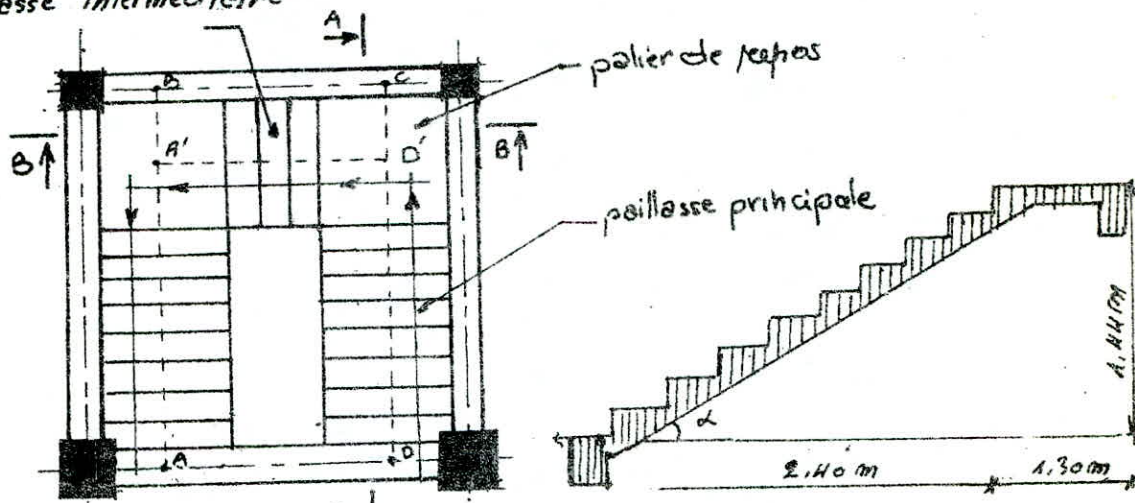
donc il n'y aura pas d'effort de traction au niveau  
 de l'appui.

# 4- calcul de l'escalier

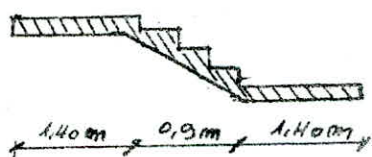
on a un seul type d'escalier à étudier:

notre escalier comporte: une palissée principale, deux paliers de repos et une volée intermédiaire composée de 3 marches.

palissée intermédiaire



Coupe A.A



Coupe B.B

marche = 30cm

c. marche = 16cm

hauteur entre étage = 3.52m

La palissée courante est inclinée d'un angle par rapport à l'horizontale:

$$\text{on a: } \tan \alpha = \frac{1,44}{2,40} = 0,6 \rightarrow \alpha \approx 31^\circ \text{ d'où } \sin \alpha = 0,514$$

$$\cos \alpha = 0,857$$

• Vérification de la condition de Blondel:

- La hauteur de la marche:  $h = 16 \text{ cm}$

- La largeur d'une marche:  $g = 30 \text{ cm}$

La condition:  $60 < 2 \times 16 + 30 = 62 < 64$

• prédimensionnement:

on prend pour le palier et la palissée la même épaisseur:

$$\frac{e}{30} < e \leq \frac{e}{20} : e = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{240}{0,857} = 280$$

$9,33 < e \leq 14$  ; on prend  $e = 13 \text{ cm}$



• procédé de calcul:

en premier lieu, on suppose que la poutre principale avec le palier de repos une poutre principale, appuyée d'une part sur la poutre de l'ossature (A-D), d'autre part sur la poutre palière (B-C).

en 2<sup>eu</sup> lieu, la poutre intermédiaire avec les demi-paliers de gauche et de droite forment une poutre secondaire appuyée sur les lignes moyennes des poutres principales

\* Poutre principale: (palier, poutre)

1) évaluation des charges:

a) poutre:

- poids propre:  $\frac{2500 \cdot 0,13}{9,857} = 380 \text{ kg/m}^2$
  - poids des marches  $\frac{2200 \cdot 0,16}{2} = 176 \text{ kg/m}^2$
  - revêtement (carrel + mortier) . . . = 84  $\text{kg/m}^2$
  - garde corps en acier . . . . . = 50  $\text{kg/m}^2$
- |           |                            |
|-----------|----------------------------|
|           | $G = 690,5 \text{ kg/m}^2$ |
| surcharge | $P = 400 \text{ kg/m}^2$   |

pour une tranche de 1m  $q_2 = G + 1,2P = 1470 \text{ kg/ml}$

b) palier:

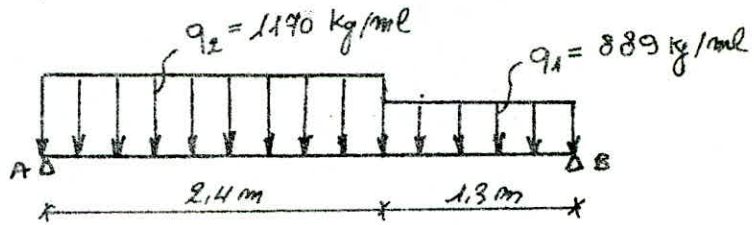
- poids propre  $2500 \cdot 0,13 = 325 \text{ kg/ml}$
  - revêtement . . . . . = 84  $\text{kg/ml}$
- |                     |                         |
|---------------------|-------------------------|
|                     | $G = 409 \text{ kg/ml}$ |
| surcharge . . . . . | $P = 400 \text{ kg/ml}$ |

pour une tranche de un mètre on a:

$q_1 = G + 1,2P = 409 + 1,2 \cdot 400 = 889 \text{ kg/ml}$

2) Détermination des efforts :

- schéma statique :



- calcul des réactions sur appuis :

$$\sum M/A = q_2 \cdot \frac{2.4^2}{2} + q_1 \cdot 1.3(3.7 - 0.65) - R_B \cdot 3.7 = 0$$

$$\sum F/Y = q_2 \cdot 2.4 + q_1 \cdot 1.3 - R_A - R_B = 0$$

d'où on tire :  $R_A = T_A = 2101 \text{ kg}$  ;  $R_B = T_B = 1863 \text{ kg}$

- calcul du moment isostatique max :

$$M(x) = R_A x - q_2 \frac{x^2}{2} \Rightarrow \frac{dM}{dx} = R_A - q_2 x = 0$$

$$\Rightarrow x = \frac{R_A}{q_2} = \frac{2101}{1170} = 1.79 \text{ m}$$

$$M_0^{\text{max}}(x = 1.79 \text{ m}) = 1876 \text{ kg m/ml}$$

- moment hyperstatique :

on tenant compte de la pemi encastrement des appuis on aura :

$$M_t = 0.85 M_0^{\text{max}} = 0.85 \cdot 1876 = 1595 \text{ kg m/ml}$$

$$M_a = 0.3 M_0^{\text{max}} = 0.3 \cdot 1876 = 563 \text{ kg m/ml}$$

3) Calcul des armatures :

- entravée :  $\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a R^2 b} = \frac{15 \cdot 1595 \cdot 100}{2800 \cdot 100 \cdot 11^2} = 0.07$

$$\Rightarrow K = 31 ; \epsilon = 0.8913 ; \bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 90.3 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\Rightarrow A' = 0$$

donc  $A_t = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \epsilon R} = \frac{1595 \cdot 100}{2800 \cdot 0.8913 \cdot 11} = 6.01 \text{ cm}^2$



on adoptera:  $8T10/m \rightarrow 6,28 m^2$  avec un espacement de  $t = 12 cm$ . ainsi que dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartition qui sont données par:  $A_r = \frac{A_t}{4} = \frac{6,10}{4}$  soit  $HT8/m$  avec un espacement  $t = 25 cm$ .  $= 1,5$

• sur appui:

$$\mu = \frac{15 \cdot 56300}{5a b h^2} = 0,0248 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9315 \\ k = 58 \end{cases}$$

$$A_a = \frac{56300}{2800 \cdot 0,9315 \cdot 11} = 1,96 m^2$$

$$b_b = 2800/58 = 48 < \bar{b}_b \rightarrow A'_0 = 0$$

on adoptera  $HT10 = 3,14 m^2$  avec  $t = 25 cm$ , et pour les armatures de répartition on choisit  $HT8$  avec un espacement  $t = 25$

\* Vérification:

1. contrainte:

• entravée:  $\bar{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 6,28}{100 \cdot 11} = 0,57$   $\left\{ \begin{array}{l} \epsilon = 0,9315 \\ k = 29,5 \end{array} \right.$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} = \frac{1595 \cdot 100}{6,28 \cdot 0,887 \cdot 11} = 2599 < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_b = \frac{2599}{29,5} = 88,1 < 137 \text{ kg/cm}^2 \quad \begin{array}{l} \text{(vérifié)} \\ \text{(vérifié)} \end{array}$$

• sur appui:  $\bar{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 3,14}{100 \cdot 11} = 0,285 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9156 \\ k = 44,3 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} = \frac{56300}{3,14 \cdot 0,9156 \cdot 11} = 1778 < 2800 \rightarrow \text{(vérifié)}$$

$$\sigma_b = \frac{1778}{44,3} = 40,13 < 137 \rightarrow \text{(vérifié)}$$

2. condition de non fragilité:

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

entravée:  $6,28 > 1,066$  } (vérifié)

aux appuis:  $A_a = 3,14 > 1,066$  }

3. Vérification de la flèche:

pour la poutre en travée il suffit de vérifier l'inégalité:

$$A \leq 43 b \cdot h / \sigma_{en} = 100 \cdot 11 \cdot 43 / 4200 = 11,26 \rightarrow \text{vérifié}$$

H. vérification de la fissuration:

- en travée:  $\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{6,28}{2 \cdot 2 \cdot 100} = 0,0157$

$\sigma_1 = \frac{k_f \cdot \bar{\omega}_f}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_f)} = \frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0157}{10 (1 + 0,157)} = 3257$

$\sigma_1 > \bar{\sigma}_0 \rightarrow$  pas de risque de fissuration.

- sur appui:  $\bar{\omega}_f = \frac{3,14}{4 \cdot 100} = 0,0078$

$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k_f \bar{\sigma}_0}{\phi}} = 2,4 \sqrt{\frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{10}} = 2856 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 > \bar{\sigma}_0 \rightarrow$  pas de risque de fissuration

5. conditions aux appuis:

on doit vérifier que  $A \geq \bar{A} \geq T + \frac{M}{\sigma_s}$

$T + \frac{M}{\sigma_s} = 2101 - \frac{56300}{9,625} = -3754 < 0 \rightarrow$  (vérifié)

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

6. armatures transversales:

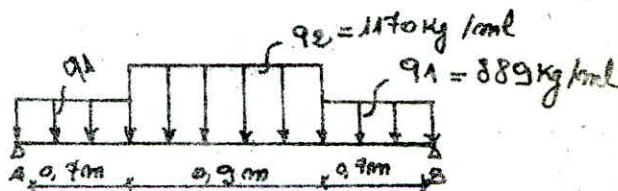
$\sigma_b = \frac{T_{max}}{b \cdot s} = \frac{2101}{100 \cdot 9,625} = 2,166 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,785$

donc on n'a pas besoin des armatures transversales.

\* Poutre secondaire: (poutre intermédiaire)

1) Détermination des efforts:

- schéma statique:



- réaction aux appuis:

$R_A = R_B = T_A = T_B = \frac{1}{2} (q_1 \cdot 1,4 + q_2 \cdot 0,9)$   
 $= \frac{1}{2} (889 \cdot 0,9 + 1170 \cdot 1,4) = 1148,8 \text{ kg}$

- moment isostatiques:

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

avec  $l_1 = 0,9 \text{ m}$ ;  $q_1 = 889 \text{ kg/ml}$ ;  $q_2 = 1170 \text{ kg/ml}$



donc puisque la répartition des charges est symétrique  $M_0^{max}$  sera à mi-travée :

$$M_0^{max}(1,15) = 1148 \cdot 1,15 - 889 \cdot 0,7(1,15 - 0,35) - 1170 \frac{(1,15 - 0,7)^2}{2}$$

$$= 703,9 \text{ kg.m} \approx 704 \text{ kg.m/ml}$$

- moment hypers fatigues :

$$M_t = 0,85 M_0^{max} = 0,85 \cdot 704 = 598,4 \text{ kg.m/ml}$$

$$M_0 = 0,3 M_0^{max} = 211,2 \text{ kg.m/ml}$$

2) calcul des armatures :

- en travée :  $\mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a h^2 b} = \frac{15 \cdot 598,4 \cdot 100}{2800 \cdot 11^2 \cdot 100} = 0,0265 \rightarrow \begin{cases} K=535 \\ E=99291 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{53,5} = 50,4 < \bar{\sigma}_b' \Rightarrow A' = 0$$

$$A_t = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a E h} = \frac{59840}{2800 \cdot 0,98291 \cdot 11} = 2,091 \text{ cm}^2$$

on adoptera 6 T8/ml = 3,01 cm<sup>2</sup> avec un espacement de  $e = 16 \text{ cm}$  ainsi que pour les armatures de répartition qui sont données par  $A_r = \frac{A_t}{4} = \frac{2,09}{4} = 0,52$  soit 4 T8/ml avec un espacement de  $e = 25 \text{ cm}$ .

Rq: les  $A_t$  jouant le rôle d'armatures principales pour la poutre intermédiaire et aussi de répartition pour le palier de repos.

- sur appuis :  $\mu = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a h^2 b} = \frac{15 \cdot 211,2 \cdot 10^2}{2800 \cdot 11^2 \cdot b} = 0,00935 \rightarrow \begin{cases} K=340 \\ E=99851 \end{cases}$

$$A_t = \frac{M_0}{\bar{\sigma}_a E h} = \frac{211,2 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9851 \cdot 11} = 0,696 \text{ cm}^2$$

on adoptera 4 T8/ml = 2,01 cm<sup>2</sup> avec  $e = 25 \text{ cm}$ , de même pour les armatures de répartition.

\* Vérifications :

1) contraintes :

- entravée :  $\bar{\omega} = \frac{100 M}{b h} = \frac{100 \cdot 3,01}{100 \cdot 11} = 0,2736 \rightarrow \begin{cases} K=45,4 \\ E=91,72 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A E h} = \frac{59840}{3,01 \cdot 0,9172 \cdot 11} = 1970,4 < 2800 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifié}$$

$$\sigma_b = \frac{S_a}{I} = \frac{1940,4}{43,4} = 43,4 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{vérifié}$$

2) condition de non fragilité:

$$A \geq b h \cdot 0,69 \frac{\bar{\sigma}_s}{4200} = 1,066 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifié}$$

entrées:  $3,01 > 1,066$

aux appuis:  $2,01 > 1,066$

3) verification de la flèche:

il suffit de vérifier:  $A \leq 43 b h / 5000 = 11,26 \rightarrow \text{vérifié}$

4) verification de la fissuration:

- entrées:  $\bar{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{3,01}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,0025$

$$\sigma_1 = \frac{k \gamma \bar{\omega}_s}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_s)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 0,0025 \cdot 1,6}{8 (1 + 0,025)} = 731 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{k \gamma \bar{\sigma}_s} = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{8}} = 9193 \text{ kg/cm}^2$$

$\sigma_2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifié}$

- aux appuis:  $\sigma_2 = 3193 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifié}$

5) condition aux appuis:

on doit vérifier  $A_0 \bar{\sigma}_a \geq T + M/3$

$$T + M/3 = 1148,8 - \frac{21120}{9,625} = -1045 < 0 \rightarrow \text{vérifié}$$

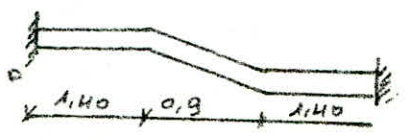
6) armatures transversales:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot \gamma} = \frac{1148,8}{100 \cdot 9,625} = 1,193 < 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78$$

donc on n'a pas besoin d'armatures transversales:

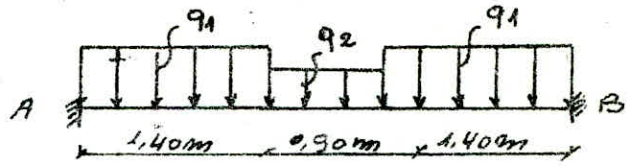
\* Calcul de la poutre palière:

notre poutre suit l'allure de la poutre intermédiaire, donc elle prend la forme d'une poutre brisée qui a 2 niveaux sur lesquels viennent reposer les paliers de repos. notre poutre a pour section (25x35), et supposée semi-encastree aux poteaux à mi-hauteur.





1) schéma statique:



2) charges à considérer:

- poids propre :  $0,25 \cdot 0,35 \cdot 2500 = 218,75 \text{ kg/ml}$
- réactim du pelier :  $= 186,3 \text{ kg/ml}$
- réactim de la pailleuse intermédiaire :  $\frac{1170 \cdot 0,9 \cdot 1,3}{1,4} = 488,9 \text{ kg/ml}$
- poids d'1/2 mur :  $253 \cdot \frac{3,12}{2} = 394,9 \text{ kg/ml}$

$$q_1 = 2965,35 \text{ kg/ml}$$

$$q_2 = 613,5 \text{ kg/ml}$$

3) réactions d'appuis:

$$R_A = R_B = T_A = T_B = q_1 \cdot 1,4 + q_2 \cdot 0,9 = 2965,35 \cdot 1,4 + 613,5 \cdot 0,9 = 4427,57 \text{ Kg}$$

4) moment isostatique:

$$M(x) = R_A x - q_1 \cdot 1,4 \left(x - \frac{1,4}{2}\right) - q_2 \left(\frac{x - 1,4}{2}\right)^2$$

$$M_{0, \max} = M_0(1,85)$$

$$= 4427,57 \cdot 1,85 - 2965,35 \cdot 1,4 \left(1,85 - 0,7\right) - 613,5 \left(\frac{0,45}{2}\right)^2 = 3354,7 \text{ kg.m}$$

5) moment hyperstatique:

$$M_e = 0,85 M_0^{\max} = 0,85 \cdot 3354,7 = 2851,5 \text{ kg.m}$$

$$M_a = 0,3 M_0^{\max} = 0,3 \cdot 3354,7 = 1006,4 \text{ kg.m}$$

6) Fermeture:

- entravée:  $\mu = \frac{15 \cdot 285150}{2800 \cdot 25 \cdot 32^2} = 0,0596 \rightarrow \begin{cases} E = 0,8986 \\ K = 34,3 \end{cases}$

$$\beta_b = \frac{2800}{34,3} = 81,63 < \bar{\beta}_b \rightarrow A' = 0$$

$$A_e = \frac{285150}{2800 \cdot 0,8986 \cdot 32} = 3,54 \text{ m}^2 \text{ soit } (3T14 = 4,62)$$

- sur appuis:  $\mu = \frac{15 \cdot 100640}{2800 \cdot 25 \cdot 32^2} = 0,0210 \rightarrow \begin{cases} E = 0,9371 \\ K = 64,5 \end{cases}$

$$\beta_b = \frac{2800}{64,5} = 43,4 < \bar{\beta}_b \rightarrow A' = 0$$

$$A_a = \frac{M}{\sigma_a \epsilon_A} = \frac{100640}{2800 \cdot 0,9371 \cdot 32} = 1,2 \text{ m}^2 \text{ soit } (3T10 = 2,35)$$

\* Vérifications

1) contraintes :- en travée :  $\bar{\omega} = \frac{100A}{b h} = \frac{462}{25.32} = 0,578 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,8891 \\ k = 29,3 \end{cases}$

$\bar{\sigma}_a = \frac{285150}{462 \cdot 0,8891 \cdot 32} = 2174 < \bar{\sigma}_a \rightarrow$  vérifiée

$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2174}{29,3} = 74,2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow$  vérifiée

- sur appuis :

$\bar{\omega} = \frac{100A}{b h} = \frac{235}{25.32} = 0,2938 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9147 \\ k = 43,6 \end{cases}$

$\bar{\sigma}_a = \frac{100640}{2,35 \cdot 0,9147 \cdot 32} = 1463 < \bar{\sigma}_a \rightarrow$  vérifiée

$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{43,6} = 64,2 < \bar{\sigma}_b \rightarrow$  vérifiée

2) condition de non fragilité :

$A \geq 0,69 b \cdot h \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{ex}} = 0,69 \cdot 25,32 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,78 \text{ cm}^2$

- en travée :  $A_t = 4,62 > 0,78$   
- sur appuis  $A_a = 2,35 > 0,78$  }  $\rightarrow$  vérifiée

3) Vérification de la flèche :

$\frac{A}{b h} = \frac{4,62}{25.32} = 0,006 < \frac{43}{4200} = 0,01 \rightarrow$  vérifiée

4) fissuration :

- en travée :  $\bar{\omega}_f = \frac{4,62}{6.25} = 0,0308$

$\bar{\sigma}_s = \frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0308}{14 (1 + 0,308)} = 4037 \text{ g/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$

- sur appuis :

$\bar{\omega}_f = \frac{2,35}{6.25} = 0,0157$  ;  $\bar{\sigma}_s = \frac{15 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0157}{10 (1 + 0,157)} = 3257 \text{ g/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$

donc pas de risque de fissuration

5) Armatures transversales :  $T_{max} = T_A = T_B = 4427,57 \text{ kg}$

$\tau_b = \frac{T_{max}}{b s} = \frac{4427,57}{25 \cdot 28} = 6,33 \text{ kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b$

on peut utiliser des cadres & des étriers  $\perp$  à la ligne moyenne

on prend (1 cadre + étrier)  $\phi 6 \rightarrow A = 1,13 \text{ cm}^2$

- espacement admissible :  $\bar{e} = \text{max} \begin{cases} 0,2 h = 6,4 \text{ cm} \\ 24,45 \text{ cm} \end{cases}$

- espacement :  $e = \frac{28 \cdot 1600 \cdot 1,13}{4427,57} = 11,5$

on prend un espacement constant  $e = 11 \text{ cm}$



## CALCUL DES RIGIDITÉS

Le calcul des rigidités ainsi que celui des efforts 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.

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

### \* Conditions d'application:

- cette méthode est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leurs plan, ayant une ossature composée de portiques reprenant la totalité des charges verticales et horizontales

- Les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers

- le diagramme de répartition des charges en élévation sont rectangulaire (cas du vent) ou triangulaire (cas du séisme).

- pour obtenir une précision convenable il faut que la raideur ( $I_e$ ) des poutres ne soit pas très faible devant celle des poteaux, on doit avoir  $K \geq 0,9$  pour tous les nœuds de l'ossature

- Les poteaux dont  $K < 0,9$  doivent être considérés comme ne faisant pas partie de la structure résistante aux charges horizontales.

- Les raideurs ( $I_e$ ) des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop différents (rapport compris entre  $0,5 \div 2$ )

La raideur ( $I/k$ ) d'un poteau ne doit pas trop varier entre deux étages adjacents (rapport compris  $0,5 \div 2$ )

- on doit pas avoir de variation brusque de rigidité entre deux niveaux adjacents

\* étapes de calcul:

1 - Calcul des rigidités linéaires des poteaux et des poutres.  $k_{pot} = I/k$   $k_{pout} = \frac{I}{e}$

2 - calcul des coefficients  $\alpha$  et du coefficient de correction  $\alpha_j$  dans les 2 sens

3 - calcul des raideurs corrigées des poteaux  $\alpha_j k_j$  dans les deux sens

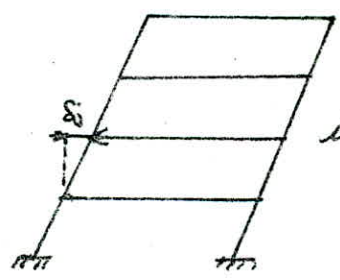
4 - calcul de la rigidité de niveau dans les 2 sens

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":



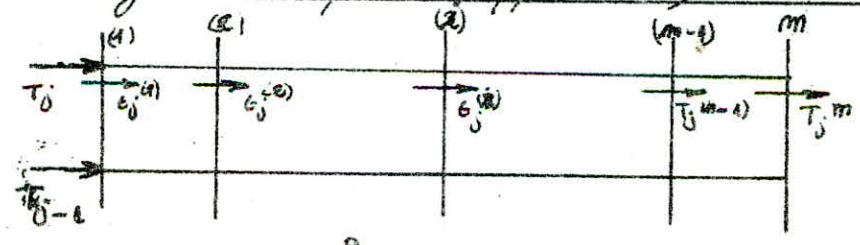
c'est le déplacement du plancher (j) par rapport au plancher immédiatement inférieur (j-1)

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 égal à l'unité.

$$R_j = T_j / s_j$$

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





soit  $(\epsilon_j^{(i)})$ : 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 :

$$r_d^{(i)} = \epsilon_j^{(i)} / \delta_j$$

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

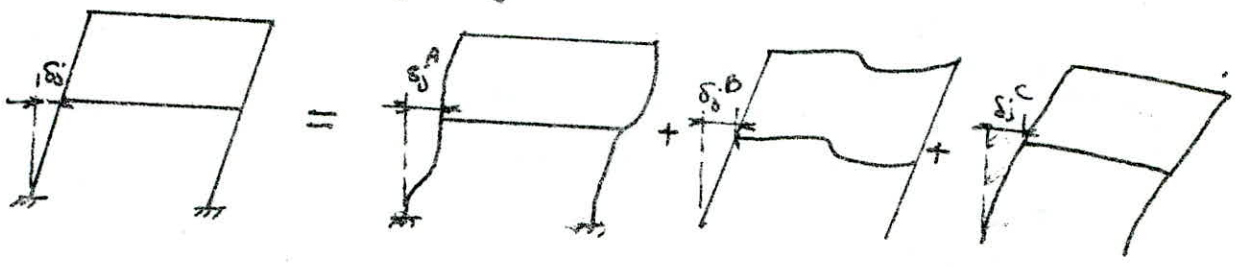
$$R_j = T_j / \delta_j = \sum_{i=1}^{i=m} r_j^{(i)}$$

(on suppose que tous les poteaux du même niveau ont le même déplacement)

e) Rigidité de niveau :

un portique à plusieurs niveaux soumis à de forces horizontales a un déplacement qui peut être décomposé en 3 composants.

$$\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B + \delta_j^C$$



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

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

$\delta_j^C$ : déplacement de console dû aux déformations axiales des poteaux tendus respectivement comprimés.

si le portique ne dépasse pas 15 niveaux  $\delta_j^C = 0 \Rightarrow \delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B$  et la rigidité de niveau deviendra :

$$R_j = \frac{T_j}{\delta_j^A + \delta_j^B} = \frac{T_j}{\delta_j^A} \cdot \frac{1}{(1 + \delta_j^B / \delta_j^A)} = \frac{T_j}{\delta_j^A} \cdot a_j$$

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

$$a_j = \frac{1}{(1 + \delta_j^B / \delta_j^A)} \rightarrow \text{coefficient de MUTO}$$

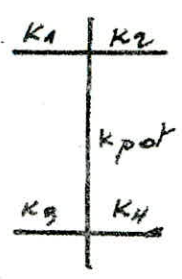
$$R_j^\infty = T_j / \delta_j \rightarrow \text{rigidité de niveau avec des poutres infiniment rigides}$$

- MUTO nous donne les coefficients  $\alpha_j$  comme suit:

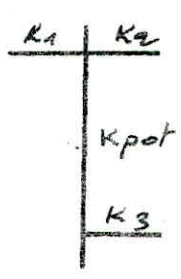
\* étage courant:

$$\alpha_j = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$$

$$\bar{K} = \frac{\sum K_{poutres}}{2 K_{poteau}}$$



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



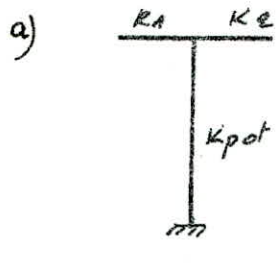
$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{2 K_{pot}}$$



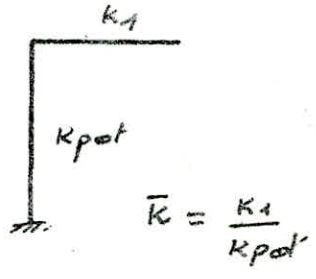
$$\bar{K} = \frac{K_1 + K_2}{2 K_{pot}}$$

\* 1<sup>er</sup> niveau (RDC):

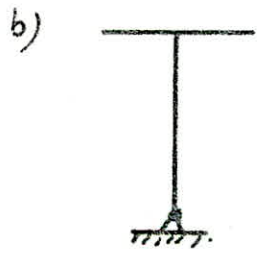
$$\alpha_j = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$$



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



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

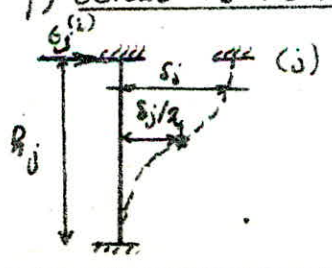


$$\alpha_j = \frac{0,5 \bar{K}}{1 + 2 \bar{K}}$$

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

Remarque: dans le cas du niveau du 1<sup>er</sup> étage les poteaux sont supposés encastres dans les poutres qui eux même sont encastrees dans les voiles très rigides.

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



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



$$r_j^{(i)} = \frac{L_j^{(i)}}{\delta_j} = \frac{12 E I_j^{(i)}}{h_j^3} = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot \frac{I_j^{(i)}}{h_j} = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot K_j^{(i)}$$

avec :  $K_j^{(i)} = \frac{I_j^{(i)}}{h_j^3} \rightarrow$  rigidité linéaire du poteau (i)

$$E = E_j = 21000 \sqrt{\delta_j} = 21000 \sqrt{275.1,2} = 38148 \text{ kg/cm}^2$$

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

$h_j$ : hauteur d'étage (j)

La rigidité corrigée du poteau (i) est donnée par :

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

3) Rigidité relative de niveau corrigée d'un portique :

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

pour le même étage ( $h_j = \text{cte}$ )  $\rightarrow R_j = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot D_j$

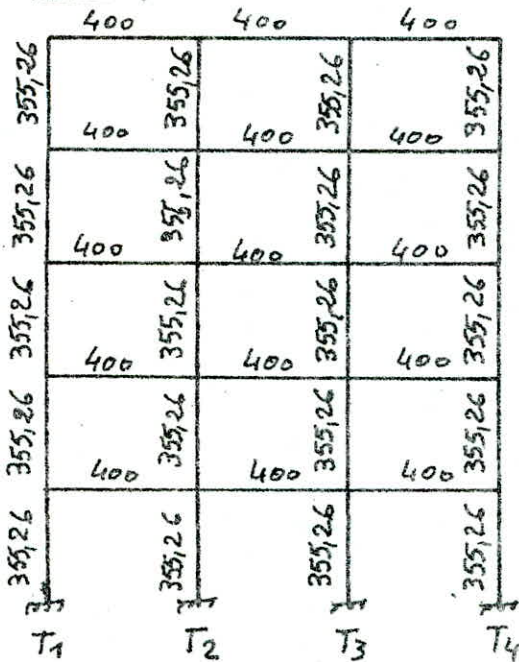
avec  $D_j = \sum_{i=1}^{i=m} a_j^{(i)} K_j^{(i)}$

- on présente tous les résultats du calcul dans les tableaux suivants.

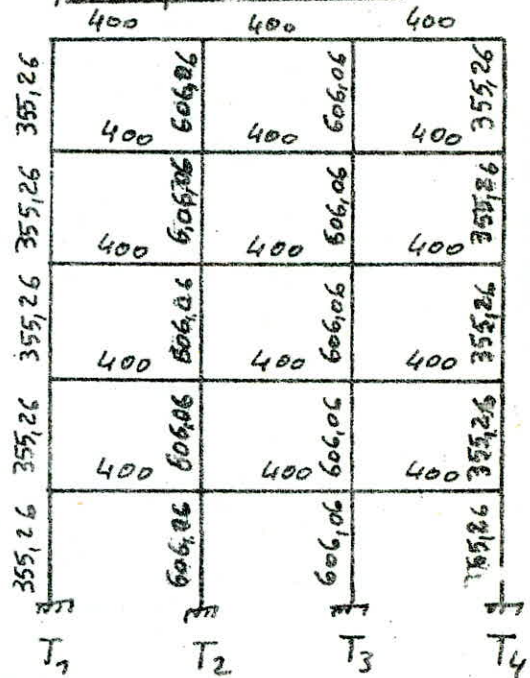
calcul des rigidités relatives de niveau corrigées:

A/ portiques Longitudinaux:

portique "L<sub>1</sub>-L<sub>1</sub>"



portique "L<sub>2</sub>-L<sub>2</sub>"



portique "L<sub>1</sub>-L<sub>1</sub>"

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$k_p = I/R$	$a_j k_p$	$D_j = \sum a_j k_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^3$
5 4 3 2	T <sub>1</sub>	1,13	0,36	355,26	127,9	632,36	23363,4
	T <sub>2</sub>	2,25	0,63	355,26	188,28		
	T <sub>3</sub>	2,25	0,63	355,26	188,28		
	T <sub>4</sub>	1,13	0,36	355,26	127,9		
1	T <sub>1</sub>	1,13	0,52	355,26	184,73	831,3	30713,47
	T <sub>2</sub>	2,25	0,65	355,26	230,9		
	T <sub>3</sub>	2,25	0,65	355,26	230,9		
	T <sub>4</sub>	1,13	0,52	355,26	184,73		

portique L<sub>2</sub>-L<sub>2</sub>

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$k_p = I/R$	$a_j k_p$	$D_j = \sum a_j k_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^3$
5 4 3 2	T <sub>1</sub>	1,13	0,36	355,26	127,9	740,640	27364
	T <sub>2</sub>	1,32	0,40	606,06	242,142		
	T <sub>3</sub>	1,32	0,40	606,06	242,142		
	T <sub>4</sub>	1,13	0,36	355,26	127,9		
1°	T <sub>1</sub>	1,13	0,52	355,26	184,73	1036,126	38281,13
	T <sub>2</sub>	1,32	0,55	606,06	333,33		
	T <sub>3</sub>	1,32	0,55	606,06	333,33		
	T <sub>4</sub>	1,13	0,52	355,26	184,73		

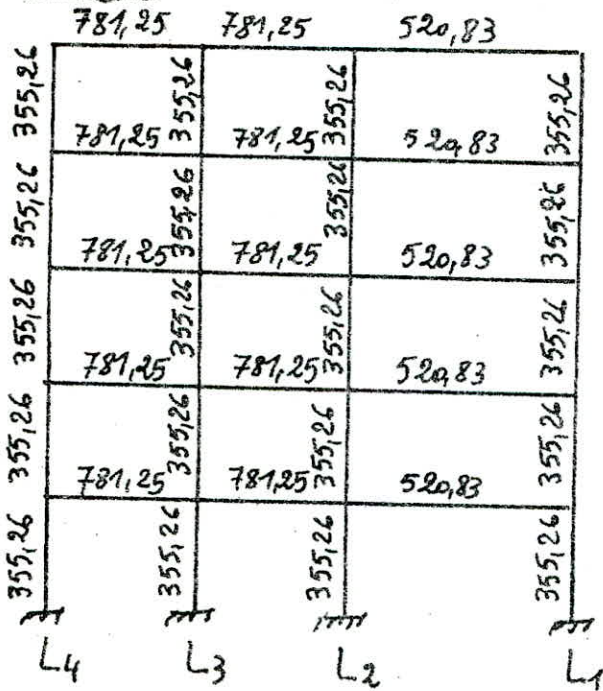




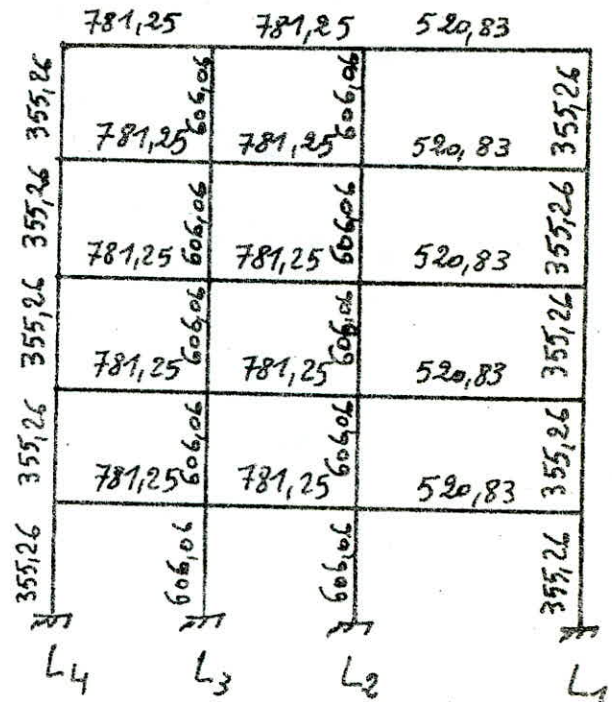


B) portiques transversaux

portique T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>



portique T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>



portique T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$K_p = I/R$	$a_j K_p$	$D_j = \sum a_j K_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^2$
5 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub>	2,80	0,523	355,26	185,8	810	29926,26
4 <sup>e</sup>	L <sub>2</sub>	4,398	0,697	355,26	244,1		
3 <sup>e</sup>	L <sub>3</sub>	3,665	0,647	355,26	229,8		
2 <sup>e</sup>	L <sub>4</sub>	1,466	0,423	355,26	150,3		
1 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub>	2,20	0,643	355,26	228,4	962,8	35571,6
	L <sub>2</sub>	4,398	0,765	355,26	271,8		
	L <sub>3</sub>	3,665	0,735	355,26	261,11		
	L <sub>4</sub>	1,466	0,567	355,26	205,5		

portique T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$K_p = I/R$	$a_j K_p$	$D_j = \sum a_j K_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^2$
5 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub>	2,20	0,52	355,26	185,8	990,7	36602,4
4 <sup>e</sup>	L <sub>2</sub>	2,50	0,56	606,06	233,4		
3 <sup>e</sup>	L <sub>3</sub>	2,15	0,52	606,06	315,2		
2 <sup>e</sup>	L <sub>4</sub>	1,466	0,423	355,26	150,3		
1 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub>	2,20	0,64	355,26	228,4	1223,8	45215,9
	L <sub>2</sub>	2,58	0,67	606,06	406,1		
	L <sub>3</sub>	2,15	0,64	606,06	388		
	L <sub>4</sub>	1,466	0,567	355,26	201,5		



portique T5-T5:

	781,25	781,25	520,83	
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
L8	L7	L6	L5	

portique T6-T6:

	781,25	781,25	520,83	
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
355,26	781,25	781,25	520,83	355,26
L8	L7	L6	L5	

portique T5-T5:

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$K_p = I/R$	$a_j K_p$	$D_j = \sum a_j K_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^2$
2	L8	2,199	0,523	355,26	185,9	810	29926,26
	L7	4,398	0,687	355,26	244,1		
	L6	3,665	0,647	355,26	229,8		
	L5	1,466	0,423	355,26	150,3		
1	L8	2,199	0,643	355,26	228,4	962,8	35571,6
	L7	4,398	0,765	355,26	271,8		
	L6	3,665	0,735	355,26	261,11		
	L8	1,466	0,567	355,26	201,5		

portique T6-T6:

Niv	pot	$\bar{K}$	$a_j$	$K_p = I/R$	$a_j K_p$	$D_j = \sum a_j K_p$	$R_j = 12 E D_j / h_j^2$
3	L8	2,199	0,523	355,26	185,9	990,7	36602,4
	L7	2,58	0,56	606,06	339,4		
	L6	2,15	0,52	606,06	315,2		
	L5	1,466	0,423	355,26	150,3		
1°	L8	2,199	0,643	355,26	228,4	1223,8	45215,9
	L7	2,58	0,67	606,06	406,1		
	L6	2,15	0,64	606,06	388		
	L5	1,466	0,567	355,26	201,5		

Détermination du Centre de masse et du centre de torsion :

a) Centre de masse :

Comme on a une répartition presque uniforme de la masse sur la surface, les coordonnées du centre de masse sont données par les formules suivantes par rapport un repère (xoy) déterminé :

$$X_G = \sum S_i X_i / \sum S_i \quad Y_G = \sum S_i Y_i / \sum S_i$$

Niveau	Coordon	Bloc A	Bloc B
tous le	$X_G(m)$	12	6
niveaux	$Y_G(m)$	7	7

b) Centre de torsion :

par rapport au repère (xoy) ; Les coordonnées du centre de torsion de l'étage (j) seront données par la formule du barycentre :

$$X_{c_j} = \sum_{e=1}^{K_j} R_{jx}^{(e)} X_j^{(e)} / R_{jx}^{(e)} ; \quad Y_{c_j} = \sum_{e=1}^{m_j} R_{jy}^{(e)} Y_j^{(e)} / R_{jy}^{(e)}$$

avec  $l$  : sens longitudinal ;  $t$  : sens transversel.

$$R_{jy}^{(t)} = \sum_{e=1}^{K_j} R_{jy}^{(t)} ; \quad R_{jx}^{(l)} = \sum_{e=1}^{m_j} R_{jx}^{(l)}$$

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

b-1 Calcul de la rigidité de l'étage (j) :

- sens longitudinal  $\rightarrow R_{jx} = \sum_{e=1, 2, 6, 7, 8} R_j^{(e)}$  en (kg/cm)

- sens transversal  $\rightarrow R_{jy} = \sum_{e=1}^{m_j} R_{jy}^{(e)}$  en (kg/cm)

BLOC	Niveau	5	4	3	2	1
A	$R_{jx}$	/	196930,3	196930,3	196930,3	213065,64
	$R_{jy}$	/	242864,5	242864,5	242864,5	297222,7
B	$R_{jx}$	101454,8	101454,8	101454,8	101454,8	124989,2
	$R_{jy}$	133057,32	133057,32	133057,32	133057,32	161575,0





\* Calcul des excentricités entre C et G :

Bloq	Niv	X <sub>G</sub>	X <sub>C</sub>	e <sub>x</sub> =  x <sub>G</sub> - x <sub>C</sub>	Y <sub>G</sub>	Y <sub>C</sub>	e <sub>y</sub> =  y <sub>G</sub> - y <sub>C</sub>
A	4,3,2	12	12	0,00	7	6,449	0,551
	1	12	12	0,00	7	6,42	0,558
B	5,4,3,2	6	6	0,00	7	6,46	0,54
	1	6	6	0,00	7	6,449	0,551

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<sub>x</sub>, 5% l<sub>y</sub>) → { Bloc A : = 5% l<sub>x</sub> =  $\frac{5}{100} \cdot 24 = 1,2$  m.  
 Bloc B : = 5% l<sub>y</sub> =  $\frac{5}{100} \cdot 14 = 0,7$  m

donc on prend pour tous les niveaux les excentricités suivantes:

Bloc A : e<sub>x</sub> = e<sub>y</sub> = 1,2 m  
 Bloc B : e<sub>x</sub> = e<sub>y</sub> = 0,7 m

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

par rapport à un repère (C, x, y) qui a comme origine le centre de torsion "C" les coordonnées des portiques sont:

port		Niv	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>
Transv	x <sub>i</sub>	5,4,3,2	-6	-2	2	6	-12	-8	-4	0	4	8	12
	(m)	1	-6	-2	2	6	-12	-8	-4	0	4	8	12
			L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>			
Longit	y <sub>i</sub>	5,4,3,2	7,54	1,54	-2,46	-6,46	7,55	1,55	-2,45	6,45			
	(m)	1	7,55	1,55	2,46	-6,45	7,58	1,58	2,42	-6,42			



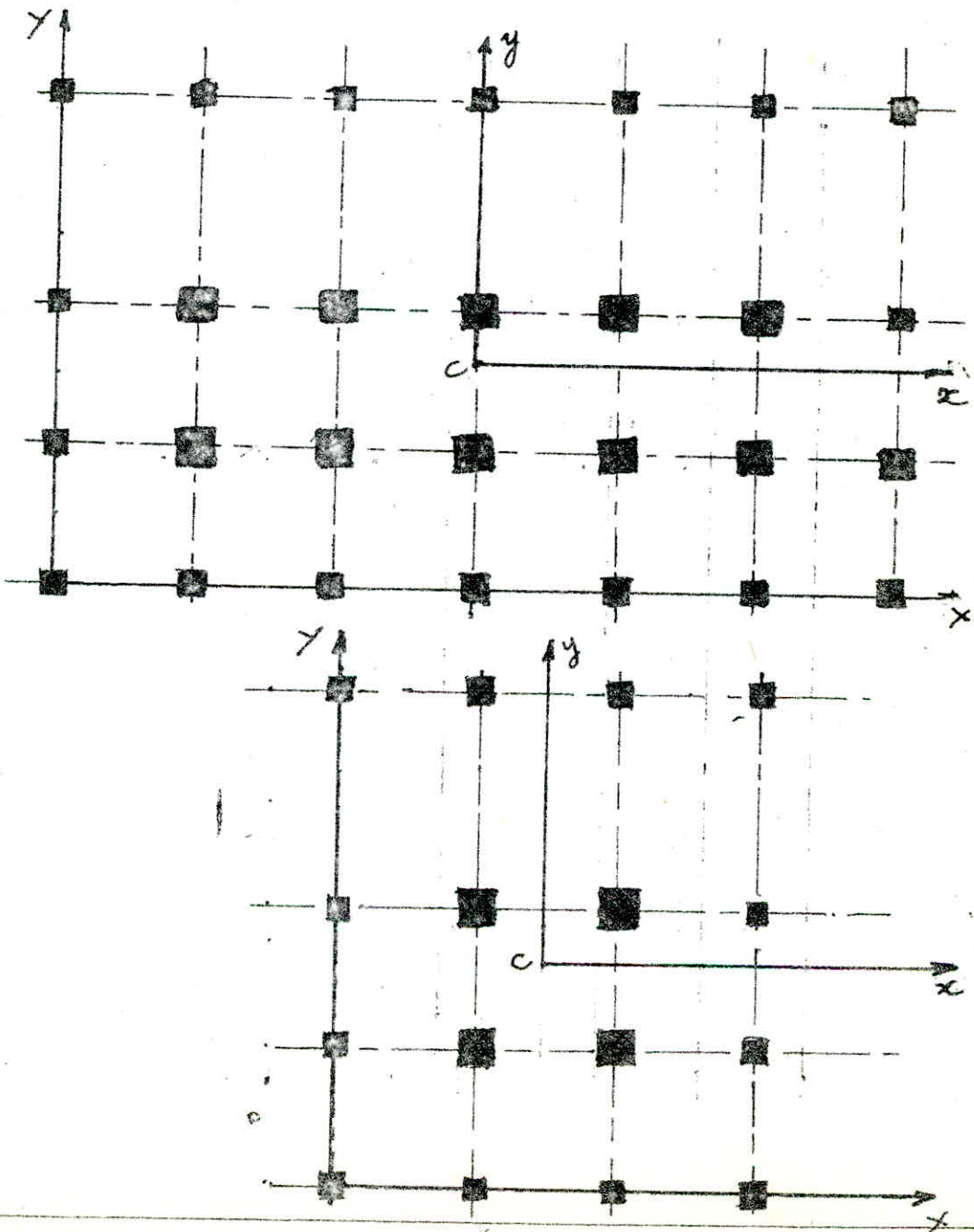
\* Calcul de la rigidité de la torsion ( $R_{j\theta}$ ):

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

$$R_{j\theta} = \sum_{i=1}^n R_{ij}^{(y)} [z_{ij}^{(y)}]^2 + \sum_{e=1}^8 R_{ij}^{(x)} [y_{ij}^{(x)}]^2$$

où  $x_j$  et  $y_j$  sont les coordonnées des parties par rapport au repère ( $E \alpha y$ )

Bloc	A		B	
Niveau	4, 3, 2	1	5, 4, 3, 2	1
$R_{j\theta} (kgm)$	$19,293 \cdot 10^{10}$	$23,664 \cdot 10^{10}$	$4,98 \cdot 10^{10}$	$6,15 \cdot 10^{10}$



# ETUDE AU SEISME

## \* Généralité :

Comme par les secousses engendré dans les constructions des accélérations particulières atteignent parfois l'ordre de grandeur de la gravité (9,81 m/s<sup>2</sup>). Les accélérations résultent des forces pouvant s'exercer suivant des directions quelconques.

Une grande partie de l'Algérie est susceptible d'être soumise à d'importantes secousses sismiques; l'intensité de ses secousses est suffisante pour produire d'importantes dégâts aux constructions.

A moins que celles-ci soient construites de manière adéquate pour résister à ses efforts. Par ailleurs quelques recommandation de conception générale de bâtiments :

- réduire autant que possible la hauteur des bâtiment, ainsi que le rapport de la hauteur avec sa largeur.
- éviter les ensembles non équilibrés en hauteur ou en italie et les éléments de construction non liés à l'ossature.
- Prévoir des fondations soigneusement chaînées et engagées dans le sol afin de s'opposer aux efforts de soulèvement dus au séisme.
- Prévoir si possible un sous-sol ou des fondations profondes armées qui encrent la construction dans le sol.
- Éviter les ouvertures de très grande dimension.
- Abaisser le plus possible le c.d.g de la construction.
- Réaliser des nœuds rigides ainsi qu'une bonne disposition d'armatures autour des ouvertures, il faut prévoir des encadrement armés liés à l'ossature.
- dans les poteaux les recouvrement des barres en attente devront être aux moins égaux à 50 fois le diamètre de ces barres et réalisées sans crochets.
- Assurer l'indéformabilité de l'ensemble par des contreventements dans tous les sens



\* Règlement sursi :

Depuis le séisme d'EL-ASNAM le 10 octobre 1980, le C.T.C a élaboré un règlement parasismique Algérien (RPA 81) rendent les conditions de sécurité plus strictes, donc le règlement sursi et (RPA 81)

\* Principe de Calcul :

on va faire un calcul simplifié en substituant aux effets dynamique réels, des sollicitations statiques basées sur des coefficients (A.B.D.Q), Ces sollicitations sont considérées être équivalentes à celles des efforts parasismiques.

Ce calcul n'est valable que si les conditions suivantes sont vérifiées (RPA 81 art 32-1-1) :

1 - Le bâtiment ou bloc étudié a une hauteur ou plus égale à 49m en Zone II, La hauteur max de notre bâtiment (y compris l'écrotère  $h = 20,1m \rightarrow$  (vérifiée)

2 - La forme du bâtiment étudié est simple, symétrique, proche d'un rectangle avec des parties en saillie ou en retrait ne dépassent pas 25% des dimensions du rectangle inscrit de préférence dans le sens considéré  $\rightarrow$  notre bâtiment est un rectangle  $\rightarrow$  (vérifiée)

3 - Dans le cas de 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 croissante  $\rightarrow$  (vérifiée)

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 considérée :

Niveau	A		B	
	4,3, e	1	5,4,3,2	1
$(X_G - X_G)$	0	0	0	0
20% largeur	2,8	2,8	2,8	2,8
$(Y_G - Y_G)$	0,551	0,558	0,54	0,551
20% largeur	4,8	4,8	2,4	2,4

d'après les valeurs du tableau précédent cette 4<sup>ème</sup> condition est vérifiée.

5 - Le rapport masse sur rigidité de deux niveaux successifs ne doit pas varier de plus de 25% dans chaque direction

Bloc	Bloc A				Bloc B				
	4	3	2	1	5	4	3	2	1
m(Kg)	334,22.10 <sup>3</sup>	350,4.10 <sup>3</sup>	353,9.10 <sup>3</sup>	353,9.10 <sup>3</sup>	479.10 <sup>3</sup>	188,410 <sup>3</sup>	192.10 <sup>3</sup>	192.10 <sup>3</sup>	192.10 <sup>3</sup>
R <sub>jx</sub>	196930,3	1,96930,3	196930,3	2,43065,6	1011454,8	1011454,8	"	"	124989
R <sub>iy</sub>	2428645	"	"	297222,7	133059,3	"	"	"	161575
m/R <sub>jx</sub>	1,6971	1,77931	1,7971	1,14153	1,76	1,85	1,89	1,89	1,536
variation	1,84%	0,99%	23,58%		4,86%	2,16%	0%	22,97%	
m/R <sub>iy</sub>	1,3762	1,4488	1,4572	1,1907	1,34	1,41	1,44	1,44	1,188
variation	1,83%	0,99%	22,38%		4,96%	2%	0%	21,21%	

Toutes les variations sont inférieures à 25% → vérifiée

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 de même ordre, ainsi que les cloisons sont disposés presque de la même façon dans tous les étages donc un degré d'amortissement voisin à tous les niveaux → (vérifiée)

7 - La structure ne présente pas de plusieurs degrés de liberté dans un même plan horizontal → (vérifiée)



\* Détermination des charges soumises à l'action sismique:

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

G: poids propre (charge permanente)

P/5: poids des équipements fixes (lits, armoires, ...)

BLOC A: niveau (4): surface du plancher Terrasse  $S = 336 m^2$

- acrotère:  $0,12 \times 0,7 \times 76 \times 2,5 = 15,96 t$
  - plancher:  $0,557 \times 336 = 187,15 t$
  - poutres trans:  $0,3 \times 0,5 \times 7 \times 2,5 \times 14 = 36,75 t$
  - poutre long:  $0,3 \times 0,5 \times 4 \times 2,5 \times 24 = 28,8 t$
  - 1/2 poteaux: (10 poteaux  $40 \times 40$ ; 18 poteaux  $35 \times 35$ )  
= 15,6 t
  - 1/2 mur extérieur:  $1/2 \times 0,253(76) \times 3,28 = 31,53 t$
  - Balcons:  $10 \times 0,400 \times 3 = 12 t$
- 
- G = 329,5 t
- 1/5 P:  $0,1 \times 336 \times 0,2 = 6,72 t$

W = 334,22 t

niveau 3: surface:  $S = 320 m^2$

- plancher:  $320 \times 0,498 = 159,36 t$
  - pout trans:  $= 36,75 t$
  - pout Long:  $= 28,8 t$
  - 1/2 poteaux:  $= 34,2 t$
  - murs extérieurs:  $= 63,06 t$
  - escalier:  $= 3,52 t$
  - Balcons:  $= 12 t$
- 
- G = 334,4 t
- 1/5 P:  $0,2 \times 0,25 \times 320 = 16 t$

W = 350,4 t

- niveau (2) et (1): surface du plancher  $S = 320 m^2$

- plancher	$320 \cdot 0,498 = 159,36 t$
- pout trans	$= 36,75 t$
- pout longit.	$= 28,18 t$
- poteaux	$= 31,2 t$
- murs extérieurs	$= 63,06 t$
- escalier	$= 7,04 t$
- Balcons	$= 19 t$
$1/5 P = 0,2 \cdot 0,25 \cdot 320 = 16 t$	$G = 337,91 t$
<u><u>W = 353,91 t</u></u>	

\* Calcul des forces sismiques:

Pour notre cas toutes conditions de l'application de la méthode statique sont vérifiées donc on peut faire un calcul statique équivalent. Pour le calcul on a l'intensité de la force horizontale totale qui est donnée par la formule de (RPA 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 d'usage de la structure et de la zone sismique.

pour notre cas (groupe d'usage "2", Zone II)  $\rightarrow A = 0,1$   
(RPA 81, tab-1)

- D: facteur d'amplification dynamique, la valeur de D sera déterminée d'après le type du sol en fonction de la période T du bâtiment à partir du graphique de (RPA 81, P=37)

• Détermination de la période T:

D'après le (RPA. 81), la valeur de T pour les bâtiments dans lesquels le système de contreventement est une ossature auto-stable capable de reprendre à 100% les forces horizontales, peut être déterminée



par la formule :  $T = 0,1N$ , avec  $N$ : nombre d'étage du bâtiment pour notre cas  $N = 4$  :  $\Rightarrow T = 0,4$ .  $H = 0,4$  secondes.

( $T = 0,5$ , sol meuble)  $\rightarrow D = 2.0$

-  $B$  : facteur de comportement de la structure, il dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements. Les valeurs de  $B$  sont dans le Tableau 2- (RPA 81):

portique auto stable  $\rightarrow B = 1/4$

-  $Q$  : facteur de qualité, les valeurs de  $Q$  sont données par la formule:

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$$

où  $q$  : est la pénalité qui dépend de l'observation ou non des critères de qualité  $q$ . Les critères ainsi que les valeurs de  $p_q$  correspondants sont donnés dans les tableaux suivants

• Sens longitudinal:

q	Critères	Pq	
		observé	non observé
1	conditions minimales de piles porteuses	0	
2	surabondance en plan	0	
3	Symétrie en plan	0	
4	Régularité en élévation		0,1
5	Contrôle de la qualité des matériaux		0,1
6	Contrôle de la qualité de la construction		0,1

$$Q = 1 + \sum P_q = 1 + 0,1 + 0,1 + 0,1 = 1,3$$

$$Q = 1,3$$

• sens transversal: même que le sens longitudinal:

$$Q = 1,3$$

- W : Le valeur de W comprend la totalité des charges permanentes  
 (poids propre de la structure, poids des remplissages  
 et des pavements, poids des équipements fixes, etc...)

$$\underline{W = 1992,44 \text{ t}}$$

\* distribution des forces latérales :

La force latérale totale V doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon la formule suivante :

$$V = F_t + \sum_{i=2}^n F_i \quad (\text{RPA 81.333})$$

- La force  $F_t$  concentrée au sommet et calculée à partir de la formule :  $F_t = 0,07TV$  ( $F_t$  doit être supérieur à 0,25%) ;  $F_t$  peut être prise égale à zéro si  $T \leq 0,4$  dans notre cas ( $F_t = 0$ )

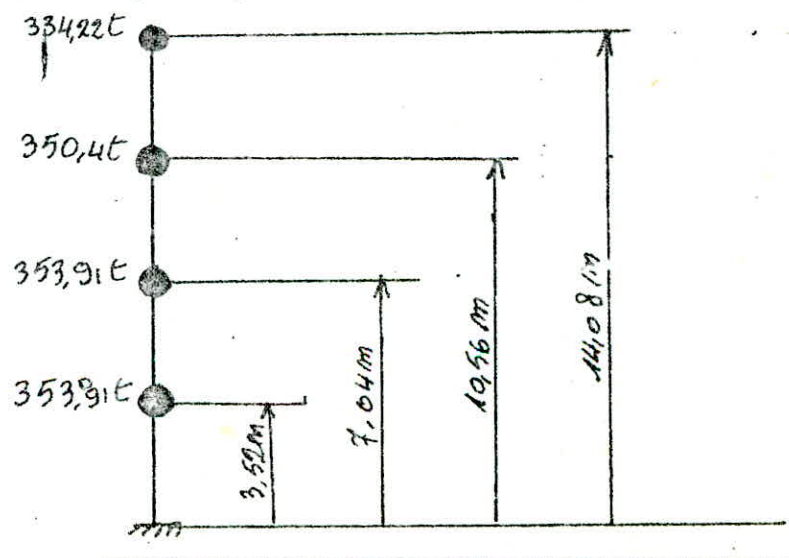
- La partie restante de l'effort horizontal doit être distribuée sur la hauteur suivant la formule suivante :

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

avec :  $F_k$  : effort horizontal au niveau K.

$W_{i,k}$  : partie W qui pèse au niveau K.  
 -ivement.

\* modélisation sous forme de console :



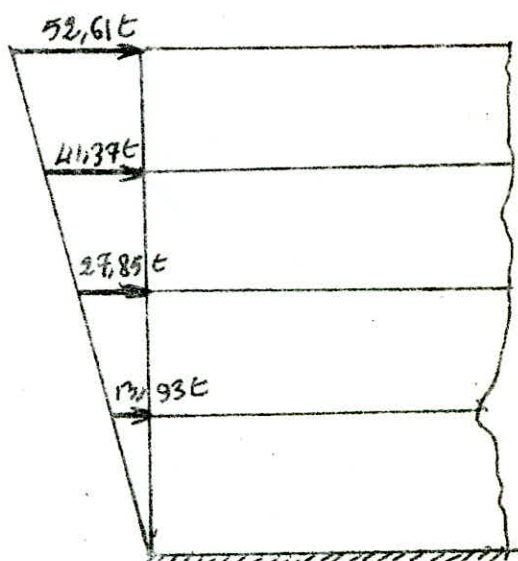


\* Seisme longitudinal.

$$V_L = A.B.D.Q.W = 0,15 \cdot 2 \cdot 1/4 \cdot 1,3 \cdot 4392,44 = 135,96 \text{ t}$$

$$\sum w_i h_i = 334,22 \cdot 14,08 + 350 \cdot 10,56 + 353,91 (7,04 + 3,52) = 12143,33 \text{ t}$$

MV	4	3	2	1
$w_k (t)$	334,22	350,4	353,91	353,91
$h_k (m)$	14,08	10,56	7,04	3,52
$w_k h_k (tm)$	4705,8	3700,2	2491,5	1245,8
$F_k (t)$	52,61	11,37	27,85	13,93



\* seisme transversal:

$$V_t = 0,15 \cdot 2 \cdot 1/4 \cdot 1,3 \cdot 4392,44 = 135,96 \text{ t}$$

$$\sum w_i h_i = 12143,33 \text{ t}$$

- on aura la même distribution que dans lesens longitudinal.

\* efforts tranchant d'étage "i" ( $E_i$ ):

c'est la somme des forces agissant au dessus du niveau (i) considéré soit :

$$E_i = \sum_{j=i}^n F_j, \text{ pour un bâtiment comportant } n \text{ étage.}$$

\* sens longitudinal et transversal:

$$E_{x4} = E_{y4} = 52,61 \text{ t}$$

$$E_{x3} = E_{y3} = 92,98 \text{ t}$$

$$E_{x2} = E_{y2} = 120,83 \text{ t}$$

$$E_{x1} = E_{y1} = 134,76 \text{ t}$$

BLOC B: \* Détermination des charges sismique:

- niveau ⑤: surface du plancher terrasse  $S = 168 \text{ m}^2$

- acrotère .  $0,12 \times 0,752 \times 2,5 = 10,92 \text{ t}$
- plancher terrasse  $0,559 \times 168 = 93,576$
- poutres transversales:  $4 \times 2,5 \times 0,514 = 21 \text{ t}$
- poutres long:  $4 \times 2,5 \times 0,304 = 14,4 \text{ t}$
- 1/2 poteaux (12 poteaux  $35 \times 35 + 4$  poteaux  $40 \times 40$ ):  $3,52 \times 2,5 (12 \times 0,3^2 + 4 \times 0,4^2) = 9,3 \text{ t}$
- 1/2 mur extérieur:  $\frac{1}{2} \times 0,253 \times (14+12) \times 3,52 = 21,4 \text{ t}$
- Balcon . . .  $4 \times 0,4 \times 3 \times 1 = 4,8 \text{ t}$

$G = 175,32 \text{ t}$

$1/5 P \quad 0,2 \times 0,1 \times 168 = 3,36 \text{ t}$

$W = 179 \text{ t}$

- niveau ④: surface du plancher  $S = 152$

- plancher  $0,498 \times 152 = 75,7 \text{ t}$
- poutres trans  $= 21 \text{ t}$
- poutres long  $= 14,4 \text{ t}$
- poteaux  $= 18,6 \text{ t}$
- Mur extérieur  $= 42,8 \text{ t}$
- Escalier 1/2  $= 3,52 \text{ t}$
- Balcon  $= 4,68 \text{ t}$

$G = 180,78 \text{ t}$

$1/5 P: \quad 152 \times 0,25 \times 0,2 = 7,6 \text{ t}$

$W = 188,4 \text{ t}$

- niveau: ③ ② ①: surface du plancher  $S = 152 \text{ m}^2$

- poids du plancher  $= 75,5 \text{ t}$
- poutre trans  $= 21 \text{ t}$
- poutre long  $= 14,4 \text{ t}$
- poteaux  $= 18,6 \text{ t}$
- Murs extérieur  $= 42,8 \text{ t}$



- Escalier = 7,04 t  
 - Balcon = 4,68 t  
 G = 184,3 t  
 1/5 P = 152 · 0,25 · 0,2 = 7,6 t

W = 192 t

\* Calcul des forces sismiques :

V = A · B · D · Q · W

avec A = 0,15 (groupe d'usage 2 Zone II)

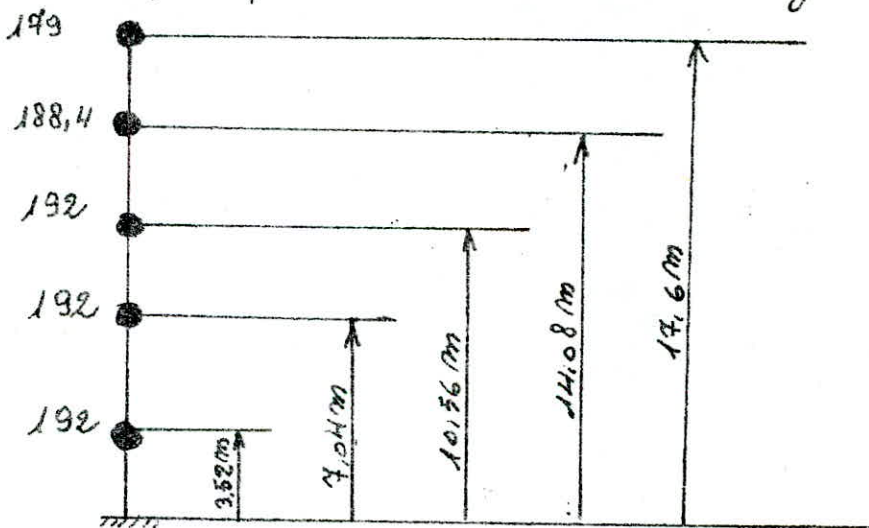
B = 1/4 (ossature autosable)

D (avec T = 0,1 N = 0,15 = 0,5) = 2

Q (même que pour le Bloc A) = 1,3

W = 944 t

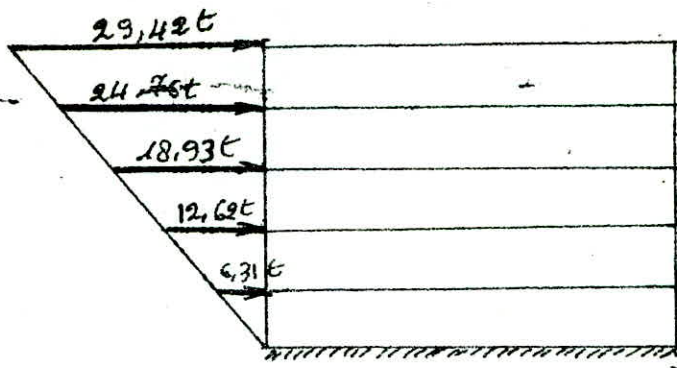
\* Modélisation sous forme de console (seisme long, trans)



V<sub>L</sub> = A · B · D · Q · W = 0,15 · 2 · 1/4 · 1,3 · 944 = 92,04 t

\* Distribution des forces horizontales (et long, longitudinale)

NIV	5	4	3	2	1
WK(t)	199	188,4	192	192	192
h <sub>K</sub> (m)	17,6	14,08	10,56	7,04	3,52
WK · h <sub>K</sub>	3501,4	2652,7	2027,5	1352	675,84
F <sub>K</sub> (t)	29,42	24,96	18,93	12,62	6,31



\* efforts tranchant d'étage "j" =  $E_j$ :

pour long et transvers:

$$E_{x5} = E_{y5} = 29,42t$$

$$E_{x4} = E_{y4} = 54,18t$$

$$E_{x3} = E_{y3} = 73,11t$$

$$E_{x2} = E_{y2} = 85,73t$$

$$E_{x1} = E_{y1} = 92,04t$$



\* Détermination de l'effort tranchant ( $T_j$ ) revenant à chaque portique

L'effort tranchant d'étage ( $E_j$ ) s'applique au c.d.g de l'étage

(j) c.à.d en  $G_j$ , Comme on a une rotation de dé plancher autour du centre de torsion  $C$ .  $E_j$  appliqué en  $G_j$  est équivalent à  $E_j$  appliquée en  $C$  plus un couple de torsion  $M_j$  :

$$M_j = E_j \cdot e$$

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

a) dans les portiques longitudinaux :

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

- Le premier terme étant dû à la translation

- Le second à la rotation

b) dans un portique transversal quelconque :

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

pour l'action de  $E_{jy}$ , on aura des expressions analogues

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

- portiques transversaux :

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

- portiques longitudinaux :

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

\* Calcul du déplacement relatif ( $\delta_j$ ) :

Le déplacement relatif ( $\delta_j$ ) d'un étage est donné par :

$$\delta_j = T_j / R_j$$

Les valeurs de  $T_j$  et de  $\delta_j$  sont données dans les tableaux qui suivent.



portiques transversaux (Bloc B)

NIV	$T_{jx}$ (t)	$R_{jy}$ (kg.cm)	$R_{j0}$ (kg.cm)	$T_{jy}$ (t)	portique	$R_{jy}$ (kg.cm)	$x_j$ (cm)	$\frac{R_{jy}}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jy} x_j}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jy} x_j}{R_{j0}}$	$T_j = \sum T_{jy}$ (t)	$\delta_j = \frac{T_j}{R_j}$ (cm)
5	29,42	133057,32	4,98.10 <sup>10</sup>	29,42	T <sub>1</sub>	29926,26	-600	6,620	-0,74	-0,74	6,62	0,22
					T <sub>2</sub>	36602,40	-200	8,093	-0,31	-0,31	8,093	0,22
					T <sub>3</sub>	36602,40	+200	8,093	+0,31	+0,31	8,713	0,24
					T <sub>4</sub>	29926,26	+600	6,620	+0,74	+0,74	8,1	0,27
4	54,18	133057,32	4,98.10 <sup>10</sup>	54,18	T <sub>1</sub>	29926,26	-600	12,18	-1,36	-1,36	12,18	0,40
					T <sub>2</sub>	36602,40	-200	14,04	-0,55	-0,55	14,04	0,40
					T <sub>3</sub>	36602,40	+200	14,04	+0,55	+0,55	15,15	0,41
					T <sub>4</sub>	29926,26	+600	12,18	+1,36	+1,36	14,91	0,49
3	73,11	133057,32	4,98.10 <sup>10</sup>	73,11	T <sub>1</sub>	29926,26	-600	16,44	-1,84	-1,84	16,14	0,53
					T <sub>2</sub>	36602,40	-200	20,11	-0,75	-0,75	20,11	0,59
					T <sub>3</sub>	36602,40	+200	20,11	+0,75	+0,75	21,61	0,59
					T <sub>4</sub>	29926,26	+600	16,44	+1,84	+1,84	20,13	0,67
2	85,73	133057,32	4,98.10 <sup>10</sup>	85,73	T <sub>1</sub>	29926,26	-600	19,28	-2,16	-2,16	19,28	0,64
					T <sub>2</sub>	36602,40	-200	23,58	-0,88	-0,88	23,58	0,64
					T <sub>3</sub>	36602,40	+200	23,58	+0,88	+0,88	25,34	0,69
					T <sub>4</sub>	29926,26	+600	19,28	+2,16	+2,16	23,60	0,78
1	92,04	161575	6,15.10 <sup>10</sup>	92,04	T <sub>1</sub>	35571,60	-600	20,26	-2,23	-2,23	20,26	0,56
					T <sub>2</sub>	45215,90	-200	25,75	-0,94	-0,94	25,75	0,57
					T <sub>3</sub>	45215,90	+200	25,75	+0,94	+0,94	27,64	0,61
					T <sub>4</sub>	35571,60	+600	20,26	+2,23	+2,23	24,70	0,70

portique Longitudinaux

NIV	$T_{jy}$ (t)	$R_{jx}$ (kg.cm)	$R_{j0}$ (kg.cm)	$T_{jx}$ (t)	portique	$R_{jx}$ (kg.cm)	$y_j$ (cm)	$\frac{R_{jx}}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jx} y_j}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jx} y_j}{R_{j0}}$	$T_{jx} = \sum T_{jx}$ (t)	$\delta_{jx} = \frac{T_{jx}}{R_{jx}}$ (cm)
5	29,42	101454,8	4,98.10 <sup>10</sup>	29,42	L <sub>1</sub>	23363,40	7,54	6,77	+0,73	+0,73	8,22	0,35
					L <sub>2</sub>	27364,00	1,54	7,93	+0,17	+0,17	8,27	0,30
					L <sub>3</sub>	27364,00	-2,46	7,93	-0,27	-0,27	7,93	0,29
					L <sub>4</sub>	23363,40	-6,46	6,77	-0,62	-0,62	6,77	0,29
4	54,18	101454,8	4,98.10 <sup>10</sup>	54,18	L <sub>1</sub>	23363,40	+7,54	12,47	+1,34	+1,34	15,15	0,64
					L <sub>2</sub>	27364,00	+1,54	14,61	+0,32	+0,32	15,25	0,56
					L <sub>3</sub>	27364,00	-2,46	14,61	-0,51	-0,51	14,61	0,53
					L <sub>4</sub>	23363,40	-6,46	12,47	-1,15	-1,15	12,47	0,53
3	73,11	101454,8	4,98.10 <sup>10</sup>	73,11	L <sub>1</sub>	23363,40	+7,54	16,83	+1,81	+1,81	20,45	0,87
					L <sub>2</sub>	27364,00	+1,54	19,72	+0,43	+0,43	20,58	0,75
					L <sub>3</sub>	27364,00	-2,46	19,72	-0,69	-0,69	19,72	0,72
					L <sub>4</sub>	23363,40	-6,46	16,83	-1,55	-1,55	16,83	0,72
2	85,73	101454,8	4,98.10 <sup>10</sup>	85,73	L <sub>1</sub>	23363,40	+7,54	19,74	+2,12	+2,12	24,00	1,02
					L <sub>2</sub>	27364,00	+1,54	23,12	+0,54	+0,54	24,13	0,88
					L <sub>3</sub>	27364,00	-2,46	23,12	-0,81	-0,81	23,12	0,84
					L <sub>4</sub>	23363,40	-6,46	19,74	-1,81	-1,81	19,74	0,84
1	92,04	137989,2	6,15.10 <sup>10</sup>	92,04	L <sub>1</sub>	30713,47	7,551	20,57	+2,24	+2,24	25,5	0,82
					L <sub>2</sub>	38281,13	1,551	25,64	+0,62	+0,62	26,9	0,70
					L <sub>3</sub>	38281,13	-2,449	25,64	-0,98	-0,98	25,64	0,67
					L <sub>4</sub>	30713,47	-6,449	20,57	-2,1	-2,1	20,57	0,66



portiques Longitudinaux (Bloc A)

NIV	$R_{jx}$ (kg/cm)	$R_{j0}$ (kg/cm)	$G_{jy}$ (t)	$G_{jx}$ (t)	Artique	$R_{jx}$ (kg/cm)	$y_j$ (cm)	$\frac{R_{jx}}{G_{jy}}$	$\frac{R_{jx} y_j}{G_{jy}}$	$\frac{R_{jx}}{G_{jy}}$	$\frac{R_{jx} y_j}{G_{jy}}$	$T_j = \frac{T_j}{R_{jx}}$	(t)	(cm)
4	196930,28	19,293.10 <sup>10</sup>	52,61	52,61	L5	44232,24	+7,55	11,816	+1,092	+1,092	14	0,3165		
					L6	54232,90	+1,55	14,488	+0,275	+0,275	15,036	0,277		
					L7	54232,90	-2,45	14,488	-0,434	-0,434	14,488	0,267		
					L8	44232,24	-6,45	11,816	-0,933	-0,933	11,816	0,267		
3	196930,28	19,293.10 <sup>10</sup>	92,98	92,98	L5	44232,24	+7,55	20,884	+1,931	+1,931	24,746	0,553		
					L6	54232,90	+1,55	25,606	+0,486	+0,486	26,578	0,490		
					L7	54232,90	-2,45	25,606	-0,768	-0,768	25,606	0,472		
					L8	44232,24	-6,45	20,884	-1,649	-1,649	20,884	0,472		
2	196930,28	19,293.10 <sup>10</sup>	120,83	120,83	L5	44232,24	+7,55	27,139	+2,509	+2,509	32,157	0,727		
					L6	54232,90	+1,55	33,275	+0,631	+0,631	34,537	0,636		
					L7	54232,90	-2,45	33,275	-0,998	-0,998	33,275	0,613		
					L8	44232,24	-6,45	27,139	-2,144	-2,144	27,139	0,613		
1	263065,64	23,664.10 <sup>10</sup>	134,76	134,76	L5	56306,32	+7,58	28,843	+2,91	+2,91	34,663	0,615		
					L6	75226,50	+1,58	38,536	+0,812	+0,812	40,16	0,533		
					L7	75226,50	-2,42	38,536	-1,244	-1,244	38,536	0,512		
					L8	56306,32	-6,42	28,843	-2,47	-2,47	28,843	0,512		

partiques transversaux (Bloc A)

Niv	$R_{jy}$ (kg.cm)	$R_{j0}$ (kg.cm)	$\bar{e}_{jy}$	$\bar{e}_{jx}$	portique	$R_{jy}$ (kg.cm)	$x_j$ (cm)	$\frac{R_{jy}}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jy} x_j}{R_{j0}}$	$\frac{R_{jy} x_j^2}{R_{j0}}$	(H) $T_j = \sum T_j$	(Cm) $e_j = \frac{T_j}{R_j}$
4	242864,52	19,293.10 <sup>10</sup>	52,61	52,61	T5	29926,26	-1200	6,482	-1,175	-1,175	6,482	0,216
					T6	36602,40	-800	7,929	-0,958	-0,958	7,929	0,216
					T7	36602,40	-400	7,929	-0,479	-0,479	7,929	0,216
					T8	36602,40	0	7,929	0	0	7,929	0,216
					T9	36602,40	+400	7,928	+0,479	+0,479	8,886	0,243
					T10	36602,40	+800	7,928	+0,958	+0,958	9,844	0,269
					T11	29926,26	+1200	6,482	+1,175	+1,175	8,832	0,295
3	242864,52	19,293.10 <sup>10</sup>	92,98	92,98	T5	29926,26	-1200	11,457	-2,077	-2,077	11,457	0,383
					T6	36602,40	-800	14,015	-1,693	-1,693	14,015	0,383
					T7	36602,40	-400	14,015	-0,846	-0,846	14,015	0,383
					T8	36602,40	0	14,015	0	0	14,015	0,383
					T9	36602,40	+400	14,015	+0,846	+0,846	15,707	0,429
					T10	36602,40	+800	14,015	+1,693	+1,693	17,401	0,475
					T11	29926,26	+1200	11,457	+2,077	+2,077	15,611	0,5216
2	242864,52	19,293.10 <sup>10</sup>	120,83	120,83	T5	29926,26	-1200	14,888	-2,699	-2,699	14,888	0,497
					T6	36602,40	-800	18,210	-2,201	-2,201	18,210	0,497
					T7	36602,40	-400	18,210	-1,100	-1,100	18,210	0,497
					T8	36602,40	0	18,210	0	0	18,210	0,497
					T9	36602,40	+400	18,210	+1,100	+1,100	20,41	0,557
					T10	36602,40	+800	18,210	+2,201	+2,201	22,612	0,6177
					T11	29926,26	+1200	14,888	+2,699	+2,699	17,587	0,587
1	237222,70	23,664.10 <sup>10</sup>	134,76	134,76	T5	35571,60	-1200	16,128	-2,917	-2,917	16,128	0,453
					T6	45215,90	-800	20,500	-2,471	-2,471	20,500	0,453
					T7	45215,90	-400	20,501	-1,236	-1,236	20,501	0,453
					T8	45215,90	0	20,501	0	0	20,501	0,453
					T9	45215,90	+400	20,501	+1,236	+1,236	22,973	0,508
					T10	45215,90	+800	20,501	+2,471	+2,471	25,443	0,563
					T11	35571,60	+1200	16,128	+2,917	+2,917	21,962	0,617



\* calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau  
on prend des portique les plus sollicités fait:

- portique longitudinaux:
  - Bloc A:  $L_3L_5, L_6L_6$
  - Bloc B:  $L_1L_1, L_2L_2$
- portique transversaux:
  - Bloc A:  $T_{10}T_{10}, T_{11}T_{11}$
  - Bloc B:  $T_1T_1, T_2T_2$

on a déjà calculé le déplacement relatif de niveau ( $\delta_j$ ) 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:

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

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

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

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

donc on a:

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

$$\text{or: } r_j^{(i)} = \frac{12E}{h_j^3} \cdot a_j^{(i)} K_j^{(i)} \text{ avec } h_j = \text{cte}$$

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

partique Longitudinaux:

L <sub>5</sub> -L <sub>5</sub>			pot	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>
NIV	T <sub>j</sub>	D <sub>j</sub>	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	182,9	188,28	188,28	188,28	188,28	188,28	188,28
4	14	1197,2	t <sub>j</sub>	1,495	2,201	2,201	2,201	2,201	2,201	1,495
3	24,746	1197,2	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	127,9	188,28	188,28	188,28	188,28	188,28	127,9
			t <sub>j</sub>	2,643	3,881	3,881	3,881	3,881	3,881	2,643
2	32,157	1197,2	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	127,9	188,28	188,28	188,28	188,28	188,28	127,9
			t <sub>j</sub>	3,435	5,057	5,057	5,057	5,057	5,057	3,435
1	34,663	1524	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	184,73	230,9	230,9	230,9	230,9	230,9	184,73
			t <sub>j</sub>	4,201	5,252	5,252	5,252	5,252	5,252	4,201

L <sub>6</sub> -L <sub>6</sub>			pot	T <sub>5</sub>	T <sub>6</sub>	T <sub>7</sub>	T <sub>8</sub>	T <sub>9</sub>	T <sub>10</sub>	T <sub>11</sub>
NIV	T <sub>j</sub>	D <sub>j</sub>	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	127,89	242,42	242,42	242,42	242,42	242,42	127,89
4	15,036	1467,88	t <sub>j</sub>	1,310	2,483	2,483	2,483	2,483	2,483	1,310
3	26,578	1467,88	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	127,89	242,42	242,42	242,42	242,42	242,42	127,89
			t <sub>j</sub>	2,317	4,389	4,389	4,389	4,389	4,389	2,317
2	34,537	1467,88	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	127,89	242,42	242,42	242,42	242,42	242,42	127,89
			t <sub>j</sub>	3,011	5,704	5,704	5,704	5,704	5,704	3,011
1	40,16	2036,12	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	184,73	333,33	333,33	333,33	333,33	333,33	184,73
			t <sub>j</sub>	3,647	6,574	6,574	6,574	6,574	6,574	3,647

partique Transversaux:

T <sub>5</sub> -T <sub>5</sub>			pot	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>
NIV	T <sub>j</sub>	D <sub>j</sub>	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	229,8	244,1	185,8
4	8,832	810	t <sub>j</sub>	1,638	2,505	2,661	2,026
3	15,611	810	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	229,8	244,1	185,8
			t <sub>j</sub>	2,896	4,429	4,704	3,581
2	17,587	810	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	229,8	244,1	185,8
			t <sub>j</sub>	3,263	4,989	5,299	4,034
1	21,062	962,8	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	201,5	261,11	271,8	228,4
			t <sub>j</sub>	4,596	5,956	6,199	5,210

T <sub>6</sub> -T <sub>6</sub>			pot	L <sub>5</sub>	L <sub>6</sub>	L <sub>7</sub>	L <sub>8</sub>
NIV	T <sub>j</sub>	D <sub>j</sub>	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	315,2	339,4	185,8
4	9,844	990,7	t <sub>j</sub>	1,483	3,132	3,372	1,846
3	17,401	990,7	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	315,2	339,4	185,8
			t <sub>j</sub>	2,639	5,536	5,961	3,263
2	22,612	990,7	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	150,3	315,2	339,4	185,8
			t <sub>j</sub>	3,430	7,194	7,746	4,240
1	25,443	1223,8	a <sub>j</sub> K <sub>j</sub>	201,5	388	406,1	228,4
			t <sub>j</sub>	4,187	8,062	8,438	4,746



portiques longitudinaux

$L_1 - L_1$			Pot	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
NIV	$T_j$	$D_j$	$a_j k_j$	127,9	188,28	188,28	127,9
5	8,22	632,36	$t_j$	1,66	2,44	2,44	1,66
4	15,15	632,36	$a_j k_j$	127,9	188,28	188,28	127,9
			$t_j$	3,06	4,5	4,5	3,06
3	20,45	632,36	$a_j k_j$	127,9	188,28	188,28	127,9
			$t_j$	4,13	6,08	6,08	4,13
2	24,00	632,36	$a_j k_j$	127,9	188,28	188,28	127,9
			$t_j$	4,85	7,15	7,15	4,85
1	25,50	831,3	$a_j k_j$	184,73	230,9	230,9	184,73
			$t_j$	5,66	7,08	7,08	5,66

portiques transversaux

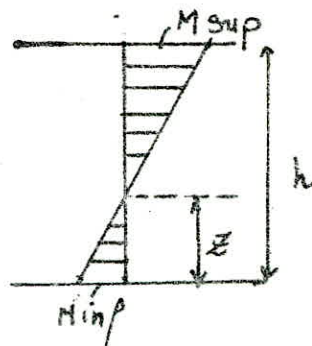
$T_1 - T_1$			Pot	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
NIV	$T_j$	$D_j$	$a_j k_j$	150,3	229,8	244,1	185,8
5	8,4	810	$t_j$	1,15	2,13	2,11	1,85
4	14,91	810	$a_j k_j$	150,3	229,8	244,1	185,8
			$t_j$	2,76	4,23	4,49	3,42
3	20,13	810	$a_j k_j$	150,3	229,8	244,1	185,8
			$t_j$	3,73	5,7	6,06	4,6
2	23,6	810	$a_j k_j$	150,3	229,8	244,1	185,8
			$t_j$	4,38	6,69	7,11	5,61
1	24,7	962,8	$a_j k_j$	201,5	268,11	271,8	228,4
			$t_j$	5,37	6,95	7,24	6,1

$L_2 - L_2$			Pot	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$
NIV	$T_j$	$D_j$	$a_j k_j$	127,9	242,42	242,42	127,9
5	8,27	740,64	$t_j$	1,43	2,7	2,7	1,43
4	15,25	740,64	$a_j k_j$	127,9	242,42	242,42	127,9
			$t_j$	2,63	4,99	4,99	2,63
3	20,58	740,64	$a_j k_j$	127,9	242,42	242,42	127,9
			$t_j$	3,55	6,73	6,73	3,55
2	24,13	740,64	$a_j k_j$	127,9	242,42	242,42	127,9
			$t_j$	4,16	7,89	7,89	4,16
1	26,9	1036,12	$a_j k_j$	184,73	333,33	333,33	184,73
			$t_j$	4,79	8,65	8,65	4,79

$T_2 - T_2$			Pot	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$
NIV	$T_j$	$D_j$	$a_j k_j$	150,3	315,2	339,4	185,8
5	8,71	990,7	$t_j$	1,32	2,77	2,98	1,83
4	15,15	990,7	$a_j k_j$	150,3	315,2	339,4	185,8
			$t_j$	2,29	4,82	5,2	2,84
3	21,61	990,7	$a_j k_j$	150,3	315,2	339,4	185,8
			$t_j$	3,27	6,84	7,4	4,05
2	25,34	990,7	$a_j k_j$	150,3	315,2	339,4	185,8
			$t_j$	3,84	8,06	8,68	4,75
1	27,64	1223,8	$a_j k_j$	201,5	388	406,1	228,4
			$t_j$	4,53	8,78	9,17	5,15

\* Calcul des moments dans les poteaux :

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

$$Z = \gamma h \quad / \quad \gamma = \gamma_0 + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 \quad (i)$$


avec  $\gamma_0$  : Coefficient donnée par les tableaux du (bulletin n°5) de CTC. en fonction de  $\bar{k}$ , du nombre total de niveau de pontique et du N° de niveau.

-  $\gamma_1$  : Terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire ( $\frac{I_e}{h}$ ) des poutres supérieures et inférieures, il est donnée par des tableaux en fonction de  $\alpha_1$  et de  $\bar{k}$

$$\alpha_1 = \frac{k_1 + k_2}{k_3 + k_4} \rightarrow \text{poutres supérieures}$$

$$\alpha_1 = \frac{k_3 + k_4}{k_1 + k_2} \rightarrow \text{poutres inférieures}$$

-  $\gamma_2$  : Terme de Correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur d'étage supérieur, il est donnée en fonction de :  $\alpha_2 = \frac{h_2}{h}$  (pour le dernier niveau  $\gamma_2 = 0$ ) et de  $\bar{k}$

-  $\gamma_3$  : Terme de Correction dû à la variation de la hauteur d'étage à la hauteur de l'étage inférieur adjacent il est donnée en fonction de  $\alpha_3$  et  $\bar{k}$ ,  $\alpha_3 = \frac{h_1}{h}$  ( $\gamma_3 = 0$  pour le premier niveau)

• Remarque :

- dans notre cas  $h_j = 3,52 \text{ m}$  pour tous les niveaux

$$\Rightarrow \gamma_2 = \gamma_3 = 0$$

- Les coefficients  $\gamma_0, \gamma_1, \gamma_2$  et  $\gamma_3$  sont donnés dans le Bulletin du C.T.C (n° 5 1980).



$L_1 - L_1$

NOTES GÉNÉRALES CONJUGUÉES

$L_2 - L_2$

NIV	Pot	$t_j(t)$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_1$	$y = \sum y_i$	$y_{d1}$	$z = y h$	$M_{inf}$ (t.m)	$h-3$ (m)	$M_{sup}$ (t.m)
5	$T_1$	1,66	1,13	0,36	1	0,36	0	1,26	2,1	2,26	3,75
	$T_2-T_3$	2,44	2,25	0,41	"	0,41	"	1,44	2,51	2,08	5,10
	$T_4$	1,66	1,13	0,36	"	0,36	"	1,26	2,1	2,26	3,75
4	$T_1$	3,06	1,13	0,45	1	0,45	0	1,58	4,83	1,94	5,93
	$T_2-T_3$	4,50	2,25	0,46	"	0,46	"	2,62	3,64	1,90	8,55
	$T_4$	3,06	1,13	0,45	"	0,45	"	2,58	4,83	1,94	5,93
3	$T_1$	4,13	1,13	0,45	1	0,45	0	1,58	6,52	1,94	8,01
	$T_2-T_3$	6,08	2,25	0,50	"	0,50	"	1,76	10,7	1,76	10,7
	$T_4$	4,13	1,13	0,45	"	0,45	"	1,58	6,52	1,94	8,01
2	$T_1$	4,85	1,13	0,5	1	0,5	0	1,76	8,53	1,76	8,53
	$T_2-T_3$	7,15	2,25	0,5	"	0,5	"	1,76	12,6	1,76	12,58
	$T_4$	4,85	1,13	0,5	"	0,5	"	1,76	8,53	1,76	8,53
1	$T_1$	5,66	1,13	0,64	1	0,64	0	2,25	12,73	1,27	7,18
	$T_2-T_3$	7,08	2,25	0,59	"	0,59	"	2,076	14,70	1,44	10,2
	$T_4$	5,66	1,13	0,64	"	0,64	"	2,25	12,70	1,27	7,18

NIV	Pot	$t_j(t)$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_1$	$y = \sum y_i$	$y_{d1}$	$z = y h$	$M_{inf}$ (t.m)	$h-3$ (m)	$M_{sup}$ (t.m)
5	$T_1$	1,43	1,13	0,36	1	0,36	0	1,26	1,8	2,26	3,23
	$T_2-T_3$	2,7	1,32	0,38	"	0,38	"	1,33	3,6	2,19	5,90
	$T_4$	2,43	1,13	0,36	"	0,36	"	1,26	1,8	2,26	3,23
4	$T_1$	2,63	1,13	0,45	1	0,45	0	1,58	4,15	1,94	5,1
	$T_2-T_3$	4,99	1,32	0,45	"	0,45	"	1,58	7,88	1,94	9,6
	$T_4$	2,63	1,13	0,45	"	0,45	"	1,58	4,15	1,94	5,1
3	$T_1$	3,55	1,13	0,45	1	0,45	0	1,58	5,6	1,94	6,9
	$T_2-T_3$	6,73	1,32	0,47	"	0,47	"	1,65	11,1	1,87	12,6
	$T_4$	3,55	1,13	0,45	"	0,45	"	1,58	5,6	1,94	6,9
2	$T_1$	4,16	1,13	0,5	1	0,5	0	1,76	7,32	1,76	7,32
	$T_2-T_3$	7,89	1,32	0,5	"	0,5	"	1,76	13,88	1,76	13,88
	$T_4$	4,16	1,13	0,5	"	0,5	"	1,76	7,32	1,76	7,32
1	$T_1$	4,79	1,13	0,64	1	0,64	0	2,25	10,77	1,27	6,1
	$T_2-T_3$	8,65	1,32	0,63	"	0,63	"	2,21	19,11	1,31	11,33
	$T_4$	4,79	1,13	0,64	"	0,64	"	2,25	10,77	1,27	6,1



L<sub>5</sub>-L<sub>5</sub>

portiques Longitudinaux

L<sub>6</sub>-L<sub>6</sub>

NIV	Pot	$E_j(t)$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_j$	$y = \sum y_j$	$y_1$	$z = y h$	$M_{inf}$ (t.m)	$h-z$ (m)	$M_{sup}$ (t.m)
4	T <sub>5</sub>	1,495	1,13	0,41	1	0,41	0	1,443	2,158	2,077	3,105
	T <sub>6=10</sub>	2,201	2,25	0,46	"	0,46	"	1,62	3,566	1,900	4,182
	T <sub>11</sub>	1,495	1,13	0,41	"	0,41	"	1,443	2,158	2,077	3,106
3	T <sub>5</sub>	2,643	1,13	0,45	1	0,45	0	1,584	4,187	1,936	5,117
	T <sub>6=10</sub>	3,891	2,25	0,46	"	0,46	"	1,620	6,304	1,900	7,393
	T <sub>11</sub>	2,643	1,13	0,45	"	0,45	"	1,584	4,187	1,936	5,117
2	T <sub>5</sub>	3,435	1,13	0,50	1	0,50	0	1,760	6,046	1,760	6,046
	T <sub>6=10</sub>	5,057	2,25	0,50	"	0,50	"	1,760	8,901	1,760	8,901
	T <sub>11</sub>	3,435	1,13	0,50	"	0,50	"	1,760	6,046	1,760	6,046
1	T <sub>5</sub>	4,201	1,13	0,65	1	0,65	0	2,288	9,612	1,232	5,176
	T <sub>6=10</sub>	5,252	2,25	0,55	"	0,55	"	1,936	10,168	1,514	8,320
	T <sub>11</sub>	4,201	1,13	0,65	"	0,65	"	2,288	9,612	1,232	5,176

NIV	Pot	$E_j(t)$	$\bar{K}$	$y_0$	$\alpha_j$	$y = \sum y_j$	$y_1$	$z = y h$	$M_{inf}$ (t.m)	$h-z$ (m)	$M_{sup}$ (t.m)
4	T <sub>5</sub>	1,310	1,125	0,40	1	0,40	0	1,410	1,949	2,110	2,765
	T <sub>6=10</sub>	2,493	1,320	0,42	"	0,42	"	1,478	3,670	2,042	5,071
	T <sub>11</sub>	1,310	1,125	0,40	1	0,40	0	1,410	1,848	2,110	2,765
3	T <sub>5</sub>	2,317	1,125	0,45	1	0,45	0	1,584	3,671	1,936	4,486
	T <sub>6=10</sub>	4,389	1,320	0,47	"	0,47	"	1,654	7,260	1,866	8,190
	T <sub>11</sub>	2,317	1,125	0,45	"	0,45	"	1,584	3,671	1,936	4,486
2	T <sub>5</sub>	3,011	1,125	0,50	1	0,5	0	1,760	5,300	1,760	5,30
	T <sub>6=10</sub>	5,704	1,320	0,50	"	0,5	"	1,760	10,040	1,760	10,04
	T <sub>11</sub>	3,011	1,125	0,50	"	0,5	"	1,760	5,300	1,760	5,30
1	T <sub>5</sub>	3,647	1,125	0,64	1	0,64	0	2,25	8,206	1,27	4,632
	T <sub>6=10</sub>	6,574	1,320	0,55	"	0,55	"	1,936	12,728	1,504	9,888
	T <sub>11</sub>	3,647	1,125	0,64	"	0,64	"	2,25	8,206	1,27	4,632



T<sub>1</sub> - T<sub>1</sub>

portiques transversaux

T<sub>2</sub> - T<sub>2</sub>

Niv	Pot	t <sub>j</sub> (t)	$\bar{K}$	y <sub>0</sub>	$\alpha_1$	$y = \sum y_{d1}$	y <sub>d1</sub>	$z = y h$	M <sub>inf</sub> (t.m)	h-z (m)	M <sub>sup</sub> (t.m)
5	L <sub>1</sub>	1,5	1,46	0,37	1	0,37	0	1,30	1,95	2,2176	3,32
	L <sub>2</sub>	2,3	3,66	0,45	"	0,45	0	1,58	3,64	1,94	4,45
	L <sub>3</sub>	2,44	4,39	0,45	"	0,45	0	1,58	3,86	1,94	4,2
	L <sub>4</sub>	1,85	2,20	0,41	"	0,41	0	1,44	2,66	2,08	3,85
4	L <sub>1</sub>	2,76	1,46	0,45	"	0,45	0	1,58	4,36	1,94	5,35
	L <sub>2</sub>	4,23	3,66	0,5	"	0,5	0	1,76	7,44	1,76	7,41
	L <sub>3</sub>	4,49	4,39	0,5	"	0,5	0	1,76	7,9	1,76	7,9
	L <sub>4</sub>	3,42	2,20	0,5	"	0,46	0	1,62	5,53	1,9	6,45
3	L <sub>1</sub>	3,73	1,46	0,47	"	0,47	0	1,65	6,2	1,86	6,26
	L <sub>2</sub>	5,7	3,66	0,5	"	0,5	0	1,76	10,0	1,76	10,0
	L <sub>3</sub>	6,06	4,39	0,5	"	0,5	0	1,76	10,66	1,76	10,66
	L <sub>4</sub>	4,6	2,20	0,5	"	0,5	0	1,76	8,1	1,76	8,1
2	L <sub>1</sub>	4,38	1,46	0,5	"	0,5	0	1,76	7,7	1,76	7,7
	L <sub>2</sub>	6,69	3,66	0,5	"	0,5	0	1,76	11,77	1,76	11,77
	L <sub>3</sub>	7,11	4,39	0,5	"	0,5	0	1,76	12,51	1,76	12,51
	L <sub>4</sub>	5,41	2,20	0,5	"	0,5	0	1,76	9,52	1,76	9,52
1	L <sub>1</sub>	5,37	1,46	0,63	"	0,63	0	2,21	11,9	1,3	7,00
	L <sub>2</sub>	6,95	3,66	0,55	"	0,55	0	1,936	13,45	1,58	11
	L <sub>3</sub>	7,24	4,39	0,55	"	0,55	0	1,936	14,1	1,58	14,1
	L <sub>4</sub>	6,1	2,2	0,59	"	0,59	0	2,07	12,66	1,44	8,1

Niv	Pot	t <sub>j</sub> (t)	$\bar{K}$	y <sub>0</sub>	$\alpha_1$	$y = \sum y_{d1}$	y <sub>d1</sub>	$z = y h$	M <sub>inf</sub> (t.m)	h-z (m)	M <sub>sup</sub> (t.m)
5	L <sub>1</sub>	1,32	1,46	0,37	1	0,37	0	1,3	1,72	2,21	2,92
	L <sub>2</sub>	2,77	2,15	0,41	"	0,41	0	1,44	3,99	2,08	4,75
	L <sub>3</sub>	2,98	2,58	0,43	"	0,43	0	1,51	4,5	2,00	5,97
	L <sub>4</sub>	1,63	2,2	0,41	"	0,41	0	1,44	2,34	2,08	3,39
4	L <sub>1</sub>	2,29	1,46	0,45	"	0,45	0	1,58	3,61	1,94	4,44
	L <sub>2</sub>	4,82	2,15	0,46	"	0,46	0	1,62	7,8	1,9	9,16
	L <sub>3</sub>	5,2	2,58	0,47	"	0,47	0	1,65	8,6	1,86	9,7
	L <sub>4</sub>	2,84	2,26	0,46	"	0,46	0	1,62	4,59	1,9	5,4
3	L <sub>1</sub>	3,27	1,40	0,47	"	0,47	0	1,65	5,4	1,86	6,1
	L <sub>2</sub>	6,87	2,15	0,5	"	0,5	0	1,76	12,1	1,76	12,1
	L <sub>3</sub>	7,4	2,18	0,5	"	0,5	0	1,76	13,02	1,76	13,02
	L <sub>4</sub>	4,05	2,20	0,5	"	0,5	0	1,76	7,92	1,76	7,92
2	L <sub>1</sub>	3,84	1,46	0,5	"	0,5	0	1,76	6,75	1,76	6,75
	L <sub>2</sub>	8,06	2,15	0,5	"	0,5	0	1,76	14,2	1,76	14,2
	L <sub>3</sub>	8,68	2,18	0,5	"	0,5	0	1,76	15,27	1,76	15,27
	L <sub>4</sub>	4,75	2,20	0,5	"	0,5	0	1,76	8,36	1,76	8,36
1	L <sub>1</sub>	4,55	1,46	0,63	"	0,63	0	2,21	10,1	1,31	5,92
	L <sub>2</sub>	8,76	2,15	0,58	"	0,58	0	2,04	17,88	1,48	12,95
	L <sub>3</sub>	9,17	2,58	0,58	"	0,58	0	2,04	18,72	1,48	13,56
	L <sub>4</sub>	5,15	2,2	0,59	"	0,59	0	2,07	10,69	1,44	7,4



T<sub>5</sub>-T<sub>5</sub>

portiques transversaux

T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

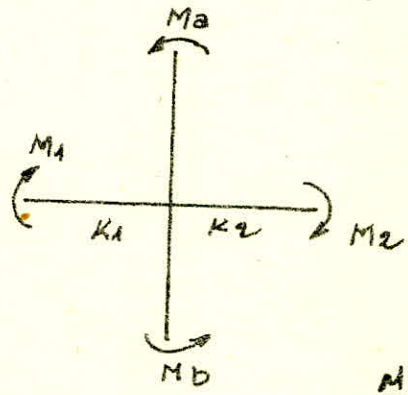
Niv	Pot	t <sub>j(t)</sub>	$\bar{K}$	y <sub>0</sub>	$\alpha$	y = $\sum y_i$	y <sub>n</sub>	z = y <sub>n</sub> h	M <sub>inf</sub> (t.m)	h - z (m)	M <sub>sup</sub> (t.m)
4	L <sub>5</sub>	1,638	1,466	0,43	1	0,43	0	1,513	2,478	2,01	3,292
	L <sub>6</sub>	2,505	3,665	0,45	"	0,45	"	1,584	3,968	1,936	4,849
	L <sub>7</sub>	2,661	4,398	0,45	"	0,45	"	1,584	4,215	1,936	5,152
	L <sub>8</sub>	2,026	2,199	0,45	"	0,55	"	1,584	3,209	1,936	3,922
3	L <sub>5</sub>	2,996	1,466	0,45	1	0,45	0	1,584	4,587	1,936	5,607
	L <sub>6</sub>	4,429	3,665	0,50	"	0,50	"	1,760	7,795	1,760	7,795
	L <sub>7</sub>	4,704	4,398	0,50	"	0,50	"	1,760	8,279	1,760	8,279
	L <sub>8</sub>	3,581	2,199	0,46	"	0,46	"	1,620	5,901	1,900	6,804
2	L <sub>5</sub>	3,263	1,466	0,50	1	0,50	0	1,760	5,743	1,760	5,743
	L <sub>6</sub>	4,989	3,665	0,50	"	0,50	"	1,760	8,780	1,760	8,780
	L <sub>7</sub>	5,299	4,398	0,50	"	0,50	"	1,760	9,326	1,760	9,326
	L <sub>8</sub>	4,034	2,199	0,50	"	0,50	"	1,760	7,100	1,760	7,100
1	L <sub>5</sub>	4,596	1,466	0,60	1	0,60	0	2,112	9,706	1,408	6,471
	L <sub>6</sub>	9,956	3,665	0,55	"	0,55	"	1,936	11,531	1,584	9,434
	L <sub>7</sub>	6,199	4,398	0,55	"	0,55	"	1,936	12,002	1,584	9,820
	L <sub>8</sub>	5,216	2,199	0,55	"	0,55	"	1,936	10,100	1,584	8,262

Niv	Pot	t <sub>j(t)</sub>	$\bar{K}$	y <sub>0</sub>	$\alpha$	y = $\sum y_i$	y <sub>n</sub>	z = y <sub>n</sub> h	M <sub>inf</sub> (t.m)	h - z (m)	M <sub>sup</sub> (t.m)
4	L <sub>5</sub>	1,493	1,466	0,43	1	0,43	0	1,513	2,259	2,010	3,001
	L <sub>6</sub>	3,132	2,150	0,45	"	0,45	"	1,584	4,961	1,936	6,060
	L <sub>7</sub>	3,372	2,580	0,45	"	0,45	"	1,584	5,342	1,936	6,530
	L <sub>8</sub>	1,846	2,199	0,45	"	0,45	"	1,584	2,925	1,936	3,574
3	L <sub>5</sub>	2,639	1,466	0,45	1	0,45	0	1,584	4,191	1,936	5,110
	L <sub>6</sub>	5,536	2,15	0,46	"	0,46	"	1,620	8,969	1,900	10,519
	L <sub>7</sub>	5,961	2,58	0,48	"	0,48	"	1,689	10,069	1,831	10,915
	L <sub>8</sub>	3,263	2,199	0,46	"	0,46	"	1,620	5,287	1,900	6,199
2	L <sub>5</sub>	3,430	1,466	0,50	1	0,50	0	1,760	6,037	1,760	6,037
	L <sub>6</sub>	7,194	2,15	0,50	"	0,50	"	1,760	12,662	1,760	12,662
	L <sub>7</sub>	7,746	2,58	0,50	"	0,50	"	1,760	13,633	1,760	13,633
	L <sub>8</sub>	4,240	2,199	0,50	"	0,50	"	1,760	7,463	1,760	7,463
1	L <sub>5</sub>	4,187	1,466	0,60	1	0,60	0	2,112	8,843	1,488	6,231
	L <sub>6</sub>	8,062	2,150	0,55	"	0,55	"	1,936	15,609	1,584	12,771
	L <sub>7</sub>	8,438	2,580	0,55	"	0,55	"	1,936	16,321	1,584	13,366
	L <sub>8</sub>	4,746	2,199	0,55	"	0,55	"	1,936	9,189	1,584	7,518



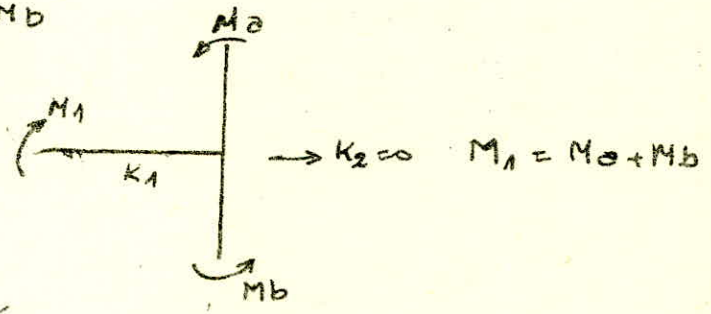
\* Calcul des moments dans les poutres:

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

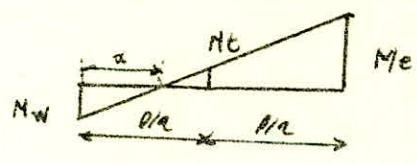


$$M_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} (M_a + M_b)$$

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



- moment en travée:



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

$$\frac{x}{M_w} = \frac{l-x}{M_e} \Rightarrow M_t = \frac{M_w}{x} (l-x) \quad (2)$$

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

- Effort tranchant: à partir des moments dans les poutres on peut calculer les efforts tranchants pour une travée indépendante (fig au dessus), composons l'équation du moment:

$$M = ax + b \rightarrow T = \frac{dM}{dx} = a \quad x=0 \Rightarrow b = M_w ; x=l \Rightarrow -M_e = al + M_w$$

$$\Rightarrow a = -\frac{(M_e + M_w)}{l}$$

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

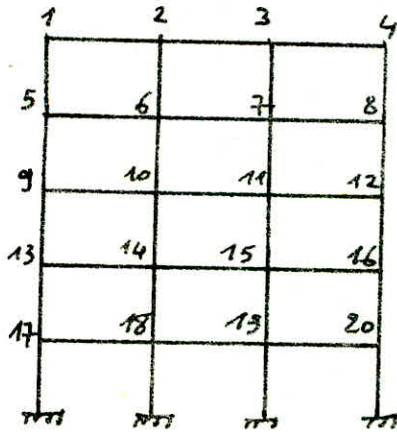
- Effort normal:

pour un nœud (i), l'effort normal dans le poteau sera:  $N_i = -(T_{ie} - T_{ir})$

• Remarque: on a pris comme convention de signe:

$N > 0 \rightarrow$  Compression,  $N < 0 \rightarrow$  traction.

## portiques Longitudinaux

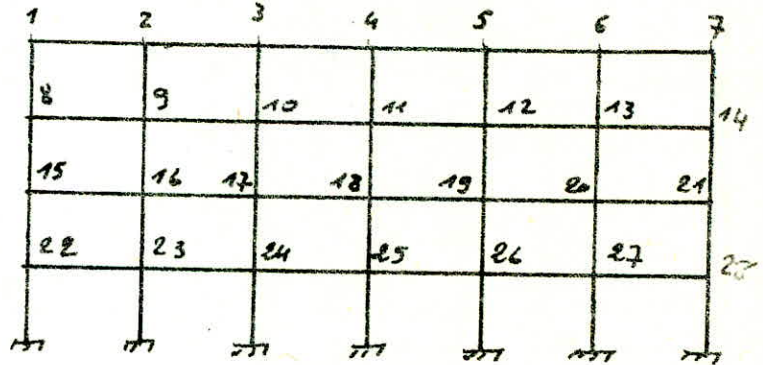


L<sub>1</sub> - L<sub>4</sub>

NiV	Noeud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	3,75	0	3,75
	2÷3	0	5,1	2,55	2,55
	4	0	3,75	3,75	0
4	5	2,1	5,93	0	8,03
	6÷7	3,51	8,55	6,03	6,03
	8	2,1	5,93	8,03	0
3	9	4,183	8,01	0	12,84
	10÷11	9,164	10,7	7,17	7,17
	12	4,183	8,01	12,84	0
2	13	6,52	8,53	0	15,05
	14÷15	10,7	12,58	11,64	11,64
	16	6,52	8,53	15,05	0
1	17	8,53	7,18	0	15,71
	18÷19	12,16	10,2	11,4	11,4
	20	8,53	7,18	15,71	0

L<sub>2</sub> - L<sub>2</sub>

NiV	Noeud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	3,23	0	3,23
	2÷3	0	5,9	2,95	2,95
	4	0	3,23	3,23	0
4	5	1,8	5,1	0	6,9
	6÷7	3,6	9,6	6,6	6,6
	8	1,8	5,1	6,9	0
3	9	4,15	6,9	0	11,05
	10÷11	7,88	12,6	10,24	10,24
	12	4,15	6,9	11,05	0
2	13	5,6	7,32	0	12,92
	14÷15	11,1	13,88	12,49	12,49
	16	5,6	7,32	12,92	0
1	17	7,32	6,1	0	13,42
	18÷19	13,88	11,33	12,605	12,605
	20	7,32	6,1	13,42	0



L<sub>5</sub> - L<sub>5</sub>

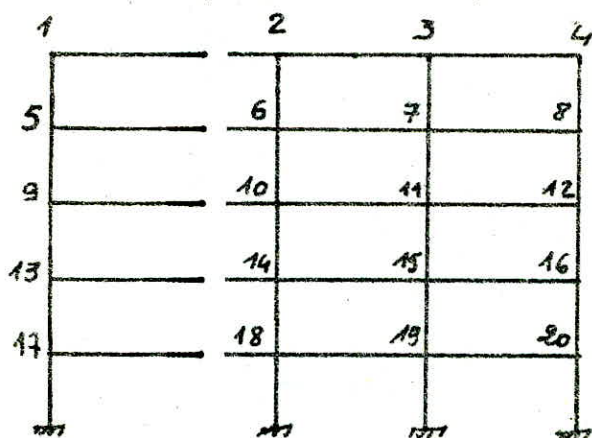
NiV	Noeud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	3,106	0	3,106
	2÷6	0	4,182	2,1	2,1
	7	0	3,106	3,106	0
4	8	2,158	5,117	0	7,275
	9÷13	3,566	7,393	5,48	5,48
	14	2,158	5,117	7,275	0
3	15	4,187	6,046	0	10,23
	16÷20	6,304	8,901	7,602	7,602
	21	4,187	6,046	10,23	0
2	22	6,046	5,176	0	11,22
	23÷27	8,901	8,92	8,61	8,61
	28	6,046	5,176	11,22	0

L<sub>6</sub> - L<sub>6</sub>

NiV	Noeud	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	2,765	0	2,765
	2÷6	0	5,071	2,535	2,535
	7	0	2,765	2,765	0
4	8	1,848	4,486	0	6,33
	9÷13	3,67	8,19	5,93	5,93
	14	1,848	4,486	6,33	0
3	15	3,671	5,3	0	8,97
	16÷20	7,26	10,04	8,65	8,65
	21	3,671	5,3	8,97	0
2	22	5,3	4,632	0	9,932
	23÷27	10,04	9,888	9,964	9,964
	28	5,3	4,632	9,932	0



## portique transversaux

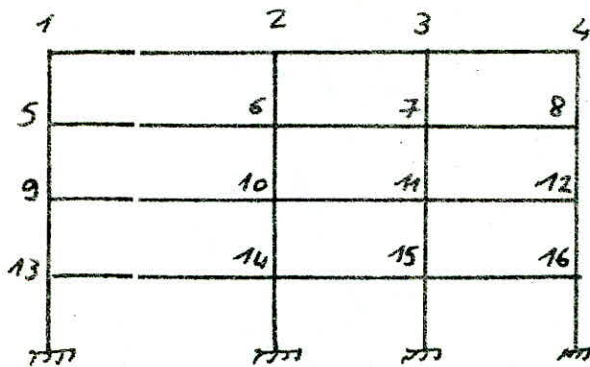


T<sub>1</sub> - T<sub>1</sub>

Niv	Noe	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	32	0	3,32
	2	0	45	1,78	2,67
	3	0	12	2,1	2,1
	4	0	85	3,85	0
4	5	1,95	35	0	7,3
	6	3,64	41	4,42	6,63
	7	3,86	9	5,88	5,88
	8	2,66	45	9,11	0
3	9	4,36	26	0	10,62
	10	7,44	0	6,97	10,46
	11	7,19	266	9,28	9,28
	12	5,53	1	13,63	0
2	13	6,26	7	0	13,56
	14	10	77	8,7	13,06
	15	10,6	51	14,58	11,58
	16	8,1	52	17,62	0
1	17	7,7		0	14,7
	18	11,77	1	9,1	13,66
	19	12,51	1,1	13,3	13,30
	20	9,52	80	18,32	0

T<sub>2</sub> - T<sub>2</sub>

Niv	Noe	M <sub>a</sub> (t.m)	M <sub>b</sub> (t.m)	M <sub>c</sub> (t.m)	M <sub>d</sub> (t.m)
5	1	0	2,92	0	2,92
	2	0	5,75	2,29	3,45
	3	0	5,97	2,98	2,98
	4	0	3,36	3,39	0
4	5	1,72	4,44	0	6,16
	6	3,99	9,16	5,26	7,83
	7	4,5	9,7	7,1	7,1
	8	2,34	5,4		
3	9	3,61	6,1	0	9,71
	10	7,8	12,1	7,95	14,94
	11	8,6	13,02	10,81	10,81
	12	4,59	7,92	12,51	0
2	13	5,4	6,75	0	12,15
	14	12,1	14,2	10,52	15,78
	15	13,02	15,27	14,14	14,14
	16	7,92	8,36	16,28	0
1	17	6,75	5,92	0	12,67
	18	14,2	12,95	10,85	16,25
	19	15,27	13,56	14,11	14,11
	20	8,36	7,4	15,76	0



T<sub>5</sub>-T<sub>5</sub>

NIV	Noe	M <sub>1</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>6</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>1</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>2</sub> (t <sub>no</sub> )
	1	0	3,29	0	3,292
	2	0	4,849	4,939	2,909
	3	0	5,152	2,576	2,576
	4	0	3,922	3,922	0
	5	2,1178	5,607	0	8,085
	6	3,168	7,795	4,705	7,058
	7	4,115	8,278	6,247	6,247
	8	3,109	6,804	10,013	0
	9	4,187	5,743	0	10,33
	10	7,195	8,78	6,629	9,945
	11	8,279	9,326	8,803	8,803
	12	5,101	7,1	12,901	0
	13	5,43	6,471	0	12,214
	14	8,78	9,434	7,285	10,928
	15	9,326	9,82	9,573	9,573
	16	7,1	8,262	15,362	0

T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

NIV	Noe	M <sub>1</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>6</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>1</sub> (t <sub>no</sub> )	M <sub>2</sub> (t <sub>no</sub> )
	1	0	3,001	0	3,001
	2	0	6,06	2,424	3,632
	3	0	6,53	3,265	3,265
	4	0	3,574	3,574	0
	5	2,259	5,11	0	7,369
	6	4,961	10,519	6,192	9,288
	7	5,342	10,915	8,128	8,128
	8	2,925	6,199	9,125	0
	9	4,181	6,037	0	10,218
	10	8,969	12,662	8,652	12,788
	11	10,07	13,633	14,852	14,852
	12	5,287	7,463	12,75	0
	13	6,037	6,231	0	12,27
	14	12,662	12,771	10,478	15,26
	15	13,633	13,366	13,499	13,499
	16	7,463	7,518	14,981	0



## Poutres sous SI

### ~ Tableaux Récapitulatifs ~ portiques Longitudinaux

$L_1 - L_1$

$L_2 - L_2$

Niv	Pout	Mw (tm)	Me (tm)	Mc (tm)	T (t)
5	1-2	3,75	2,55	0,6	-1,575
	2-3	2,55	2,55	0	-1,275
	3-4	2,55	3,75	-0,6	-1,575
4	1-2	8,03	6,03	1	-3,515
	2-3	6,03	8,03	0	-3,015
	3-4	6,03	8,03	-1	-3,515
3	1-2	12,84	7,17	2,835	-5
	2-3	7,17	7,17	0	-3,585
	3-4	7,17	12,84	-2,835	-5
2	1-2	15,05	11,64	1,705	-6,672
	2-3	11,64	11,64	0	-5,82
	3-4	11,64	15,05	-1,705	-6,672
1	1-2	15,71	11,4	2,155	-6,77
	2-3	11,4	11,4	0	-5,7
	3-4	11,4	15,71	-2,155	-6,77

Niv	Pout	Mw (tm)	Me (tm)	Mc (tm)	T (t)
5	1-2	3,23	2,95	0,14	-1,545
	2-3	2,95	2,95	0	-1,145
	3-4	2,95	3,23	-0,14	-1,545
4	1-2	6,9	6,6	-0,15	-3,375
	2-3	6,6	6,6	0	-3,3
	3-4	6,6	6,9	-0,15	-3,375
3	1-2	11,05	10,24	0,405	-5,322
	2-3	10,24	10,24	0	-4,12
	3-4	10,24	11,05	-0,405	-5,322
2	1-2	12,92	12,49	0,215	-6,35
	2-3	12,49	12,49	0	-6,245
	3-4	12,49	12,92	-0,215	-6,35
1	1-2	13,42	12,605	0,407	-6,5
	2-3	12,605	12,605	0	-6,3
	3-4	12,605	13,42	-0,407	-6,5

### portiques transversaux

$T_1 - T_1$

$T_2 - T_2$

Niv	Pout	Mw (tm)	Me (tm)	Mc (tm)	T (t)
5	1-2	3,32	1,78	0,77	-0,85
	2-3	2,67	2,1	0,285	-1,192
	3-4	2,1	3,85	-0,875	-1,487
4	1-2	7,3	4,42	-0,02	-1,466
	2-3	6,63	5,88	0,375	-3,127
	3-4	5,88	9,11	-1,615	-3,75
3	1-2	10,62	6,97	-0,3	-2,22
	2-3	10,46	9,28	0,49	-4,93
	3-4	9,28	13,63	-2,175	-5,72
2	1-2	13,96	8,7	-0,18	-2,84
	2-3	13,06	11,58	0,74	-6,16
	3-4	11,58	17,62	-3,02	-7,3
1	1-2	14,7	9,1	-0,14	-2,98
	2-3	13,66	13,30	0,18	-6,74
	3-4	13,30	18,32	-2,51	-7,0

Niv	Pout	Mw (tm)	Me (tm)	Mc (tm)	T (t)
5	1-2	2,92	2,29	0,315	-0,868
	2-3	3,45	2,885	0,233	-1,61
	3-4	2,88	3,39	-0,203	-1,594
4	1-2	6,16	5,26	-0,785	-1,49
	2-3	7,89	7,1	0,375	-3,74
	3-4	7,1	7,74	-0,32	-3,71
3	1-2	9,71	7,95	-0,665	-2,295
	2-3	11,94	10,81	0,565	-5,687
	3-4	10,81	12,51	-0,85	-5,83
2	1-2	12,15	10,52	-1,615	-2,96
	2-3	15,78	14,14	0,82	-7,18
	3-4	14,14	16,28	-1,07	-7,6
1	1-2	12,67	10,85	-1,225	-3,075
	2-3	16,29	14,41	1,665	-7,31
	3-4	14,41	17,76	-1,41	-7,18



L5-L5

portiques longitudinaux

L6-L6

NIV	Pout	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	T(t)
4	T1-2	3,106	2,1	0,603	-1,302
	2-6	2,1	2,1	0	-1,05
	6-7	2,1	3,106	-0,503	-1,302
3	T8-9	7,295	5,48	0,898	-3,189
	9-13	5,48	5,48	0	-2,74
	13-14	5,48	7,295	-0,898	-3,189
2	T15-16	10,23	7,602	1,314	-4,458
	16-20	7,602	7,602	0	-3,801
	20-21	7,602	10,23	-1,314	-4,458
1	T22-23	11,22	8,61	1,305	-4,958
	23-27	8,61	8,61	0	-4,305
	27-28	8,61	11,22	-1,305	-4,958

NIV	Pout	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	T(t)
4	T1-2	2,765	2,535	0,115	-1,325
	2-6	2,535	2,535	0	-1,268
	6-7	2,535	2,765	-0,115	-1,325
3	T8-9	6,331	5,931	0,2	-3,066
	9-13	5,931	5,931	0	-2,966
	13-14	5,931	6,331	-0,2	-3,066
2	T15-16	8,971	8,651	0,16	-4,406
	16-20	8,651	8,651	0	-4,326
	20-21	8,651	8,971	-0,16	-4,406
1	T22-23	9,932	9,964	-0,016	-4,974
	23-27	9,964	9,964	0	-4,982
	T27-28	9,964	9,932	+0,016	-4,974

T5-T5

portiques transversaux

T6-T6

NIV	Pout	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	T(t)
4	L1-2	3,292	1,939	0,676	-0,872
	2-3	2,909	2,576	0,166	-1,371
	3-4	2,576	3,922	-0,673	-1,625
3	L1-2	8,085	4,705	1,69	-2,132
	2-3	7,048	6,247	0,406	-3,326
	3-4	6,247	10,013	-1,835	-4,065
2	L1-2	10,93	6,629	1,851	-2,827
	2-3	9,945	8,803	0,571	-4,687
	3-4	8,803	12,901	-2,049	-5,426
1	L1-2	12,214	7,285	2,465	-3,25
	2-3	10,928	9,573	0,677	-5,126
	3-4	9,573	15,362	-2,895	-6,234

NIV	Pout	Mw(t.m)	Me(t.m)	Me(t.m)	T(t)
4	L1-2	3,001	2,424	0,289	-0,904
	2-3	3,636	3,265	0,186	-1,726
	3-4	3,265	3,574	-0,155	-1,740
3	L1-2	7,369	6,192	0,589	-2,261
	2-3	9,288	8,128	0,58	-4,354
	3-4	8,128	9,125	-0,499	-4,314
2	L1-2	10,218	8,652	0,783	-3,145
	2-3	12,978	11,852	0,563	-6,208
	3-4	11,852	12,75	-0,449	-6,151
1	L1-2	12,269	10,173	1,048	-3,741
	2-3	15,259	13,499	0,88	-7,19
	3-4	13,499	14,981	-0,741	-7,12



# Poteaux sous SI

## portiques Longitudinaux

L<sub>1</sub> - L<sub>1</sub>

L<sub>2</sub> - L<sub>2</sub>

Niv	Pot	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>cum</sub>
5	T <sub>1</sub>	3,75	2,1	1,66	-1,575	-1,575
	T <sub>2</sub>	5,1	3,51	2,24	0,3	0,3
	T <sub>3</sub>	5,1	3,51	2,24	-0,3	-0,3
	T <sub>4</sub>	3,75	2,1	1,66	1,575	1,575
4	T <sub>1</sub>	5,93	4,83	3,05	-3,515	-5,09
	2	8,55	3,64	4,56	0,5	0,8
	3	8,55	3,64	4,56	-0,5	-0,8
	4	5,93	4,83	3,05	3,515	5,09
3	T <sub>1</sub>	8,04	6,52	4,12	-5	-10,09
	2	10,7	10,7	6,079	1,415	2,215
	3	10,7	10,7	6,079	-1,415	-2,215
	4	8,04	6,52	4,12	5	10,09
2	T <sub>1</sub>	8,53	8,53	4,84	-6,67	-16,76
	2	12,58	12,6	7,08	0,852	3,067
	3	12,58	12,6	7,08	-0,852	-3,067
	4	8,53	8,53	4,84	6,672	16,76
1	T <sub>1</sub>	7,18	12,73	5,66	-6,77	-23,53
	2	10,2	14,7	7,08	1,07	4,137
	3	10,2	14,7	7,08	-1,07	-4,137
	4	7,18	12,73	5,66	6,77	23,53

Niv	Pot	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>cum</sub>
5	T <sub>1</sub>	3,23	1,8	1,42	-1,545	-1,54
	T <sub>2</sub>	5,9	3,6	2,69	0,4	0,4
	T <sub>3</sub>	5,9	3,6	2,69	-0,4	-0,4
	T <sub>4</sub>	3,23	1,8	1,42	1,54	1,54
4	T <sub>1</sub>	5,1	4,15	2,62	-3,3	-4,92
	2	9,6	7,88	4,96	0,075	0,475
	3	9,6	7,88	4,96	-0,075	-0,475
	4	5,1	4,15	2,62	3,375	4,92
3	T <sub>1</sub>	6,9	5,6	3,55	-5,32	-10,24
	2	12,6	11,1	6,73	0,2	0,675
	3	12,6	11,1	6,73	-0,2	-0,675
	4	6,9	5,6	3,55	5,32	10,24
2	T <sub>1</sub>	7,32	7,32	4,15	-6,35	-16,6
	2	13,88	13,88	7,88	0,105	0,78
	3	13,88	13,88	7,88	-0,105	-0,78
	4	7,32	7,32	4,15	6,35	16,6
1	T <sub>1</sub>	6,1	10,77	4,79	-6,5	-23,1
	2	11,33	19,11	8,64	0,2	0,98
	3	11,33	19,11	8,64	-0,2	-0,98
	4	6,1	10,77	4,79	6,5	23,1

T<sub>A</sub> - T<sub>A</sub>

## portiques transversaux

T<sub>2</sub> - T<sub>2</sub>

Niv	Pot	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>cum</sub>
5	L <sub>1</sub>	3,32	1,95	1,49	-0,85	-0,85
	L <sub>2</sub>	4,45	3,64	2,29	-0,342	-0,342
	L <sub>3</sub>	4,2	3,86	2,28	-0,295	-0,295
	L <sub>4</sub>	3,85	2,66	1,85	1,487	1,487
4	L <sub>1</sub>	5,35	4,36	2,75	-1,466	-2,316
	2	7,42	7,44	4,22	-1,66	-1,39
	3	7,9	7,9	4,49	-0,622	-0,33
	4	6,45	5,53	3,42	3,75	5,24
3	L <sub>1</sub>	6,26	6,26	3,74	-2,22	-4,54
	2	10	10	5,68	-2,71	-4,1
	3	10,66	10,66	6,05	-0,79	-1,12
	4	8,1	8,1	4,61	5,72	10,96
2	L <sub>1</sub>	7,7	7,7	4,375	-2,84	-7,38
	2	11,77	11,77	6,68	-3,32	-7,42
	3	12,51	12,51	7,11	-1,14	-2,26
	4	9,52	9,52	5,41	7,3	18,26
1	L <sub>1</sub>	7,00	11,9	5,76	-2,98	-10,36
	2	11	13,45	6,95	-3,76	-11,18
	3	14,1	14,1	7,24	-1,16	-3,42
	4	8,8	12,66	6,1	7,9	26,16

Niv	Pot	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	T	N	N <sub>cum</sub>
5	L <sub>1</sub>	2,92	1,72	1,32	-0,868	-0,868
	L <sub>2</sub>	5,75	3,99	2,76	-0,74	-0,74
	L <sub>3</sub>	5,47	4,5	2,97	0,016	0,016
	L <sub>4</sub>	3,39	2,94	1,62	1,594	1,594
4	L <sub>1</sub>	4,44	3,61	2,28	-1,49	-2,35
	2	9,16	7,8	4,88	-2,25	-2,99
	3	9,7	8,6	5,2	0,03	0,046
	4	5,4	4,59	2,83	3,71	5,31
3	L <sub>1</sub>	6,1	5,4	3,26	-2,29	-4,65
	2	12,1	12,1	6,87	-3,39	-6,38
	3	13,02	13,02	7,4	-0,143	-0,097
	4	7,92	7,92	4,5	5,83	11,14
2	L <sub>1</sub>	6,75	6,75	3,83	-2,96	-7,61
	2	14,2	14,2	8,06	-4,52	-10,9
	3	15,27	15,27	8,67	-9,17	-9,27
	4	8,36	8,36	4,75	7,6	18,74
1	L <sub>1</sub>	5,92	10,1	4,55	-3,075	-11,36
	2	12,95	17,88	8,75	-4,23	-15,13
	3	10,65	21,62	9,16	0,13	-9,137
	4	7,4	10,69	5,14	7,18	25,92



Poteaux sous SI

L5-L5

portiques Longitudinaux

L6-L6

Niv	Pot	Msup	Minf	T	N	Ncum
4	T5	3,106	2,158	1,496	-1,302	-1,302
	6	4,182	3,566	2,202	+0,252	+0,252
	7,89	4,182	3,566	2,202	0	0
	10	4,182	3,566	1,496	-0,152	-0,252
3	T5	3,106	2,158	1,496	+1,302	+1,302
	T5	5,117	4,187	2,644	-3,189	-4,491
	6	7,393	6,304	3,892	+0,449	+0,701
	7,89	7,393	6,304	3,892	0	0
2	10	7,393	6,304	2,644	-0,449	-0,701
	M	5,117	4,187	2,644	+3,189	+4,491
	T5	6,046	6,046	3,436	-4,458	-8,949
	6	8,901	8,901	5,058	+0,657	+1,358
1	7,89	8,901	8,901	5,058	0	0
	10	8,901	8,901	3,436	-0,657	-1,358
	M	6,046	6,046	3,436	+4,458	+8,949
	T5	5,176	3,612	4,202	-4,958	-13,907
1	6	8,320	10,168	5,253	+0,653	+0,11
	7,89	8,320	10,168	5,253	0	0
	10	8,320	7,016	4,202	-0,653	-2,011
	M	5,176	3,612	4,202	+4,958	+13,907

Niv	Pot	Msup	Minf	T	N	Ncum
4	T5	2,765	1,848	1,311	-1,325	-1,325
	6	3,071	3,670	2,484	+0,057	+0,057
	7,89	3,071	3,670	2,484	0	0
	10	3,071	3,670	1,311	-0,057	-0,057
3	M	2,765	1,848	1,311	+1,325	+1,325
	T5	4,486	3,671	2,318	+3,066	-4,391
	6	8,190	7,260	4,390	+0,1	+0,257
	7,89	8,190	7,260	4,390	0	0
2	10	8,190	7,260	2,317	-0,1	-0,257
	M	4,486	3,671	2,318	+3,066	+4,391
	T5	5,3	5,3	3,012	-4,406	-8,797
	6	10,04	10,04	5,705	+0,08	+0,237
1	7,89	10,04	10,04	5,705	0	0
	10	10,04	10,04	3,012	-0,08	-0,237
	M	5,3	5,3	3,012	+4,406	+8,797
	T5	4,632	8,206	3,648	-4,974	13,771
1	6	9,888	12,728	6,425	-0,008	+0,229
	7,89	9,888	12,728	6,425	0	0
	10	9,888	12,728	3,648	+0,008	-0,229
	M	4,632	8,206	3,648	+4,974	+13,771

T5-T5

portiques transversaux

T6-T6

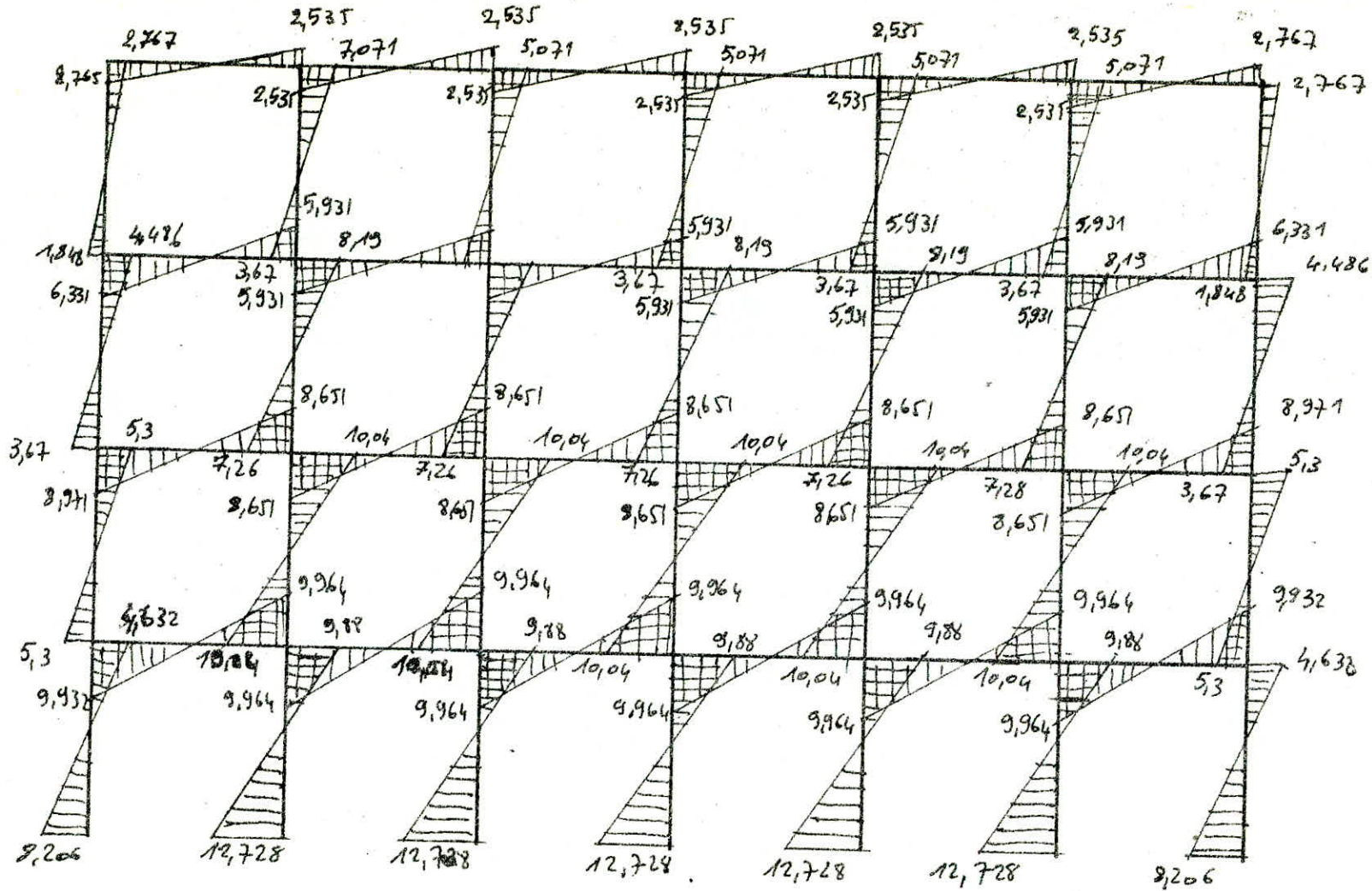
Niv	Pot	Msup	Minf	T	N	Ncum
4	L5	3,292	2,478	1,610	-0,872	-0,872
	6	4,849	3,968	2,505	-0,499	-0,499
	7	5,152	4,215	2,662	-0,254	-0,254
	8	3,922	3,903	2,086	+1,625	+1,625
3	L5	5,607	4,587	2,897	-2,132	-3,004
	6	7,795	7,795	4,429	-1,494	-1,693
	7	8,279	8,279	4,704	-0,739	-0,993
	8	6,804	5,901	3,591	+4,065	+5,69
2	L5	5,743	5,743	3,264	-2,827	-5,831
	6	8,780	8,790	4,990	-1,86	-3,593
	7	9,326	9,326	5,299	-0,739	-1,732
	8	7,100	7,100	4,035	+5,426	+11,116
1	L5	6,471	9,706	4,896	-5,426	-11,257
	6	9,434	11,531	5,956	-1,876	-5,459
	7	9,820	12,002	6,200	-1,108	-2,84
	8	8,262	10,1	5,217	+6,234	+17,35

Niv	Pot	Msup	Minf	T	N	Ncum
4	L5	3,001	2,259	1,495	-0,904	-0,904
	6	6,060	4,961	3,131	-0,822	-0,822
	7	5,530	5,342	3,373	+0,016	+0,016
	8	3,574	2,925	1,847	+1,771	+1,771
3	L5	5,110	4,182	2,640	-2,261	-3,165
	6	10,519	8,969	5,537	-2,093	-2,905
	7	10,915	10,069	5,962	+0,39	+0,406
	8	6,1998	5,287	3,264	+4,314	+6,024
2	L5	6,037	6,037	3,431	-3,145	-6,81
	6	12,662	12,662	7,195	-3,063	5,978
	7	13,633	13,633	7,747	+0,057	+0,447
	8	7,463	7,463	4,211	+6,151	12,175
1	L5	5,231	8,943	4,283	-3,741	-10,051
	6	12,771	15,609	8,063	-3,449	-3,427
	7	13,366	16,321	8,314	+0,07	+0,517
	8	7,518	9,189	4,747	+7,12	+19,295



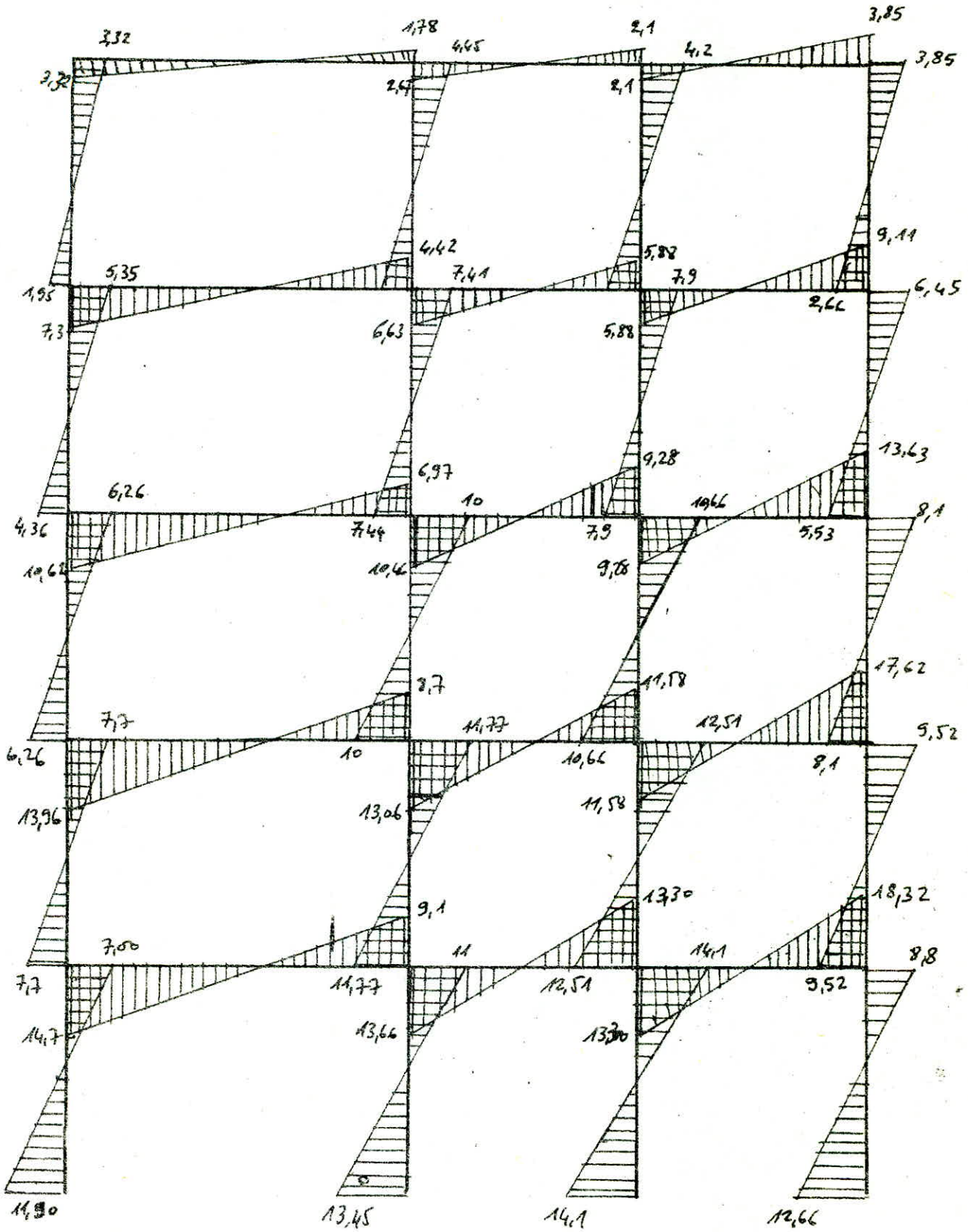
# DIAGRAMME DES MOMENTS

portique : L<sub>6</sub>-L<sub>6</sub>



# DIAGRAMME DES MOMENTS

portique : T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>





# déformations

## horizontales

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  $(1/B)$  pour obtenir le déplacement relatif (R.P.A 81) donc le déplacement relatif est donné par la formule suivante :

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

$E_j$  : effort tranchant d'étage (j)

$R_j$  : rigidité relative d'étage (j)

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

- Les déplacements relatifs d'un étage / aux étages qui lui sont adjacents ne doivent pas dépasser : 0,0075 fois la hauteur de l'étage (R.P.A 81 art 377.4)

### BLOC A :

Ni	$E_{ix}$ (k)	$R_{ix}$	$\delta_{ix}$ (cm)	$\bar{\delta}_{ix}$ (cm)
4	52,61	19693,93	0,534	2,64
3	92,98	19693,93	0,944	2,64
2	120,83	19693,93	1,227	2,64
1	134,76	24306,56	1,1088	2,64

Ni	$E_{iy}$ (k)	$R_{iy}$	$\delta_{iy}$ (cm)	$\bar{\delta}_{iy}$ (cm)
4	52,61	242864,5	0,493	2,64
3	92,98	242864,5	0,766	2,64
2	120,83	242864,5	0,995	2,64
1	134,76	297222,7	0,906	2,64

BLOC. B:

Niv	$\Sigma j_x$	$R_{j_x}$	$\delta_{j_x}$	$\bar{\delta}_{j_x}$
5	29,42	1024548	0,58	2,64
4	54,18	1014548	1,068	2,64
3	79,11	1014548	1,441	2,64
2	85,73	1014548	1,69	2,64
1	92,04	1249892	1,473	2,64

Niv	$\Sigma j_y$	$R_{j_y}$	$\delta_{j_y}$	$\bar{\delta}_{j_y}$
5	29,42	1330573	0,44	2,64
4	54,18	1330573	0,814	2,64
3	79,11	1330573	1,099	2,64
2	85,73	1330573	1,29	2,64
1	92,04	161575	1,14	2,64

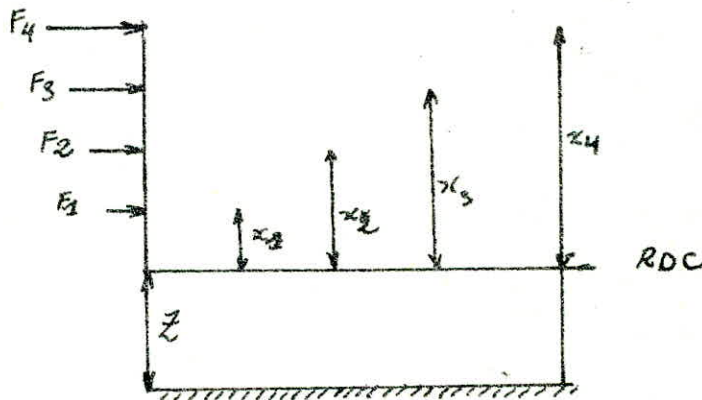
$$\delta_{j_x} = \frac{\Sigma j_x}{R_{j_x}} \cdot \frac{1}{28} < \bar{\delta}_{j_x} = 0,0075 \cdot h_e.$$

## verification au renversement

chaque structure doit être calculée afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par les efforts sismiques.

$$\text{Moment de renversement} = M^e_{\text{extérieur en console}} + \text{effort tranchant} \begin{matrix} \text{(RDC)} \\ \text{(base)} \end{matrix}$$

• Z.



- moment en console RDC =  $\Sigma F_i z_i$
- Effort tranchant (base) =  $H = \Sigma F_i$
- Moment résistant.  $M_r = b \Sigma W_i$  /  $b = 42$

• pour longitudinal :

- Bloc A :

$$L = 24m \Rightarrow b = 12m, Z = 1,5 + 2 = 3,5m$$

- Moment en console :

$$M = 134,76 \cdot 3,52 + 129,83 \cdot 7,04 + 92,98 \cdot 10,56 + 52,61 \cdot 14,08$$

$$= 3047,62 \text{ t.m}$$

$$H = 134,76 + 129,83 + 92,98 + 52,61 = 401 \text{ t}$$



$$H.Z = 401 \cdot 3,5 = 1404,13 \text{ t.m}$$

$$\text{Moment résistant} = b \sum w_i = 12 (334,22 + 350,4 + 353,9 \cdot 2) = 16709 \text{ t.m}$$

pour que le bâtiment soit stable puis à puis des renversement il faut que :

$$\frac{M_{\text{résistant}}}{M_{\text{renversement}}} \geq 1,5$$

$$\Rightarrow \frac{16709}{1404,13 + 3047,62} = 3,75 > 1,5$$

donc le renversement est vérifié

Bloc B

$$L = 12 \text{ m} \quad b = 6 \text{ m} \quad Z = 1,8 + 2 = 3,8 \text{ m}$$

- moment en cm scale :

$$M = 92,04 \cdot 3,52 + 85,73 \cdot 7,04 + 73,11 \cdot 10,56 + 54,18 + 44,2 + 29,42 \cdot 17,6 = 2981,3 \text{ t.m}$$

$$H = 92,04 + 85,73 + 73,11 + 54,18 + 29,42 = 334,48 \text{ t}$$

$$H.Z = 1271 \text{ t.m}$$

$$\text{moment résistant} = b \sum w_i = 6 (192 \cdot 3 + 188,4 + 2 \cdot 179) = 6734,4 \text{ t.m}$$

d'où la condition  $\frac{6734,4}{4252,3} = 4,583 > 1,5 \rightarrow$  (Vérifiée)

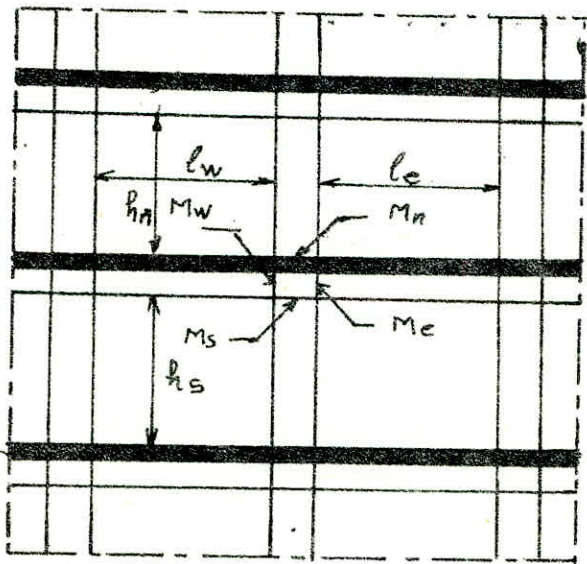
Sens Transversal :

Bloc	A	B
L	L = 14 m b = 7 m	14 m → b = 7 m
Z	3,5	3,8
M <sub>en cm</sub>	3047,62 t.m.	2981,3 t.m
H	401 t	334,48 t
H.Z	1404,13 t.m.	1271 t.m
M <sub>résista</sub>	9747 t.m	7857 t.m
M <sub>resi</sub> de renv	2,19	1,848
condition	Vérifiée	Vérifiée

# CHARGES VERTICALES

- Le calcul des portiques sous les charges verticales sera fait par la méthode de M<sup>r</sup> CAQUOT exposé 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 agissants 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

sont respectivement "w" (gauche) et "e" (droite) et la résistance offerte par les tronçons "s" (inférieur) et "n" (supérieur) des poteaux aboutissent au nœud.

- on détache de chaque côté des appuis des travées fictives désignées par (l') et portant en justice la travée considérée déterminée comme suit :

-  $l'_w = 0,8 l_w$  } pour les travées intermédiaires  
 -  $l'_e = 0,8 l_e$  }

$h'_n = 0,9 h_n$  → si le nœud considéré appartient à l'étage dernier plancher avec  $h_n$  : hauteur libre du poteau haut.

-  $h'_s = 0,8 h_s$  } → pour les autres cas  
 -  $h'_p = 0,8 h_p$  }

$l_w, l_e$  : portées libres des travées respectivement gauche et droite  
 $h_p$  : 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  $a_w$  de l'appui ( $Q_e$  à  $a_e$  pour la travée de droite).

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

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

Les valeurs  $k_w$  et  $k_e$  sont données en fonction de  $a_w$ ,  $l_w$  et  $a_e$ ,  $l_e$  par une échelle fonctionnelle (CCBA 68 p 141, 43, 46)

$I_w, I_e, I_s, I_n \rightarrow$  moments d'inertie des éléments formant le nœud. on pose:

$$k_w = \frac{I_w}{l_w}; \quad k_e = \frac{I_e}{l_e}; \quad k_s = \frac{I_s}{h_s}; \quad k_n = \frac{I_n}{h_n}$$

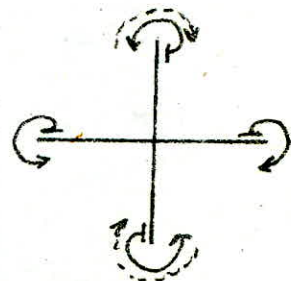
$$D = k_w + k_e + k_n + k_s$$

Les moments dans les sections dangereuses sont en valeurs absolues:

- au nu de l'appui dans la travée de gauche:  $M_w = M'_e \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right)$
- au nu de l'appui dans la travée de droite:  $M_e = M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right) + M'_w \left(\frac{k_e}{D}\right)$
- au nu inférieur des poutres (ds poteau inf):  $M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$
- au nu supérieur du plancher (ds poteau sup)  $M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w)$

• Remarque:

- $M_e$  et  $M_w$  sont négatifs (poutres)
- 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.



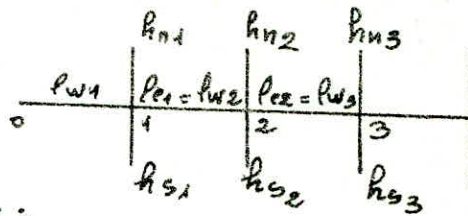
sens de  $M_n$  et  $M_s$

- - - si  $M_e > M_w$

--- si  $M_w > M_e$

• travée de rive:

Les quantités relatives au nœud de rive sont affectées de l'indice (1) celle du nœud voisin de l'indice (2).



a) travée de rive avec console:

- nœud de rive: Le nœud de rive est étudié en faisant  $k_w = 0$  dans les formules ci-dessus et on y substituant  $M_{w1}$  à  $M_w$ .  $M_{w1}$ : moment isostatique de la console au nœud de l'appui 1 (valeur absolue). on suppose que la valeur algébrique de  $M_{w1}$  est négative c.à.d que la face supérieure de la console est tendue au voisinage de l'appui. Dans le cas contraire, on changera le signe. on a donc

$$M_{e1} = M'_{e1} \cdot (1 - k_{e1}/D_1) + M_{w1} \cdot k_{e1}/D_1$$

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

avec:  $M'_{e1} = \frac{q_e l_e^2}{8,5} + (L_e \sum k_e \cdot q_e)$  nœud 2

$$D_1 = k_{e1} + k_{s1} + k_{n1} ; k_{e1} = \frac{I_{e1}}{l_{e1}^3} ; k_{s1} = \frac{I_{s1}}{h_{s1}^3} ; k_{n1} = \frac{I_{n1}}{h_{n1}^3}$$

- nœud voisin du nœud de rive: La longueur  $l'_{w2}$  de la travée fictive de rive est:  $l'_{w2} = X_1 \cdot l_{w2}$  avec  $X_1$  compris entre 0,8 et 1.

$$X_1 = 0,8 \text{ pour } k_{s1} + k_{n1} \geq 1,5 k_{e1}$$

$$X_1 = 1 - \frac{k_{s1} + k_{n1}}{7,5 \cdot k_{e1}} \text{ pour } k_{s1} + k_{n1} < 1,5 k_{e1}$$

Dans ces expressions, les  $k$  sont relatifs au nœud de rive (1). La longueur  $l'_{w2} = 0,8 l_{e2}$ ; si la travée n'est pas de rive.

Dans le cas contraire,  $l'_{e2} = X_3 \cdot l_{e2}$ ,  $0,8 \leq X_3 \leq 1$

$$X_3 = 0,8 \text{ pour } k_{s3} + k_{n3} \geq 1,5 k_{e3}$$

$$X_3 = 1 - (k_{s3} + k_{n3}) / 7,5 k_{e3} \text{ pour } k_{s3} + k_{n3} < 1,5 k_{e3}$$



b) travée de rive sans console:

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

Nœud de rive gauche:

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

$$M_{s1} = M'_{e1} \cdot \frac{K_{s1}}{D}$$

$$M_{n1} = M'_{e1} \cdot \frac{K_{n1}}{D}$$

Nœud de rive de droite

$$M_{w2} = M'_{w2} \left(1 - \frac{K_{w2}}{D}\right)$$

$$M_{s2} = M'_{w2} \cdot \frac{K_{s2}}{D}$$

$$M_{n2} = M'_{w2} \cdot \frac{K_{n2}}{D}$$

\* Moments en travées:

Les moments aux appuis sont connus, on obtient les moments en travées avec la formule :  $M_E = M_0 - \frac{M_1 + M_2}{2}$   
 $M_0$  : moment isostatique de la travée indépendante suivant le cas de charge considéré.

\* Moments dans les poteaux:

on admet que les points de moments nuls dans les poteaux se trouvent à une distance  $h'_n$  au dessus du plancher et  $h_s$  au dessous du nu inférieur des poteaux.

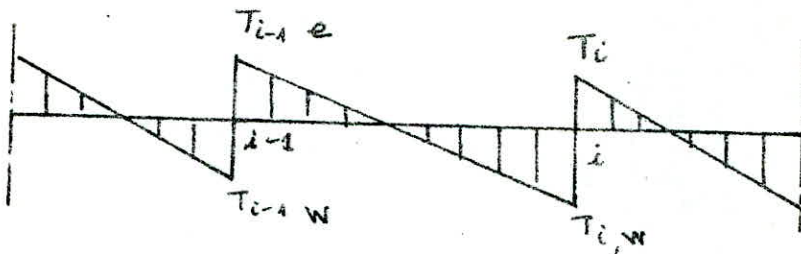
\* Efforts tranchants dans les poteaux - Efforts normaux dans les poutres:

par simplification, on ne fait pas état dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux, ni des efforts normaux dans les poutres.

• Calcul des efforts normaux apportés par les poutres aux poteaux:

pour des charges verticales uniformément réparties en travées et provoquant des efforts tranchants aux appuis, on obtient des réactions qui créent des efforts de compression en droit du poteau. Les efforts normaux dans les poteaux peuvent être déterminés en considérant les efforts tranchants

dans les traverses :



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

$$N_i = T_{i,e} - T_{i,w}$$

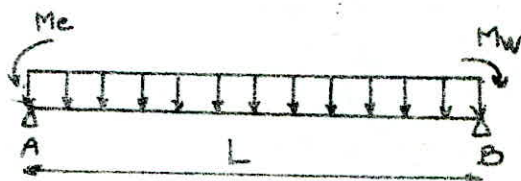
$T_{i-1,e}$ ,  $T_{i-1,w}$ ,  $T_{i,e}$ ,  $T_{i,w}$  sont en valeurs algébriques.

Remarque: pour les portiques de rive, on ne prend pas la hauteur du ride sanitaire, car avec le voile périphérique ils forment des systèmes indéformables. Le niveau situé sur le ride sanitaire n'aura pas à créer des efforts d'origine  $SP_2$  dans les poteaux du ride sanitaire.

\* Efforts tranchants dans les poutres:

conformément à l'Annexe A13 du CCA 68.

Les efforts tranchants sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge  $q$  qui lui est appliquée. ( $q/m$ )



$$\sum M_B = 0, \dots R_A$$

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

L'effort tranchant est donné par

$$T(x) = R_A - q \cdot x \text{ aux appuis:}$$

$$T(0) = q \frac{L}{2} + \frac{M_e - M_w}{L}$$

$$T(L) = -q \frac{L}{2} + \frac{M_e - M_w}{L}$$



caracteristiques geometriques

portique Longitudinal

L6-L6

NIV	Noeud	$l_w$ (m)	$l_e$ (m)	$h_n$ (m)	$h_s$ (m)	$I_w \cdot 10^3$ <small>m<sup>4</sup></small>	$I_e \cdot 10^3$ <small>m<sup>4</sup></small>	$I_n \cdot 10^3$ <small>m<sup>4</sup></small>	$I_s \cdot 10^3$ <small>m<sup>4</sup></small>	$l'_w$ (m)	$l'_e$ (m)	$h'_n$ (m)	$h'_s$ (m)	$K_w \cdot 10^3$	$K_e \cdot 10^3$	$K_n \cdot 10^3$	$K_s \cdot 10^3$	$D \cdot 10^3$
4	1	/	3,625	/	3,12	/	1,6	/	1,25	/	2,9	/	2,5	/	0,55	/	0,5	1,03
	2	3,625	3,60	/	"	1,6	"	/	2,13	2,9	2,88	/	2,5	0,55	"	/	0,85	1,962
	3,4,5	3,60	3,60	/	"	"	"	/	2,13	2,88	2,88	/	2,5	0,555	"	/	0,85	1,962
	6	3,60	3,625	/	"	"	"	/	2,13	2,88	2,9	/	2,5	0,555	"	/	0,85	1,962
	7	3,625	/	/	"	"	/	/	1,25	2,9	/	/	2,5	0,55	"	/	0,5	1,05
3	1	/	3,625	3,12	3,12	/	1,6	1,25	1,25	/	2,9	2,81	2,5	"	"	0,445	0,5	1,495
	2	3,625	3,60	"	"	1,6	"	2,13	2,13	2,9	2,88	2,81	"	"	"	0,76	0,85	2,72
	3,4,5	3,60	3,60	"	"	"	"	2,13	2,13	2,88	2,88	2,81	"	"	"	0,76	0,85	2,72
	6	3,60	3,625	"	"	"	"	2,13	2,13	2,88	2,9	2,81	"	"	"	0,76	0,85	2,72
	7	3,625	/	"	"	"	/	1,25	1,25	2,9	/	2,81	"	"	"	"	0,445	0,5
2	1	/	3,625	3,12	3,12	/	1,6	1,25	1,25	/	2,9	2,5	2,5	"	"	0,5	0,5	1,55
	2	3,625	3,60	"	"	1,6	"	2,13	2,13	2,9	2,88	"	"	"	"	0,85	0,85	2,80
	3,4,5	3,60	3,60	"	"	"	"	2,13	2,13	2,88	2,88	"	"	"	"	0,85	0,85	2,81
	6	3,60	3,625	"	"	"	"	2,13	2,13	2,88	2,9	"	"	"	"	0,85	0,85	2,80
1	7	3,625	/	"	"	"	"	1,25	1,25	2,9	/	"	"	"	"	0,5	0,5	1,55



Sous: G

Moments aux noeuds

portique L<sub>6</sub>-L<sub>6</sub>

Sous: P

Niv	Noeud	q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>
4	1	/	0,66	/	0,653	/	0,311	/	0,311
	2	0,66	"	0,653	0,644	0,65	0,646	/	-0,004
	3	"	"	0,644	0,644	0,644	0,644	/	0
	4	"	"	"	0,644	0,644	0,644	/	0
	5	"	"	"	0,644	0,644	0,644	/	0
	6	"	"	"	0,653	0,646	0,650	/	0,004
	7	"	/	0,053	/	0,311	/	/	-0,311
3	1	/	0,624	/	0,617	/	0,399	0,183	-0,006
	2	0,624	0,624	0,617	0,609	0,615	0,610	-0,002	0,0025
	3	"	1,064	0,609	1,038	0,696	0,95	0,12	-0,194
	4	1,064	0,624	1,038	0,609	0,95	0,696	-0,12	-0,134
	5	0,624	0,624	0,609	0,609	0,609	0,609	0	0
	6	0,624	0,624	0,609	0,617	0,61	0,615	0,002	0,0025
	7	0,624	/	0,617	/	0,394	/	-0,183	-0,206
2	1	/	0,624	/	0,617	/	0,398	0,95	0,199
	2	0,624	0,624	0,617	0,609	0,615	0,610	-0,0024	-0,0024
	3	0,624	1,504	0,609	1,468	0,977	1,299	0,26	0,260
	4	1,504	0,624	1,468	0,609	1,299	0,977	-0,26	-0,260
	5	0,624	0,624	0,609	0,609	0,609	0,609	0	0
	6	0,624	0,624	0,609	0,617	0,610	0,615	0,0024	0,0024
	7	0,624	/	0,617	/	0,398	/	-0,199	-0,199

Niv	Noe	q <sub>w</sub>	q <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>
4	1	/	0,065	/	0,064	/	0,031	/	0,030
	2	0,065	"	0,064	0,063	0,064	0,063	/	-0,0004
	3	"	"	0,063	"	0,063	0,063	/	0
	4	"	"	"	"	0,063	0,063	/	0
	5	"	"	"	"	0,063	0,063	/	0
	6	"	"	"	0,064	0,063	0,064	/	0,0004
	7	0,065	/	0,064	/	0,031	/	/	-0,03
3	1	/	0,163	/	0,162	/	0,102	0,048	0,054
	2	0,163	0,163	0,162	0,159	0,162	0,159	-0,0008	-0,0009
	3	0,163	0,422	0,159	0,412	0,21	0,36	0,071	0,079
	4	0,422	0,163	0,412	0,159	0,36	0,21	-0,071	-0,079
	5	0,163	0,163	0,159	0,159	0,159	0,159	0	0
	6	0,163	0,163	0,159	0,162	0,159	0,162	0,0008	0,0009
	7	0,163	/	0,162	/	0,102	/	-0,048	-0,054
2	1	/	0,163	/	0,162	/	0,104	0,052	0,052
	2	0,163	0,163	0,162	0,159	0,16	0,159	-0,0009	-0,0009
	3	0,163	0,681	0,159	0,664	0,258	0,565	0,153	0,153
	4	0,681	0,163	0,664	0,159	0,565	0,258	-0,153	-0,153
	5	0,163	0,163	0,159	0,159	0,159	0,159	0	0
	6	0,163	0,163	0,159	0,162	0,159	0,16	0,0009	0,0009
	7	0,163	/	0,162	/	0,104	/	-0,052	-0,052



# Moments et efforts tranchants dans Les Poutres

L1-L1

Sous: G

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	3,65	1,135	0,543	1,138	1,908	-2,235
	2-3	3,65	"	1,138	1,138	2,092	-2,092
	3-4	"	"	1,138	0,543	2,235	-1,908
4	1-2	3,65	1,581	1,00	1,586	2,724	-3,045
	2-3	3,65	"	1,586	1,586	2,886	-2,886
	3-4	3,65	"	1,586	1	2,025	-2,724
3	1-2	3,65	1,581	1,024	1,586	2,73	-3,04
2	2-3	"	"	1,586	1,586	2,886	-2,886
1	3-4	"	"	1,586	1,024	2,04	-2,73

Sous: P

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	3,65	0,032	0,0145	0,0326	0,055	-0,064
	2-3	"	"	0,0326	"	0,0553	-0,055
	3-4	"	"	0,0326	0,0155	0,064	-0,055
4	1-2	"	0,081	0,0516	0,0815	0,1399	-0,156
	2-3	"	"	0,0815	0,0815	0,148	-0,148
	3-4	"	"	0,0815	0,0416	0,156	-0,1399
3	1-2	"	0,081	0,0526	0,0815	0,141	-0,156
2	2-3	"	"	0,0815	0,0815	0,148	-0,148
1	3-4	"	"	0,0815	0,0526	-0,156	-0,141

L2-L2

Sous: G

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	3,625	0,66	0,311	0,65	1,104	-1,23
	2-3	3,6	"	0,646	0,644	1,188	-1,187
	3-4	3,625	"	0,644	0,311	1,23	-1,104
4	1-2	3,625	0,624	0,73	0,653	1,068	-1,193
	2-3	3,6	0,624	0,61	0,635	1,1	-1,146
	3-4	3,625	1,064	0,95	0,656	2	-1,817
3	1-2	3,625	0,624	0,398	0,645	1,071	-1,191
2	2-3	3,6	0,624	0,610	0,777	1,077	-1,169
1	3-4	3,625	1,064	1,299	0,747	2,82	-2,63

Sous: P

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	3,625	0,065	0,031	0,064	0,109	-0,127
	2-3	3,6	"	0,063	0,063	0,117	-0,117
	3-4	3,625	"	0,064	0,031	0,127	-0,109
4	1-2	3,625	0,163	0,102	0,162	0,279	-0,312
	2-3	3,6	0,163	0,159	0,21	0,391	-0,192
	3-4	3,625	0,422	0,96	0,26	0,79	-0,73
3	1-2	3,625	0,163	0,104	0,161	0,279	-0,311
2	2-3	3,6	0,163	0,159	0,258	0,266	-0,321
1	3-4	3,625	0,681	0,565	0,428	1,272	-1,196

T1-T1

Sous: G

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	5,65	1,96	1,817	3,482	4,675	-5,263
	2-3	3,65	1,76	2,92	1,764	3,527	-2,894
	3-4	3,65	"	1,764	0,577	3,535	-2,885
4	1-2	5,65	2,135	2,011	4,979	5,79	-6,273
	2-3	3,65	"	2,011	2,141	4,22	-3,58
	3-4	3,65	"	2,141	1,024	4,202	-3,59
3	1-2	5,65	2,135	3,085	4,395	5,8	-6,26
2	2-3	3,65	"	2,328	2,141	4,22	-3,57
1	3-4	3,65	"	2,141	1,056	4,194	-3,599

Sous: P

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	5,65	0,2	0,207	0,396	0,532	-0,6
	2-3	3,65	"	0,396	0,201	0,402	-0,33
	3-4	3,65	"	0,201	0,066	0,402	-0,33
4	1-2	5,65	0,5	0,705	1,03	1,355	-1,11
	2-3	3,65	"	0,705	0,502	0,984	-0,817
	3-4	3,65	"	0,502	0,124	0,984	-0,817
3	1-2	5,65	"	0,722	1,03	1,348	-1,467
2	2-3	3,65	"	0,769	0,502	0,99	-0,837
1	3-4	3,65	"	0,502	0,247	0,984	-0,841

T2-T2

Sous: G

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	5,625	2,788	2,846	5,6	7,35	-8,31
	2-3	3,6	"	4,32	2,933	5,46	-4,97
	3-4	5,625	"	2,914	0,899	5,565	-4,54
4	1-2	5,625	2,397	3,243	5,03	6,44	-7,04
	2-3	3,6	"	3,402	2,348	4,6	-4,02
	3-4	5,625	"	2,362	1,13	4,68	-4,005
3	1-2	5,625	2,397	3,426	5,049	6,453	-7,03
2	2-3	3,6	"	3,37	2,347	4,59	-4,03
1	3-4	5,625	"	2,362	1,165	4,675	-4,014

Sous: P

Niv	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
5	1-2	5,625	0,4	0,408	0,806	1,504	-1,196
	2-3	3,6	"	0,619	0,392	0,783	-0,697
	3-4	5,625	"	0,392	0,129	0,798	-0,692
4	1-2	5,625	1,00	1,395	2,1	2,687	-2,937
	2-3	3,6	"	1,42	0,979	1,922	-1,677
	3-4	5,625	"	0,986	0,472	1,935	-1,67
3	1-2	5,625	1,00	1,43	2,1	2,7	-2,924
2	2-3	3,6	"	1,407	0,982	1,92	-1,682
1	3-4	5,625	"	0,986	0,486	1,93	-1,674



L5-L5

Sous: G

NIV	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
4	1-2	3,65	1,195	0,543	1,138	1,909	-2,235
	2-3	3,65	"	1,138	1,138	2,1072	-2,107
	3-4	3,65	"	"	1,138	2,1072	-2,107
	4-5	"	"	"	1,138	2,1072	"
	5-6	"	"	"	1,138	2,1072	"
	6-7	"	"	"	0,543	2,235	1,909
3	1-2	"	1,581	1,004	0,586	2,726	-3,045
	2-3	"	"	1,585	1,586	2,886	-2,886
	3-4	"	"	"	"	2,886	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	"	"	1,004	3,045	-2,726
2	1-2	"	"	1,024	1,586	2,731	-3,104
	2-3	"	"	1,586	"	2,886	-2,886
	3-4	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	"	"	1,024	3,104	-2,731

Sous: P

NIV	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
4	1-2	3,65	0,0325	0,0155	0,0326	0,055	-0,064
	2-3	"	"	0,0326	0,0326	0,06	-0,06
	3-4	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	"	0,0326	0,0155	0,064	-0,055
3	1-2	"	0,0812	0,0516	0,0815	0,14	-0,156
	2-3	"	"	0,0815	0,0815	0,148	-0,148
	3-4	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	"	0,0815	0,0516	0,156	-0,14
2	1-2	"	0,0812	0,0526	0,0815	0,14	-0,156
	2-3	"	"	0,0815	"	0,1482	-0,148
	3-4	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	"	0,0815	0,0526	0,156	-0,14

L6-L6

Sous: G

NIV	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
4	1-2	3,625	0,66	0,344	0,65	1,103	-1,25
	2-3	3,6	"	0,646	0,644	1,188	-1,187
	3-4	3,6	"	0,644	"	1,188	-1,188
	4-5	3,6	"	0,644	"	1,188	-1,188
	5-6	3,6	"	0,644	0,646	1,189	2,188
	6-7	3,625	"	0,65	0,311	1,25	-1,103
3	1-2	3,625	0,624	0,35	0,615	1,065	-1,193
	2-3	3,6	"	0,61	0,696	1,095	-1,115
	3-4	"	1,064	0,35	0,35	1,015	-1,315
	4-5	"	0,624	0,696	0,609	1,147	-1,095
	5-6	"	0,624	0,605	0,61	1,123	-1,123
	6-7	3,625	0,624	0,615	0,35	1,193	-1,065
2	1-2	3,625	0,624	0,398	0,615	1,071	-1,191
	2-3	3,6	0,624	0,61	0,777	1,107	-1,117
	3-4	"	1,504	1,299	1,299	2,708	-2,708
	4-5	"	0,624	0,777	0,609	1,17	-1,077
	5-6	"	"	0,609	0,61	1,103	-1,123
	6-7	3,625	"	0,615	0,398	1,191	-1,071

Sous: P

NIV	trav	l	q	Mw	Me	Tw	Te
4	1-2	3,625	0,065	0,031	0,064	0,109	-0,127
	2-3	3,6	"	0,063	0,063	0,117	-0,117
	3-4	"	"	0,063	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"
	6-7	3,625	"	0,064	0,031	0,127	-0,109
3	1-2	3,625	0,163	0,102	0,162	0,275	-0,312
	2-3	3,6	0,163	0,159	0,21	0,28	-0,308
	3-4	"	0,472	0,36	0,36	0,76	-0,76
	4-5	"	0,163	0,21	0,159	0,308	-0,28
	5-6	"	"	0,159	"	0,293	-0,293
	6-7	3,625	"	0,162	0,102	0,312	-0,275
2	1-2	3,625	0,163	0,104	0,16	0,28	-0,31
	2-3	3,6	"	0,159	0,258	0,266	-0,321
	3-4	"	0,681	0,563	0,565	1,225	-1,226
	4-5	"	0,631	0,258	0,159	0,321	-0,321
	5-6	"	"	0,159	0,159	0,293	-0,293
	6-7	3,625	"	0,16	0,104	0,31	-0,28



T<sub>5</sub>-T<sub>5</sub>

Sous: G

Niv	trav	l	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,65	1,759	1,817	3,482	4,675	-5,264
	2-3	3,65	"	2,92	1,764	3,527	-2,894
	3-4	3,65	"	1,764	0,599	3,595	-2,885
3	1-2	5,65	2,135	3,012	0,379	5,79	-6,27
	2-3	3,65	"	3,31	2,142	4,217	-3,597
	3-4	"	"	2,142	1,024	4,203	-3,59
2	1-2	5,65	2,135	3,085	1,395	5,8	-6,264
	2-3	3,65	"	3,284	2,142	4,21	-3,584
1	3-4	"	"	2,142	1,056	4,194	-3,599

Sous: P

Niv	trav	l	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,65	0,2	0,207	0,392	0,532	-0,593
	2-3	3,65	0,2	0,333	0,201	0,402	-0,329
	3-4	3,65	0,2	0,201	0,066	0,402	-0,329
3	1-2	5,65	0,5	0,705	1,026	1,356	-1,47
	2-3	3,65	"	0,775	0,502	0,988	0,838
	3-4	"	"	0,502	0,24	0,985	-0,841
2	1-2	5,65	0,5	0,522	1,03	1,358	-1,468
	2-3	3,65	"	0,569	0,502	0,986	0,839
1	3-4	"	"	0,502	0,247	0,982	-0,843

T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

Sous: G

Niv	trav	l	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,625	2,788	2,846	5,582	7,355	-8,328
	2-3	3,6	"	4,319	2,734	5,459	-4,58
	3-4	3,625	"	2,744	0,899	5,502	-4,544
3	1-2	5,625	2,397	3,344	5,03	6,436	-7,035
	2-3	3,6	"	3,402	2,348	4,603	-4,019
	3-4	3,625	"	2,362	1,131	4,685	-4,005
2	1-2	5,625	2,397	3,426	5,05	6,453	-7,031
	2-3	3,6	"	3,371	2,348	4,59	-4,03
1	3-4	3,625	"	2,362	1,166	4,675	-4,015

Sous: P

Niv	trav	l	q	M <sub>w</sub>	M <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,625	0,4	0,408	0,806	1,054	-1,136
	2-3	3,6	"	0,619	0,392	0,783	-0,657
	3-4	3,625	"	0,394	0,129	0,798	-0,650
3	1-2	5,625	1	1,395	2,1	2,687	-2,938
	2-3	3,6	"	1,42	0,98	1,922	-1,677
	3-4	3,625	"	0,986	0,472	1,955	-1,671
2	1-2	5,625	1	1,43	2,1	2,7	-2,93
	2-3	3,6	"	1,407	0,98	1,92	-1,682
1	3-4	3,625	"	0,98	0,487	1,95	-1,677



## Moments et Efforts normaux dans les poteaux

L <sub>1</sub> -L <sub>1</sub>		Sous G					
NIV	Pot	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>	T <sub>w</sub> <sup>(pot)</sup>	T <sub>e</sub> <sup>(pot)</sup>	N	N <sub>cum</sub>
5	1	0,543	0,473	/	1,908	1,908	1,908
	2	0	0	-2,235	2,072	4,307	4,307
	3	0	0	-2,072	2,235	4,307	4,307
	4	-0,543	-0,47	-1,908	/	1,908	1,908
4	1	0,531	0,512	/	2,724	2,724	4,632
	2	0	0	-3,045	2,886	5,931	10,124
	3	0	0	-2,886	3,045	5,931	10,124
	4	-0,531	-0,512	-2,724	/	2,724	4,632
3	1	0,512	0,921	/	2,73	2,73	7,362
	2	0	0	-3,04	2,886	5,926	16,166
	3	0	0	-2,886	3,04	5,926	16,166
	4	-0,512	-0,512	-2,73	/	2,73	7,362
2	1	0,512	0,512	/	2,73	2,73	10,092
	2	0	0	-3,04	2,886	5,926	22,1
	3	0	0	-2,886	3,04	5,926	22,1
	4	-0,512	-0,512	-2,73	/	2,73	10,092
1	1	0,512	0,41	/	2,73	2,73	12,822
	2	0	0	-3,04	2,886	5,926	28,026
	3	0	0	-2,886	3,04	5,926	28,026
	4	-0,512	-0,41	-2,73	/	2,73	12,822

L <sub>1</sub> -L <sub>1</sub>		Sous P					
NIV	Pot	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>	T <sub>w</sub> <sup>(Pot)</sup>	T <sub>e</sub> <sup>(Pot)</sup>	N	N <sub>cum</sub>
5	1	0,0155	0,0243	/	6,055	6,055	6,055
	2	0	0	-0,064	0,0593	0,123	0,123
	3	0	0	-0,0593	0,064	0,123	0,123
	4	-0,0155	-0,024	-0,055	/	6,055	6,055
4	1	0,0273	0,026	/	0,1399	0,1399	0,1399
	2	0	0	-0,156	0,148	0,304	0,304
	3	0	0	-0,148	0,156	0,304	0,304
	4	-0,0273	-0,026	0,139	/	0,1399	0,1399
3	1	0,0273	0,026	/	0,141	0,141	0,336
	2	0	0	-0,156	0,148	0,304	0,731
	3	0	0	-0,148	0,156	0,304	0,731
	4	-0,0273	-0,026	0,141	/	0,141	0,336
2	1	0,027	0,026	/	0,141	0,141	0,477
	2	0	0	-0,156	0,148	0,304	1,035
	3	0	0	-0,148	0,156	0,304	1,035
	4	-0,027	-0,026	0,141	/	0,141	0,477
1	1	0,027	0,026	/	0,141	0,141	0,618
	2	0	0	-0,156	0,148	0,308	1,34
	3	0	0	-0,148	0,156	0,308	1,34
	4	-0,027	-0,026	0,141	/	0,141	0,618

L <sub>2</sub> -L <sub>2</sub>		Sous G					
NIV	Pot	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>	T <sub>w</sub> <sup>(Pot)</sup>	T <sub>e</sub> <sup>(Pot)</sup>	N	N <sub>cum</sub>
5	1	0,841	0,1815	/	1,104	1,104	1,104
	2	0	0,002	-1,29	1,188	2,478	2,478
	3	0	0,1198	-1,183	1,29	2,478	2,478
	4	-0,841	-0,305	-1,104	/	1,104	1,104
4	1	0,206	0,199	/	1,068	1,068	2,172
	2	0,002	-0,002	-1,193	1,1	2,293	4,77
	3	0,134	0,259	-1,116	2	2,146	4,624
	4	-0,206	-0,193	-1,847	/	1,847	2,951
3	1	0,199	0,199	/	1,071	1,071	3,243
	2	0,002	-0,002	-1,191	1,077	2,268	7,038
	3	0,259	0,259	-1,169	2,82	3,989	8,613
	4	-0,199	-0,193	-2,63	/	2,63	5,581
2	1	0,199	0,193	/	1,071	1,071	4,314
	2	0,002	-0,002	-1,191	1,077	2,268	9,306
	3	0,259	0,259	-1,162	2,82	3,989	12,602
	4	-0,199	-0,193	-2,63	/	2,63	8,211
1	1	0,199	0,208	/	1,071	1,071	5,385
	2	0,002	0,002	-1,191	1,077	2,268	11,57
	3	0,259	0,13	-1,169	2,82	3,989	16,59
	4	-0,199	-0,344	-2,63	/	2,63	10,84

L <sub>2</sub> -L <sub>2</sub>		Sous P					
NIV	Pot	M <sub>n</sub>	M <sub>s</sub>	T <sub>w</sub> <sup>(Pot)</sup>	T <sub>e</sub> <sup>(Pot)</sup>	N	N <sub>cum</sub>
5	1	0,03	0,048	/	0,109	0,109	0,109
	2	0	-0,001	-0,127	0,117	0,244	0,244
	3	0	0,071	-0,117	0,127	0,244	0,244
	4	-0,03	-0,121	-0,109	/	0,109	0,109
4	1	0,054	0,052	/	0,279	0,279	0,988
	2	0,001	-0,001	-0,312	0,304	0,906	0,951
	3	0,079	0,152	-0,192	0,29	0,982	1,226
	4	-0,054	-0,114	-0,273	/	0,273	0,84
3	1	0,052	0,052	/	0,279	0,279	0,667
	2	-0,001	-0,001	-0,311	0,266	0,577	1,528
	3	0,152	0,152	-0,321	1,272	1,593	2,82
	4	-0,214	-0,214	-1,196	/	1,196	2,036
2	1	0,052	0,052	/	0,279	0,279	0,946
	2	-0,001	-0,001	-0,311	0,266	0,577	2,105
	3	0,152	0,152	-0,321	1,272	1,593	4,113
	4	-0,214	-0,214	-1,196	/	1,196	3,23
1	1	0,001	0,052	/	0,279	0,279	1,216
	2	0,152	0,001	-0,311	0,266	0,577	2,48
	3	-0,214	0,152	-0,321	1,272	1,593	6,01
	4	0,052	-0,214	-1,196	/	1,196	4,428



L5-L5 - Sous G

NIV	Rot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
4	T5	0,543	0,473	/	1,909	1,909	1,909
	6	0	0	-2,235	2,072	4,137	4,137
	7	0	0	-2,072	"	4,144	4,144
	8	0	0	-2,072	"	"	"
	9	0	0	-2,072	"	"	"
	10	0	0	-2,072	2,235	4,137	4,137
	11	-0,543	-0,473	-1,909	/	1,909	1,909
3	T5	0,531	0,512	/	2,726	2,726	4,635
	6	0	0	-3,045	2,886	5,931	10,248
	7	0	0	-2,886	"	5,772	9,916
	8	0	0	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"
	10	0	0	"	3,045	5,931	10,248
	11	-0,531	-0,512	-2,726	/	2,726	4,635
2	T5	0,512	0,512	/	2,731	2,731	7,366
	6	0	0	-3,04	2,886	5,926	16,174
	7	0	0	-2,886	"	5,772	15,688
	8	0	0	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"
	10	0	0	"	3,04	5,926	16,174
	11	-0,512	-0,512	-2,731	/	2,731	7,366
1	T5	0,512	0,411	/	2,731	2,731	10,097
	6	0	0	-3,04	2,886	5,926	22,1
	7	0	0	-2,886	"	5,772	21,46
	8	0	0	"	"	"	21,46
	9	0	0	"	"	"	21,46
	10	0	0	"	3,04	5,926	22,1
	11	0,512	-0,411	-2,731	/	2,731	10,097

Sous P

Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
0,0155	0,0243	/	0,055	0,055	0,055
0	0	-0,064	0,06	0,124	0,124
0	0	-0,06	"	0,12	0,12
0	0	-0,06	"	"	"
0	0	-0,06	"	"	"
0	0	-0,06	0,064	0,124	0,124
-0,015	-0,024	-0,055	/	0,055	0,055
0,0273	0,026	/	0,14	0,14	0,195
0	0	-0,154	0,148	0,304	0,428
0	0	-0,148	"	0,296	0,416
0	0	"	"	"	"
0	0	"	"	"	"
0	0	"	0,156	0,304	0,428
-0,027	-0,026	-0,14	/	0,14	0,195
0,0263	0,026	/	0,14	0,14	0,335
0	0	-0,156	0,148	0,304	0,732
0	0	-0,148	"	0,296	0,712
0	0	"	"	0,296	"
0	0	"	"	"	"
0	0	"	0,156	0,304	0,732
-0,0263	-0,026	-0,14	/	0,14	0,335
0,0263	0,026	/	0,14	0,14	0,475
0	0	-0,156	0,148	0,304	1,036
0	0	-0,148	"	0,296	1,008
0	0	"	"	"	"
0	0	"	"	"	"
0	0	"	0,156	0,304	1,036
-0,0263	-0,026	-0,14	/	0,14	0,475

T5-T5 - Sous G

NIV	Rot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
4	L5	1,817	1,414	/	4,675	4,675	4,675
	6	-0,562	-0,502	-5,264	3,527	8,791	8,791
	7	0	0	-2,894	3,535	6,429	6,429
	8	-0,577	-0,481	-2,895	/	2,885	2,885
3	L5	1,598	1,543	/	3,79	3,79	10,465
	6	-0,567	-0,555	-6,274	4,217	10,491	19,282
	7	0	0	-3,577	4,203	7,78	14,209
	8	-0,541	-0,528	-3,59	/	3,59	6,475
2	L5	1,543	1,543	/	5,8	5,8	16,265
	6	-0,555	-0,55	-6,264	4,21	10,474	29,756
	7	0	0	-3,584	4,194	7,778	21,987
	8	-0,528	-0,528	-3,599	/	3,599	10,074
1	L5	1,543	1,608	/	5,8	5,8	22,065
	6	-0,555	-0,528	-6,264	4,21	10,474	40,23
	7	0	0	-3,584	4,194	7,778	29,765
	8	-0,528	-0,55	-3,599	/	3,599	13,673

Sous P

Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
0,207	0,331	/	0,532	0,532	0,532
-0,064	-0,117	-0,599	0,402	1,001	1,001
0	0	-0,329	0,402	0,791	0,791
-0,066	-0,113	-0,329	/	0,329	0,329
0,374	0,361	/	1,366	1,356	1,888
-0,193	-0,19	-1,47	0,988	2,458	3,459
0	0	-0,838	0,985	1,823	2,554
-0,127	-0,124	-0,841	/	0,841	1,17
0,361	0,361	/	1,358	1,358	3,246
-0,13	-0,13	-1,468	0,986	2,454	3,913
0	0	-0,839	0,982	1,821	4,345
-0,124	-0,124	-0,843	/	0,843	2,013
0,361	0,361	/	1,358	1,358	4,604
-0,13	-0,13	-1,468	0,986	2,454	8,367
0	0	-0,843	0,982	1,825	6,2
-0,124	-0,124	-0,843	/	0,843	2,856



Lc-Ls		Sous G					
Niv	Pot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
4	Ts	0,314	0,183	/	1,103	1,103	1,103
	6	-0,004	-0,002	-1,29	1,188	2,378	2,378
	7	0	0,12	-1,187	"	2,375	2,375
	8	0	-0,12	-1,188	"	2,376	2,376
	9	0	0	-1,188	1,187	2,375	2,375
	10	0,004	0,002	-1,188	1,29	2,378	2,378
	11	-0,314	-0,183	-1,103	/	1,103	1,103
3	Ts	0,206	0,199	/	1,069	1,069	2,172
	6	-0,002	-0,002	-1,193	1,099	2,292	4,07
	7	0,174	0,26	-1,147	1,915	3,062	5,437
	8	-0,174	-0,26	-1,915	1,147	3,062	5,438
	9	0	0	-1,099	1,123	2,222	4,597
	10	0,002	0,002	-1,123	1,193	3,316	5,694
	11	-0,206	-0,199	-1,069	/	1,069	2,172
2	Ts	0,199	0,199	/	1,071	1,071	3,243
	6	-0,002	-0,002	-1,191	1,077	2,268	6,938
	7	0,26	0,26	-1,17	2,708	3,878	9,315
	8	-0,26	-0,26	-2,708	1,17	3,878	9,316
	9	0	0	-1,077	1,123	2,2	6,797
	10	0,002	0,002	-1,123	1,191	2,314	8,008
	11	-0,199	-0,199	-1,071	/	1,071	3,243
1	Ts	0,199	0,209	/	1,071	1,071	4,314
	6	-0,002	-0,003	-1,191	1,077	2,268	9,206
	7	0,26	0,13	-1,17	2,708	3,878	13,193
	8	-0,26	-0,13	-2,708	1,17	3,878	13,194
	9	0	0	-1,077	1,123	2,2	8,997
	10	0,002	0,003	-1,123	1,191	2,314	10,322
	11	-0,199	-0,209	-1,071	/	1,071	4,314

Sous P					
Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
0,03	0,048	/	0,109	0,109	0,109
-0,004	-0,001	-0,127	0,117	0,244	0,244
0	0,071	-0,117	"	0,234	0,234
0	-0,071	"	"	0,234	0,234
0	0	"	"	0,234	0,234
0,004	0,001	"	0,125	0,242	0,242
-0,03	-0,048	-0,109	/	0,109	0,109
0,054	0,052	/	0,279	0,279	0,388
-0,001	-0,001	-0,312	0,28	0,592	0,836
0,079	0,153	-0,308	0,76	1,068	1,302
-0,079	-0,153	-0,76	0,308	1,068	1,302
0	0	-0,28	0,293	0,573	0,807
0,001	0,001	-0,293	0,312	0,615	0,857
-0,054	-0,052	-0,279	/	0,279	0,388
0,052	0,052	/	0,28	0,28	0,668
-0,001	-0,001	-0,31	0,266	0,576	1,142
0,153	0,153	-0,321	1,225	1,546	2,848
-0,153	-0,153	-1,226	0,321	1,546	2,848
0	0	-0,266	0,293	0,559	1,366
0,001	0,001	-0,293	0,31	0,603	1,46
-0,052	-0,052	-0,28	/	0,28	0,668
0,052	0,052	/	0,28	0,28	0,948
-0,001	-0,001	-0,311	0,266	0,576	1,988
0,153	0,076	-0,308	1,225	1,546	4,394
-0,153	-0,076	-0,76	0,321	1,546	4,394
0	0	-0,279	0,293	0,559	1,925
0,001	0,001	-0,293	0,31	0,603	2,063
-0,052	-0,052	-0,28	/	0,28	0,948

T6-T6		Sous G					
Niv	Pot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
4	L5	2,847	1,57	/	7,355	7,355	7,355
	6	-1,13	-0,465	-8,328	5,459	13,787	19,787
	7	0,011	0,006	-4,579	5,562	10,141	10,141
	8	-0,899	-0,583	-4,544	/	4,544	4,544
3	L5	1,775	1,713	/	6,436	6,436	19,791
	6	-0,863	-0,84	-7,035	4,603	11,638	25,1425
	7	0,007	0,007	-4,019	4,685	8,704	18,845
	8	-0,6	-0,583	-4,005	/	4,005	8,549
2	L5	1,713	1,713	/	6,453	6,453	20,244
	6	-0,84	-0,84	-7,031	4,59	11,621	37,046
	7	0,007	0,007	-4,030	4,675	8,705	27,55
	8	-0,583	-0,583	-4,015	/	4,015	12,564
1	L5	1,713	1,848	/	6,453	6,453	26,697
	6	-0,84	-1,018	-7,031	4,59	11,621	48,667
	7	0,007	0,008	-4,030	4,675	8,705	36,255
	8	-0,583	-0,63	-4,015	/	4,015	16,579

Sous P					
Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
0,1408	0,655	/	1,054	1,054	1,054
-0,187	-0,319	-1,196	0,788	1,979	10,7
0,002	0,003	-0,677	0,732	1,455	1,455
-0,189	-0,221	-0,652	/	0,652	0,652
0,741	0,714	/	2,687	2,687	3,741
-0,36	-0,35	-2,938	1,922	4,860	6,84
0,003	0,003	-1,677	1,955	3,632	5,087
-0,251	-0,243	-1,671	/	1,671	2,323
0,714	0,714	/	2,7	2,7	6,441
-0,349	-0,349	-2,93	1,92	4,85	11,69
0,003	0,003	-1,682	1,949	3,631	8,718
-0,243	-0,243	-1,677	/	1,677	4
0,714	0,357	/	2,7	2,7	9,141
-0,349	-0,175	-2,93	1,92	4,85	16,54
-0,003	0,004	-1,682	1,949	3,631	12,35
-0,243	-0,122	-1,677	/	1,677	5,277



T <sub>1</sub> -T <sub>1</sub>		Sous G					
Niv	Pot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
5	1	4,82	4,413	/	4,675	4,675	4,675
	2	-0,562	-0,51	-5,263	3,527	8,79	8,79
	3	0	0	-2,894	3,535	6,43	6,43
	4	-0,576	-0,47	-2,885	/	2,885	2,885
4	1	1,537	1,54	/	5,79	5,79	10,464
	2	-0,567	-0,55	-6,273	4,22	10,49	19,28
	3	0	0	-3,576	4,202	7,78	14,2
	4	-0,543	-0,53	-3,53	/	3,53	6,47
3	1	1,54	1,54	/	5,8	5,8	16,26
	2	-0,55	-0,55	-6,264	4,22	10,49	29,77
	3	0	0	-3,57	4,194	7,78	21,97
	4	-0,53	-0,53	-3,599	/	3,59	10,06
2	1	1,54	1,54	/	5,8	5,8	22,06
	2	0,55	-0,55	-6,264	4,22	10,49	40,26
	3	0	0	-3,57	4,194	7,78	29,75
	4	-0,53	-0,53	-3,599	/	3,59	13,65
1	1	1,54	1,607	/	5,8	5,8	27,86
	2	0,55	-0,536	-6,264	4,22	10,49	50,75
	3	0	0	-3,57	4,194	7,78	37,53
	4	-0,53	0,55	-3,599	/	3,599	17,24

		Sous P					
Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum		
0,206	0,33	/	0,532	0,532	0,532		
-0,064	-0,117	-0,6	0,402	1,002	1,002		
0	0	-0,329	0,402	0,731	0,731		
-0,006	-0,074	-0,829	/	0,329	0,329		
0,37	0,361	/	1,355	1,355	1,887		
-0,132	-0,13	-1,47	0,988	2,448	3,416		
0	0	-0,837	0,984	1,821	2,552		
-0,083	-0,123	-0,841	/	0,841	1,17		
0,361	0,361	/	1,358	1,358	3,245		
-0,13	0,13	-1,467	0,988	2,458	5,918		
0	0	-0,837	0,984	1,821	4,373		
-0,123	-0,123	-0,841	/	0,841	2,011		
0,361	0,361	/	1,358	1,358	4,603		
0,13	-0,13	-1,47	0,988	2,458	8,376		
0	0	-0,837	0,984	1,821	6,194		
-0,123	-0,123	-0,841	/	0,841	2,852		
0,361	0,361	/	1,358	1,358	5,961		
0,13	-0,13	-1,47	0,988	2,458	10,83		
0	0	-0,837	0,984	1,821	8,015		
-0,123	-0,123	-0,841	/	0,841	3,633		

T <sub>2</sub> -T <sub>2</sub>		Sous G					
Niv	Pot	Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum
5	1	2,846	1,57	/	7,35	7,35	7,35
	2	-1,13	-0,765	-8,31	5,46	13,77	13,77
	3	0,041	0,006	-4,57	3,565	10,13	10,13
	4	-0,899	-0,531	-4,54	/	4,54	4,54
4	1	1,774	1,713	/	6,44	6,44	13,79
	2	-0,863	-0,84	-7,04	4,6	11,64	25,41
	3	-0,007	0,007	-4,02	4,68	8,7	18,83
	4	-0,6	-0,583	-4,01	/	4,014	8,55
3	1	1,713	1,713	/	6,453	6,453	20,24
	2	-0,84	-0,84	-7,04	4,59	11,64	37,05
	3	0,007	0,007	-4,02	4,675	8,7	27,53
	4	-0,583	-0,583	-4,014	/	4,014	12,57
2	1	1,713	1,713	/	6,453	6,453	26,7
	2	-0,84	-0,84	-7,04	4,59	11,64	48,7
	3	0,007	0,007	-4,02	4,675	8,7	36,23
	4	-0,583	-0,58	-4,014	/	4,014	16,58
1	1	1,713	1,713	/	6,453	6,453	33,15
	2	-0,84	-0,84	-7,04	4,59	11,64	60,33
	3	0,007	0,007	-4,02	4,675	8,7	44,93
	4	-0,583	-0,583	-4,014	/	4,014	20,6

		Sous P					
Mn	Ms	Tw	Te	N	Ncum		
0,408	0,655	/	1,504	1,504	1,504		
-0,186	-0,32	-1,196	0,983	1,979	1,979		
0,002	0,003	-0,657	0,798	1,455	1,455		
-0,123	-0,221	-0,652	/	0,652			
0,74	0,714	/	2,687	2,687	4,191		
-0,36	-0,349	-2,937	1,922	4,86	6,83		
0,003	0,003	-1,677	1,955	3,63	5,087		
-0,251	-0,243	-1,671	/	1,67	2,326		
0,714	0,714	/	2,7	2,7	6,89		
-0,349	-0,349	-2,924	1,92	4,86	11,68		
0,003	0,003	-1,682	1,95	3,63	8,72		
-0,243	-0,243	-1,674	/	1,67	4		
0,714	0,714	/	2,7	2,7	9,59		
-0,349	-0,349	-2,9	1,92	4,86	16,52		
0,003	0,003	-1,68	1,95	3,63	12,35		
-0,243	-0,243	-1,67	/	1,67	5,674		
0,714	0,714	/	2,7	2,7	12,29		
-0,349	-0,349	-2,924	1,92	4,86	21,56		
0,003	0,003	-1,68	1,95	3,63	15,79		
-0,243	-0,243	-1,674	/	1,67	7,348		



## Superposition des sollicitations

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

\* poutres:

$$G + P + \overset{\rightarrow}{SI}$$

$$0,8G + \overset{\rightarrow}{SI}$$

\*  poteaux :

$$0,8G + \overset{\rightarrow}{SI}$$

$$G + P + 1,2\overset{\rightarrow}{SI}$$

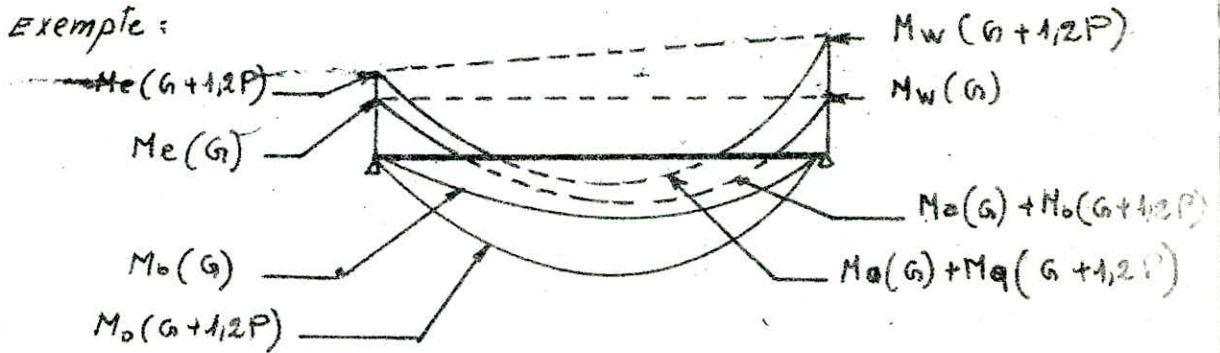
où G: sollicitation due à la charge permanente  
 P: sollicitation due à la surcharge d'exploitation  
 SI: sollicitation due aux séismes.

- Moments entrées des poutres: (CCBA 68 art 12)  
 pour déterminer le moment entrée 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'appuis minimaux en valeur absolue.
  - pour les moments négatifs, celle qui joint les moments d'appuis maximaux en valeur absolue.

Et 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 calcul le moment postétique  $M_0$ .  $M_0 = (G+1,2P)l^2/8$

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

- Le moment au 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<sub>t</sub>" :

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

- sous  $(G+P + \vec{SI}) \rightsquigarrow M_t = M_0(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(\vec{SI})$

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

• Moments aux appuis "M<sub>a</sub>" :

- sous  $(G+1,2P) \rightsquigarrow M_a = M_a(G) + 1,2M_a(P)$

- sous  $(G+P + \vec{SI}) \rightsquigarrow M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\vec{SI})$

- sous  $(0,8G + \vec{SI}) \rightsquigarrow M_a = M_a(0,8G) + M_a(\vec{SI})$

• Efforts Tranchants "T" :

- sous  $(G+1,2P) \rightsquigarrow T = T(G) + 1,2T(P)$

- sous  $(G+P + \vec{SI}) \rightsquigarrow T = T(G) + T(P) + T(\vec{SI})$

- sous  $(0,8G + \vec{SI}) \rightsquigarrow T = 0,8T(G) + T(\vec{SI})$

N.B : L'expression du moment en travée sous  $(SI)$  est donnée par :  $M_t = \frac{(M_e - M_w)}{2}$

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

Moments en travées

T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

NIV	trav	l (m)	$\frac{M_e + M_w}{2}$ sous G	G+1,2P			G+P			0,8G		
				q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>
5 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub> -2	5,65	2,650	1,999	7,977	5,326	1,959	7,817	5,167	1,408	4,153	2,033
	2-3	3,65	2,342	1,999	3,329	0,987	1,959	3,263	0,921	1,408	2,345	0,471
	3-4	3,65	1,171	1,999	3,329	2,158	1,959	3,263	2,092	1,408	2,345	1,408
4 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub> -2	5,65	3,696	2,735	10,914	7,218	2,635	10,515	6,819	1,708	6,816	3,859
	2-3	3,65	2,726	2,735	4,55	1,829	2,635	4,388	1,652	1,708	2,845	0,664
	3-4	3,65	1,583	2,735	4,55	2,972	2,635	4,388	2,905	1,708	2,845	1,579
3 <sup>e</sup>	L <sub>1</sub> -2	5,65	3,74	2,735	10,914	7,174	2,635	10,515	6,775	1,708	6,816	3,824
2 <sup>e</sup>	2-3	3,65	2,713	2,735	4,55	1,842	2,635	4,388	1,675	1,708	2,845	0,675
1 <sup>e</sup>	3-4	3,65	1,599	2,735	4,55	2,956	2,635	4,388	2,789	1,708	2,845	1,566

T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

NIV	trav	l (m)	$\frac{M_e + M_w}{2}$ sous G	G+1,2P			G+P			0,8G		
				q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>	q	M <sub>0</sub>	M <sub>t</sub>
5	L <sub>1</sub> -2	5,625	4,124	3,268	12,925	8,711	3,188	12,609	8,395	2,231	8,822	5,451
	2-3	3,6	3,527	3,268	5,294	1,767	3,188	5,165	1,638	2,231	3,614	0,793
	3-4	3,625	1,822	3,268	5,368	3,546	3,188	5,236	3,415	2,231	3,664	2,208
4	L <sub>1</sub> -2	5,625	4,187	3,597	14,226	10,04	3,397	13,436	9,248	1,918	7,584	4,235
	2-3	3,6	2,875	3,597	5,827	2,952	3,397	5,503	2,628	1,918	3,107	0,807
	3-4	3,625	1,747	3,597	5,909	4,161	3,397	5,58	3,833	1,918	3,151	1,753
3	L <sub>1</sub> -2	5,625	4,238	3,597	14,226	9,989	3,397	13,436	9,199	1,918	7,584	4,194
2	2-3	3,6	2,86	3,597	5,827	2,967	3,397	5,509	2,643	1,918	3,103	0,815
1	3-4	3,625	1,764	3,597	5,908	4,144	3,397	5,58	3,816	1,918	3,151	1,74



L1-L1

Moments dans les poutres

NIV	Trav	G + 1,2P			G. P + $\vec{S}I$			G + P + $\vec{S}I$			0,8G + $\vec{S}I$			0,8G + $\vec{S}I$		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
5	1-2	-0,561	1,11	-1,177	1,19	1,704	-3,72	-4,31	0,504	1,38	3,31	1,44	-3,46	-4,18	0,24	1,64
	2-3	-1,177	0,817	-1,177	1,98	0,806	-3,72	-3,72	-0,806	1,38	1,64	0,601	-3,46	-3,46	-0,601	1,64
	3-4	-1,177	1,11	-0,561	1,38	0,504	-4,31	-3,72	1,704	3,19	1,64	0,24	-4,18	-3,46	1,44	3,32
4	1-2	-1,06	1,497	-1,684	6,97	2,467	-7,69	-9,081	0,467	4,362	7,23	2,072	-7,29	-7,83	0,072	4,72
	2-3	-1,684	1,204	-1,684	4,362	1,174	-7,69	-7,69	-1,174	4,362	4,72	0,84	-7,29	-7,29	-0,84	4,72
	3-4	-1,684	1,497	-1,06	4,362	0,467	-9,081	-7,69	2,467	6,97	4,72	0,072	-8,83	-7,29	2,072	7,23
3	1-2	-1,087	1,485	-1,684	11,76	4,29	-8,83	-13,91	-1,38	5,50	12,02	3,897	-8,43	-13,66	-2,773	5,90
	2-3	-1,684	1,204	-1,684	5,50	1,174	-8,83	-8,83	-1,174	5,50	5,90	0,84	-8,43	-8,43	-0,84	5,90
	3-4	-1,684	1,485	-1,087	5,50	-1,38	-13,91	-8,83	4,29	11,76	5,90	-2,773	-13,66	-8,43	3,897	12,02
2	1-2	-1,087	1,485	-1,684	13,973	3,16	-13,31	-16,126	-0,25	9,97	14,23	2,767	-12,91	-15,86	-0,643	10,37
	2-3	-1,684	1,204	-1,684	9,97	1,174	-13,31	-13,31	-1,174	9,97	10,37	0,84	-12,91	-12,91	-0,84	10,37
	3-4	-1,684	1,485	-1,087	9,97	-0,25	-16,126	-13,31	3,16	13,973	10,37	-0,643	-15,86	-12,91	2,767	14,23
1	1-2	-1,087	1,485	-1,684	14,63	3,61	-13,06	-16,78	-0,70	9,73	14,89	3,217	-12,66	-16,53	-2,093	10,13
	2-3	-1,684	1,204	-1,684	9,73	1,174	-13,06	-13,06	-1,174	9,73	10,13	0,84	-12,66	-12,66	-0,84	10,13
	3-4	-1,684	1,485	-1,087	9,73	-0,70	-16,78	-13,06	3,61	14,63	10,13	-2,093	-16,53	-12,66	3,217	14,89



L2-L8

NIV	trav	G + 1/2 P			G + P + $\bar{S}I$			G + P + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
5	1-2	-0,348	0,73	-0,726	2,888	0,85	-3,66	-3,57	0,57	2,236	2,88	0,623	-3,47	-3,48	0,343	2,43
	2-3	-0,720	0,55	-0,72	2,24	0,529	-3,65	-3,65	0,529	2,24	2,43	0,351	-3,59	-3,46	-0,353	2,306
	3-4	-0,721	0,73	-0,348	2,04	0,57	-3,57	-3,66	0,85	2,88	2,43	0,343	-3,47	-3,46	0,623	2,98
4	1-2	-0,512	0,844	-0,807	6,408	0,937	-7,37	-7,39	0,637	5,823	6,58	0,566	-7,10	-7,21	0,266	6,11
	2-3	-0,801	0,675	-0,847	5,834	0,622	-7,52	-7,370	-0,622	5,69	6,21	0,297	-7,156	-7,088	-0,297	6,044
	3-4	-1,383	1,775	-0,868	5,28	1,49	-7,81	-7,91	1,79	5,94	5,84	0,605	-7,42	-7,36	0,805	6,37
3	1-2	-0,523	0,8405	-0,808	-10,548	1,189	-11,016	-11,55	0,379	9,464	10,73	0,819	-10,73	-11,37	0,009	9,75
	2-3	-0,801	0,65	-1,087	9,47	0,576	-11,27	-11,1	-0,576	9,204	9,75	0,264	-10,86	-10,72	-0,264	9,62
	3-4	-1,377	1,69	-1,461	8,37	1,835	-12,42	-12,10	2,705	9,675	9,20	0,675	-11,81	-11,27	1,485	10,29
2	1-2	-0,523	0,8405	-0,808	12,42	0,989	-13,26	-13,42	0,569	11,71	12,60	0,629	-12,98	-13,24	0,199	12,00
	2-3	-0,801	0,65	-1,087	11,92	0,576	-13,52	-13,25	-0,576	11,45	12,60	0,264	-13,12	-12,97	-0,264	11,86
	3-4	-1,377	1,69	-1,461	10,62	2,085	-14,30	-14,35	2,515	11,54	11,45	0,865	-13,67	-13,53	1,295	12,76
1	1-2	-0,523	0,8405	-0,808	12,82	1,191	-13,38	-13,92	0,377	11,83	13,10	0,821	-13,14	-13,74	0,007	12,11
	2-3	-0,801	0,65	-1,087	11,83	0,576	-13,64	-13,37	-0,576	11,57	12,11	0,264	-13,23	-13,10	-0,264	11,88
	3-4	-1,377	1,69	-1,461	10,74	1,893	-14,79	-14,47	2,707	12,045	11,56	0,673	-14,17	-13,64	1,487	12,66



L5-L5

N/P	trav	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
4	1-2	-0,562	1,111	-1,177	2,548	1,607	-3,271	-3,665	0,601	0,929	2,672	1,343	-3,011	-3,541	0,337	1,119
	2-3	-1,177	0,817	-1,177	0,929	0,806	-3,271	-3,271	0,806	0,929	1,19	0,601	"	-3,011	0,601	"
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	1,111	-0,562	"	0,601	-3,665	"	1,607	2,548	"	0,337	-3,541	"	1,343	2,672
3	1-2	-1,066	1,497	-1,684	6,219	2,365	-7,148	-8,331	0,569	9,8125	6,472	1,97	-6,749	-8,078	0,174	4,211
	2-3	-1,883	1,204	"	3,814	1,174	"	-7,147	1,174	"	4,212	0,84	"	-6,748	0,84	"
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	1,497	-1,066	"	0,569	-8,331	"	2,365	6,219	"	0,174	-8,078	"	1,97	6,472
2	1-2	-1,087	1,485	-1,684	9,154	2,769	-9,27	-11,307	0,141	9,935	9,411	2,376	-8,871	-11,05	0,252	6,333
	2-3	-1,684	1,204	"	5,935	1,174	"	-9,27	1,174	"	6,333	0,84	"	-8,871	0,84	"
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	1,485	-1,087	"	0,141	-11,307	"	2,769	9,154	"	0,252	-11,05	"	2,376	9,411
1	1-2	-1,087	1,485	-1,684	10,144	2,76	-10,278	-12,297	0,15	6,943	10,401	2,367	-9,879	-12,04	0,243	7,341
	2-3	-1,684	1,204	"	6,943	1,174	"	-10,278	1,174	"	7,341	0,84	"	-9,879	0,84	"
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	"	1,485	-1,087	"	0,15	-12,297	"	2,76	10,144	"	0,243	-12,039	"	2,367	10,401



L<sub>6</sub>-L<sub>6</sub>

Moments dans Les poutres

N/V	trav	G + 1,2 P			G + P + $\bar{S}I$			G + P + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$		
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>
4	1-2	-0,348	0,731	-0,727	2,423	0,825	-3,249	-3,107	0,595	1,821	2,516	0,598	-3,055	-3,014	0,368	2,015
	2-3	-0,722	0,550	0,720	3,118	0,529	-3,242	-3,244	0,529	1,828	2,018	0,351	-3,05	-3,052	0,351	2,02
	3-4	-0,720	0,552	-0,720	2,535	0,53	-3,242	-3,242	0,53	1,828	2,020	0,352	-3,05	-3,050	0,352	2,02
	4-5	"	0,552	-0,720	"	0,53	-3,242	"	0,53	1,828	2,020	0,352	-3,05	-3,050	0,352	2,02
	5-6	"	0,550	-0,722	"	0,53	-3,244	"	0,53	1,826	2,020	0,352	-3,052	-3,050	0,352	2,018
	6-7	-0,727	0,173	-0,348	1,821	0,595	-3,107	-3,249	0,825	2,423	2,015	0,368	-3,014	-3,055	0,598	2,516
3	1-2	-0,512	0,844	-0,810	5,839	0,972	-6,708	-6,823	0,572	5,154	6,019	0,616	-6,429	-6,643	0,216	5,439
	2-3	-0,801	0,675	-0,948	5,162	0,621	-6,837	-6,7	0,621	5,025	5,443	0,297	-6,488	-6,419	0,297	5,374
	3-4	-1,382	1,595	-1,382	4,621	1,458	-7,241	-7,241	1,458	4,621	5,171	0,619	-6,691	-6,691	0,619	5,171
	4-5	-0,948	0,675	-0,780	5,025	1,442	-6,699	-6,837	1,412	5,163	5,374	0,297	-6,418	-6,488	0,297	5,444
	5-6	0,800	0,718	-0,780	5,163	1,455	-6,7	-6,699	1,455	5,162	5,444	0,210	-6,419	-6,418	0,210	5,443
	6-7	0,810	0,825	-0,513	5,154	1,362	-6,823	-6,708	1,762	5,899	5,499	0,116	-6,643	-6,429	0,516	6,019
2	1-2	-0,523	0,841	-0,807	9,443	0,944	-9,426	-9,473	0,624	7,876	8,653	0,574	-9,149	-9,290	0,254	8,199
	2-3	-0,800	0,630	-1,0866	7,882	0,576	-9,686	-9,42	0,576	7,616	8,163	0,264	-9,293	-9,139	0,264	8,030
	3-4	-1,975	2,461	-1,977	6,789	2,241	-10,515	-10,513	2,241	6,787	7,612	0,910	-9,69	-9,69	0,910	7,612
	4-5	-1,087	0,634	-0,780	7,616	0,576	-9,419	-9,686	0,576	7,883	8,090	0,125	-9,138	-9,293	0,125	8,164
	5-6	-0,800	0,718	-0,780	7,883	0,66	-9,42	-9,419	0,66	7,882	8,164	0,210	-9,139	-9,138	0,210	8,163
	6-7	-0,807	0,821	-0,523	7,876	0,603	-9,472	-9,426	0,923	8,468	8,129	0,472	-9,289	-9,107	0,152	8,652
1	1-2	-0,523	0,841	-0,807	9,443	0,800	-10,739	-10,434	0,768	9,189	9,614	0,398	-10,436	-10,251	0,43	9,472
	2-3	-0,800	0,630	-1,0866	9,195	0,576	-10,999	-10,733	0,576	8,929	9,476	0,264	-10,586	-10,452	0,264	9,343
	3-4	-1,975	2,461	-1,977	8,102	2,241	-11,828	-11,826	2,241	8,100	8,925	0,910	-11,003	-11,003	0,910	8,925
	4-5	-1,087	0,634	-0,780	8,929	0,576	-10,732	-10,999	0,576	9,196	9,343	0,125	-10,45	-10,586	0,125	9,477
	5-6	-0,800	0,718	-0,780	9,196	0,66	-10,733	-10,732	0,66	9,195	9,477	0,210	-10,452	-10,451	0,210	9,476
	6-7	-0,807	0,821	-0,523	9,189	0,747	-10,434	-10,739	0,779	9,43	9,472	0,328	-10,251	-10,456	0,296	9,614



T<sub>4</sub> - T<sub>4</sub>

N/V	trav	G + 1,2 P			G + P + $\bar{S}I$			G + P + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	
5	1-2	0,2,054	5,326	-3,957	1,296	5,237	-5,658	-3,344	4,35		-2,098	1,866	2,803	-4,56	-4,77	1,263	-1,005
	2-3	-3,32	0,987	-2,00	-0,583	1,206	-4,065	-5,925	0,63	0,135	0,34	0,756	-3,511	-5,006	0,486	0,688	
	3-4	-2,00	2,158	-0,656	0,135	1,217	-4,5	-4,065	2,96	5,207	0,688	0,593	-4,91	-3,51	2,283	3,588	
4	1-2	-3,86	7,218	-5,615	0,664	6,799	-9,829	-8,876	6,839	-9,989	1,971	3,839	-7,32	-6,78	3,879	0,916	
	2-3	-4,24	1,829	-2,74	2,345	2,027	-8,523	-10,74	1,277	3,237	3,982	1,039	-7,59	-9,27	0,289	3,23	
	3-4	-2,74	2,972	-1,31	3,237	1,19	-10,37	-8,523	4,42	7,846	4,16	-0,036	-3,92	-7,59	3,194	8,29	
3	1-2	-3,95	7,174	-5,63	2,563	6,475	-12,4	-10,17	7,075	1,54	3,902	3,524	-10,49	-8,84	4,124	3,43	
	2-3	-4,207	1,842	-2,74	6,36	2,265	-11,92	-14,55	1,85	6,637	7,79	1,265	-10,99	-13,12	0,085	7,56	
	3-4	-2,74	2,956	-1,35	6,63	0,614	-11,92	-11,92	4,964	12,32	7,56	-0,609	-11,47	-10,99	3,741	12,78	
2	1-2	-3,95	7,174	-5,63	2,533	6,595	-11,12	-12,14	6,955	3,27	5,872	3,644	-12,21	-10,81	4,00	5,845	
	2-3	-4,207	1,842	-2,74	8,96	2,413	-11,22	-17,15	0,935	8,945	10,39	1,415	-13,29	-15,72	-0,06	9,867	
	3-4	-2,74	2,956	-1,35	8,937	-0,231	-18,92	15,94	5,810	10,32	9,26	-1,454	-13,16	-13,29	4,986	16,77	
1	1-2	-3,05	7,174	-5,63	5,013	6,695	-11,52	-12,62	6,915	3,675	6,352	3,684	-12,61	-11,28	3,964	5,584	
	2-3	-4,207	1,842	-2,74	5,56	1,855	-15,94	-17,95	1,495	19,65	10,99	-0,855	-15,01	-16,32	9,49	11,58	
	3-4	-2,74	2,956	-1,35	10,65	0,279	-19,62	-15,94	5,3	17,0	11,58	-0,944	-19,16	15,01	4,076	17,47	

T<sub>5</sub> - T<sub>5</sub>

N/V	trav	G + 1,2 P			G + P + $\bar{S}I$			G + P + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			0,8 G + $\bar{S}I$			
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	
4	1-2	-2,065	5,326	-3,957	1,268	5,843	-5,817	-5,316	4,491	-1,939	2,639	2,709	-4,725	-4,746	1,357	0,847	
	2-3	-3,320	0,987	-2,005	-0,344	1,083	-4,541	-6,162	0,755	0,611	0,573	0,637	-3,988	-5,245	0,305	1,165	
	3-4	-2,005	2,158	-0,656	0,611	1,419	-4,555	-4,541	2,765	3,279	1,165	0,755	-4,384	-3,987	2,081	3,461	
3	1-2	-3,858	7,218	-5,61	4,968	8,509	-10,11	-11,802	5,129	-0,7	5,675	5,549	-8,209	-10,495	2,169	1,202	
	2-3	-4,24	1,829	-2,745	2,973	2,068	-8,891	-11,143	1,256	3,603	4,41	1,07	-7,961	-5,706	9,258	4,533	
	3-4	-2,745	2,972	-1,312	3,603	0,922	-11,277	-8,891	4,688	8,749	4,533	-0,304	-10,832	-7,961	3,462	9,194	
2	1-2	-3,952	7,174	-5,631	6,523	8,626	-12,05	-11,137	4,924	1,204	7,862	5,675	-10,145	-12,798	1,973	3,113	
	2-3	-4,207	1,842	-2,745	5,892	2,246	-11,447	-13,99	1,104	6,159	7,318	1,246	-10,517	-12,572	0,104	2,09	
	3-4	-2,745	2,956	-1,353	6,159	0,74	-11,204	-11,447	4,838	11,598	7,09	-0,483	-13,746	-10,517	3,615	12,056	
1	1-2	-3,952	7,174	-5,631	8,107	9,24	-12,71	-16,021	4,71	1,86	9,749	6,289	-10,801	-11,68	1,359	3,769	
	2-3	-4,207	1,842	-2,745	6,875	2,352	-12,217	-11,981	0,998	6,929	8,301	1,352	-11,287	-13,555	-0,002	7,86	
	3-4	-2,745	2,956	-1,353	6,929	-9,106	-16,665	-12,217	7,684	11,053	7,86	-1,329	-16,207	-11,287	4,461	11,518	



T2 - T2

Nix	trav	G+12P			G+P+S <sub>I</sub>			G+P+S <sub>I</sub>			0.8G+S <sub>I</sub>			0.8G+S <sub>I</sub>		
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>
5	1-2	-3.3	8.741	-6.96	-0.334	8.71	-8.7	-6.174	8.08	-4.446	0.64	5.766	-6.77	-3.76	5.136	-2.19
	2-3	-5.06	4.767	-3.203	-1.49	4.871	-6.083	-8.79	4.405	-0.14	0.006	1.026	-5.17	-6.9	0.56	0.799
	3-4	-3.81	3.546	-1.054	-0.192	3.212	-4.418	-6.122	3.618	2.36	0.789	2	-4.109	-5.18	2.416	2.67
4	1-2	-5.049	10.104	-7.55	-1.048	8.463	-12.4	-8.43	10.033	-1.87	1.056	3.45	-6.36	-9.28	5.02	4.286
	2-3	-3.106	8.982	-3.523	3.068	3.029	-10.42	-12.71	2.293	-3.79	5.16	1.202	-9.82	-10.61	0.412	5.22
	3-4	-3.54	4.161	-1.696	3.752	3.513	-9.34	-10.45	4.153	6.138	5.21	1.433	-8.64	-8.98	2.073	6.836
3	1-2	-5.14	9.99	-7.56	0.964	8.134	-7.1	-10.67	10.26	0.801	3.08	3.13	-11.98	-8.56	5.26	3.91
	2-3	-5.055	2.967	-3.52	1.163	3.208	-14.14	-16.72	2.078	7.481	9.244	1.98	-12.63	-14.63	0.249	8.93
	3-4	-3.54	4.144	-1.75	1.46	2.966	-14.16	-14.16	4.666	10.86	8.92	0.89	-13.44	-12.69	2.59	11.58
2	1-2	-5.14	9.99	-7.56	2.43	7.584	-17.67	-12.14	10.81	3.371	4.55	2.579	-14.55	-10	5.81	6.48
	2-3	-5.055	2.967	-3.52	11	3.463	17.47	-20.55	1.823	10.811	13.084	1.635	-16.01	-18.47	-0.005	12.26
	3-4	-3.54	4.144	-1.75	10.79	2.746	-17.93	-17.49	4.886	14.63	12.25	9.67	-17.21	-16.01	2.81	15.34
1	1-2	-5.14	9.99	-7.56	2.744	7.574	-18.00	-12.45	10.82	3.701	4.86	2.57	-14.88	-10.34	5.819	6.81
	2-3	-5.055	2.967	-3.52	14.513	4.308	-17.74	-21.1	0.978	11.1	13.59	2.48	-16.28	-18.98	-0.85	12.53
	3-4	-3.54	4.144	-1.75	11.06	2.416	-17.41	-17.76	5.216	14.1	12.52	-9.34	-16.69	-16.29	3.14	14.82

T6 - T6

Nix	trav	G+12P			G+P+S <sub>I</sub>			G+P+S <sub>I</sub>			0.8G+S <sub>I</sub>			0.8G+S <sub>I</sub>		
		M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>t</sub>	M <sub>e</sub>
4	1-2	-3.336	8.741	-6.55	-0.253	8.684	-8.812	-6.255	8.106	-3.964	0.724	5.711	-6.893	-5.28	5.162	-2.045
	2-3	-5.062	4.767	-3.205	-1.302	4.824	-6.391	-8.57	4.452	0.199	0.181	0.979	-5.823	-9.091	0.607	4.449
	3-4	-3.217	3.546	-1.054	0.127	3.26	-4.602	-6.403	3.57	2.546	4.07	2.053	-4.29	-5.46	2.363	2.855
3	1-2	-5.018	10.104	-7.55	2.63	9.837	-13.32	-12.11	8.166	-0.94	4.694	4.824	-10.22	-10.04	3.646	2.168
	2-3	-4.106	2.95	-3.524	4.466	3.208	-11.456	-14.11	2.048	4.8	6.567	1.387	-10	-12.01	0.227	6.25
	3-4	-3.545	4.161	-1.699	4.78	3.23	-10.73	-14.47	4.332	7.522	6.24	4.254	-10.03	-10.02	2.252	8.22
2	1-2	-5.142	9.99	-7.57	3.362	9.98	-15.8	-15.07	8.415	1.502	7.478	4.977	12.69	-12.96	3.411	4.612
	2-3	-5.06	2.967	-3.524	8.2	3.206	-15.18	-17.75	2.08	8.524	10.28	1.378	-13.731	-15.67	0.252	9.97
	3-4	-3.538	4.144	-1.75	8.51	3.367	-14.40	-15.19	4.265	11.1	9.96	1.29	-13.68	-13.74	2.19	11.82
1	1-2	-5.142	9.99	-7.57	7.413	10.25	-17.32	-17.25	8.15	3.023	9.53	5.242	-14.213	-15	3.15	6.133
	2-3	-5.06	2.97	-3.52	10.48	3.52	-16.83	-20.04	1.763	10.17	12.76	1.69	-15.38	-17.96	-0.06	11.62
	3-4	-3.54	4.144	-1.75	10.16	3.075	-16.63	-16.841	4.557	13.33	14.61	0.999	-15.914	-15.39	2.481	14.05



Efforts tranchants dans les poutres

L<sub>1</sub>-L<sub>1</sub>

Z	k <sub>trav</sub>	G+1,2P		G+P+ $\vec{S}I$		G+P+ $\overleftarrow{S}I$		0,8G+ $\vec{S}I$		0,8G+ $\overleftarrow{S}I$	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
5	1-2	1,974	-2,312	0,388	-3,874	3,538	-0,724	-0,048	-3,363	3,1014	-0,213
	2-3	2,143	-2,143	0,856	-3,406	3,406	-0,856	0,383	-2,93	2,93	-0,382
	3-4	2,312	-4,974	0,724	-3,538	3,874	-0,388	0,213	-3,101	3,363	0,048
4	1-2	2,892	-3,23	-0,651	-6,716	6,373	0,314	-1,93	-5,95	5,69	1,059
	2-3	3,064	-3,064	0,019	-6,05	6,05	-0,019	-0,406	-5,32	5,32	0,406
	3-4	3,23	-2,892	-0,314	-6,378	6,718	0,651	-1,079	-5,69	5,95	1,335
3	1-2	2,899	-3,227	-2,129	-8,196	7,87	1,804	-2,816	-7,143	7,18	2,586
	2-3	3,064	-3,064	-6,551	-6,62	6,62	0,551	-1,277	-5,89	5,89	1,277
	3-4	3,227	-2,899	-1,804	-7,87	8,196	2,129	-2,568	-7,18	7,34	0,162
2	1-2	2,899	-3,217	-3,80	-9,867	9,54	3,476	-4,48	-9,1	3,856	4,124
	2-3	3,064	-3,064	-2,786	-8,85	8,85	2,786	-3,51	-8,13	8,13	3,51
	3-4	3,227	-2,899	-3,476	-9,543	9,868	3,8	-4,24	-8,85	9,1	4,1488
1	1-2	2,899	-3,227	-3,899	-9,966	9,64	3,57	-4,586	-9,2	8,95	4,938
	2-3	3,064	-3,064	-2,66	-8,73	8,734	2,66	-3,39	-8,100	8,60	3,39
	3-4	3,227	-2,899	-3,574	-9,64	9,966	3,899	-4,738	-8,95	9,20	4,586

L<sub>2</sub>-L<sub>2</sub>

Z	k <sub>trav</sub>	G+1,2P		G+P+ $\vec{S}I$		G+P+ $\overleftarrow{S}I$		0,8G+ $\vec{S}I$		0,8G+ $\overleftarrow{S}I$	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
5	1-2	1,234	-1,44	-0,332	-2,962	2,758	0,128	-0,66	-2,587	2,43	0,153
	2-3	1,328	-1,327	0,16	-2,45	2,45	0,16	-0,19	-2,1	2,1	0,19
	3-4	1,44	-1,234	-0,128	-2,758	2,962	0,332	-0,513	-2,43	2,577	0,66
4	1-2	1,402	-1,567	-2,028	-4,88	4,92	1,87	-2,52	-4,33	4,23	2,107
	2-3	1,573	-1,977	-1,806	-4,638	4,73	1,96	-2,42	-4,22	4,18	2,31
	3-4	2,94	-2,723	-0,585	-5,95	6,16	0,798	-1,775	-4,85	4,55	0,325
3	1-2	1,405	-1,56	-3,472	-6,82	6,672	3,82	-4,465	-6,27	6,178	4,37
	2-3	1,396	-1,55	-3,77	-6,61	6,46	3,63	-4,26	-6,05	5,98	4,13
	3-4	4,346	-4,065	-1,23	-9,15	9,41	1,43	-3,066	-7,43	7,58	3,22
2	1-2	1,405	-1,56	-5,00	-7,85	7,70	4,85	-5,49	-7,302	7,21	5,396
	2-3	1,396	-1,55	-4,9	-7,735	7,59	4,755	-5,38	-7,18	7,11	5,31
	3-4	4,346	-4,665	-2,26	-10,17	10,44	2,54	-4,094	-8,115	8,61	4,26
1	1-2	1,405	-1,56	-3,15	-8,00	7,85	5,00	-5,64	-7,45	7,36	5,54
	2-3	1,396	-1,55	-4,95	-7,74	7,64	4,81	-5,44	-7,235	7,16	5,36
	3-4	4,346	-4,065	-2,41	-10,32	10,59	2,67	-4,24	-8,6	8,756	1,7



L5-L5

N	i-j	G + 1.2P		G + P + SI		G + P + SI		0.8G + SI		0.8G + SI	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	1.995	-2.312	0.662	-3.601	3.266	-0.997	0.22	-3.1	2.83	-0.49
	2-3	2.144	-2.144	1.082	-3.182	3.182	-1.082	0.608	-2.71	2.71	-0.61
	3-4	2.144	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	2.144	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	2.144	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	2.312	-1.995	1.573	-3.27	4.177	-0.66	0.486	-2.83	3.1	-0.22
3	1-2	2.89	-3.23	-0.33	-6.39	6.064	-0.012	-1.01	-5.62	5.37	0.753
	2-3	3.064	-3.06	0.29	-5.77	5.77	-0.3	-0.43	-5.05	5.05	0.431
	3-4	3.064	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	3.064	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	3.064	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	3.232	-2.89	0.012	-6.05	6.39	0.32	-0.75	-5.37	5.62	1.01
2	1-2	2.9	-3.22	-1.59	-7.65	7.33	1.26	-2.27	-6.89	6.643	2.026
	2-3	3.064	-3.064	-0.76	-6.83	6.83	0.76	-1.49	-6.11	6.11	1.49
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	3.227	-2.9	-1.26	-7.33	7.65	1.58	-2.02	-6.64	6.89	2.026
1	1-2	2.9	-3.22	-2.09	-8.15	7.83	1.76	-2.77	-7.39	7.149	2.53
	2-3	3.064	-3.064	-1.27	-7.34	7.34	1.271	-1.99	-6.64	6.64	1.99
	3-4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	3.227	-2.9	-1.76	-7.83	8.154	2.09	-2.53	-7.14	7.39	2.77

L6-L6

N	i-j	G + 1.2P		G + P + SI		G + P + SI		0.8G + SI		0.8G + SI	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	1.23	-1.44	-0.11	-2.74	2.74	-0.09	-0.44	-2.36	2.21	0.23
	2-3	1.33	-1.33	0.038	-2.57	2.57	-0.04	-0.32	-2.22	2.22	0.318
	3-4	"	"	"	-2.57	"	-0.04	-0.32	-2.22	2.22	0.32
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6-7	1.44	-1.23	0.09	-2.54	2.74	0.113	-0.23	-2.22	2.36	0.443
3	1-2	1.404	-1.57	-0.72	-4.57	4.44	1.56	-2.21	-4.02	3.92	2.112
	2-3	1.43	-1.52	-0.59	-4.42	4.34	1.51	-2.09	-3.89	3.84	2.05
	3-4	2.83	-2.83	-0.28	-5.64	5.64	0.281	-1.13	-4.5	4.5	1.43
	4-5	1.57	-1.435	-1.51	-4.35	4.42	1.59	-2.05	-3.84	3.88	2.09
	5-6	1.47	-1.48	-1.55	-4.381	4.381	1.55	-2.07	-3.86	3.86	2.07
	6-7	1.56	-1.40	-1.56	-4.414	4.57	1.72	-2.112	-3.92	4.02	-2.21
2	1-2	1.407	-1.56	-3.06	-5.91	5.76	2.91	-3.55	-5.36	5.26	3.45
	2-3	1.396	-1.55	-2.98	-5.82	5.67	2.84	-3.46	-5.26	5.19	3.39
	3-4	4.178	-4.178	-0.4	-8.26	8.26	0.4	-2.16	-6.5	6.5	2.16
	4-5	1.55	-1.4	-2.84	-5.8	5.8	3.06	-3.39	-5.19	5.26	3.46
	5-6	1.47	-1.47	-2.91	-5.74	5.74	2.91	-3.43	-5.22	5.22	3.43
	6-7	1.56	-1.41	-2.9	-5.76	5.91	3.05	-3.45	-5.26	5.36	3.55
1	1-2	1.407	-1.56	-3.62	-6.48	6.33	3.48	-4.12	-5.93	5.84	4.02
	2-3	1.4	-1.55	-3.64	-6.46	6.32	3.48	-4.12	-5.92	5.844	4.05
	3-4	4.178	-4.18	-1.05	-8.92	8.92	1.05	-2.81	-7.14	7.14	2.81
	4-5	1.56	-1.4	-3.48	-6.32	6.46	3.64	-4.05	-5.844	5.92	4.12
	5-6	1.478	-1.48	-3.56	-6.4	6.4	3.56	-4.08	-5.87	5.87	4.08
	6-7	1.56	-1.41	-3.47	-5.91	6.48	3.62	-4.02	-5.84	5.94	4.12



T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

NIV	Crov	G+1,2P		G+P+ $\vec{S}I$		G+P+ $\overleftarrow{S}I$		98G+ $\vec{S}I$		98G+ $\overleftarrow{S}I$	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
5	1-2	5,313	-5,98	4,357	-6,71	6,057	-5,01	2,89	-5,06	4,59	-3,6
	2-3	4,00	-3,288	2,737	-4,415	5,12	-2,031	1,63	-3,51	4,013	-1,123
	3-4	4,017	-3,28	2,45	-4,70	5,42	-1,727	1,34	-3,79	4,315	-0,821
4	1-2	7,416	-8,037	5,679	-9,21	8,611	-6,277	3,166	-6,48	6,1	-3,55
	2-3	5,4056	-4,58	2,08	-7,54	8,33	-1,28	0,1	-5,99	6,65	0,267
	3-4	5,58	-4,600	1,436	-8,18	8,93	-0,68	-0,388	-6,62	7,11	0,878
3	1-2	7,43	-8,02	4,94	-9,96	9,38	-5,52	2,42	-7,23	6,86	-2,79
	2-3	5,40	-4,57	0,278	-9,34	10,13	0,523	-1,55	-7,78	8,306	2,074
	3-4	5,379	-4,61	-0,542	-10,16	10,89	1,28	-2,36	8,59	9,075	2,841
2	1-2	7,43	-8,02	4,32	-10,58	10,00	-4,90	1,8	-7,89	7,48	-2,12
	2-3	5,40	-4,57	-0,952	-10,57	11,37	1,753	-2,78	-9,016	9,53	3,0
	3-4	5,375	-4,61	-2,12	-11,74	12,47	2,86	-3,945	-10,18	1,1	4,42
1	1-2	7,43	-8,02	4,178	-10,72	10,14	-4,76	1,66	-8,00	7,62	-2,031
	2-3	5,40	-4,57	-1,532	-11,15	11,95	2,33	-3,36	-9,59	10,12	3,884
	3-4	5,375	-4,61	-2,72	-12,34	13,07	3,46	-4,54	-10,78	11,25	5,02

T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

NIV	Crov	G+1,2P		G+P+ $\vec{S}I$		G+P+ $\overleftarrow{S}I$		0,8G+ $\vec{S}I$		0,8G+ $\overleftarrow{S}I$	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
5	1-2	9,15	-9,745	7,986	-10,37	9,72	-8,64	5,012	-7,51	6,75	-5,28
	2-3	6,400	-5,358	5,24	-6,84	7,56	-3,617	2,76	-5,26	5,978	-2,06
	3-4	6,52	-5,32	4,76	-6,78	7,96	3,59	2,898	-5,77	6,1	0,1
4	1-2	9,66	-10,46	7,64	-11,46	10,62	-8,48	3,66	-7,12	6,64	-4,14
	2-3	6,907	-6,033	2,78	-9,44	10,26	-1,95	-0,06	-6,95	7,42	0,524
	3-4	7,026	-6,01	2,92	-9,38	10,34	-1,966	0,034	-6,91	7,45	0,506
3	1-2	9,693	-10,53	6,85	-12,25	11,45	-7,66	2,867	-7,92	7,46	-3,33
	2-3	6,894	-6,048	0,823	-11,400	12,19	-9,025	-2,015	-8,91	9,36	2,46
	3-4	7,015	-6,022	0,795	-11,52	12,45	0,142	-2,09	-9,041	9,57	2,618
2	1-2	9,693	-10,53	8,19	-12,91	12,11	-6,99	2,202	-8,58	8,12	-2,00
	2-3	6,894	-6,068	-0,97	-13,19	14,00	1,768	-3,808	-10,82	11,15	4,37
	3-4	7,015	-6,022	-0,975	-13,28	14,22	1,91	-3,86	-10,81	11,34	4,389
1	1-2	9,693	-10,53	6,078	-13,02	12,22	-6,88	2,087	-8,699	8,24	-4,55
	2-3	6,894	-6,048	-0,8	-13,022	13,82	1,59	-3,638	-10,53	10,98	4,086
	3-4	7,015	-6,022	-0,955	-12,86	13,81	1,49	-3,44	-10,39	10,92	3,968



T<sub>5</sub>-T<sub>5</sub>

N <sup>o</sup> /V	trav	G+1,2A		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	5,313	-5,983	4,323	-6,735	6,067	-4,982	2,868	-9,083	4,612	-3,339
	2-3	4,010	-3,285	2,558	-4,594	5,5	-4,852	-1,452	-3,616	4,193	-0,944
	3-4	4,028	-3,280	2,312	-4,839	5,562	-4,589	-1,203	-3,933	4,453	-0,685
3	1-2	3,447	-8,038	5,014	-9,876	3,278	-5,612	2,5	-7,152	6,764	-2,887
	2-3	5,403	-4,583	1,873	-7,742	8,532	-1,089	0,048	-6,188	6,70	+0,465
	3-4	5,385	-4,539	1,123	-8,496	3,253	-0,366	-0,703	-6,937	7,428	+1,193
2	1-2	3,430	-8,026	4,332	-10,559	3,985	-4,905	-1,813	-7,838	7,467	-2,184
	2-3	5,393	-4,592	0,509	-9,11	5,883	+0,264	-1,719	-7,554	8,055	-1,820
	3-4	5,372	-4,611	-0,25	-9,868	10,602	+0,984	-	-8,3-	-	-2,547
1	1-2	7,430	-8,026	3,908	-10,982	10,408	-4,482	-1,39	-8,262	7,89	-2,702
	2-3	5,393	-4,592	0,07	-9,549	10,322	0,703	-1,758	-7,993	8,494	2,259
	3-4	5,372	-4,611	-2,098	-10,676	11,44	2,792	-2,829	-9,113	9,589	3,355

T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

N <sup>o</sup> /V	trav	G+1,2A		G+P+SI		G+P+SI		0,8G+SI		0,8G+SI	
		T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>	T <sub>w</sub>	T <sub>e</sub>
4	1-2	8,520	-9,763	7,505	-10,428	+9,323	-8,62	2,48	-7,566	6,788	-5,759
	2-3	6,320	-5,368	4,516	-6,962	+7,968	-3,51	2,641	-5,389	6,093	-1,935
	3-4	6,520	-5,327	4,65	-6,906	+8,07	-3,486	2,740	-5,345	6,160	-2,925
3	1-2	9,661	-10,562	6,862	-12,234	11,384	-7,712	2,888	-7,889	7,410	-3,367
	2-3	6,92	-6,032	8,172	-10,05	10,880	-1,342	-0,672	-7,569	8,036	1,139
	3-4	7,032	-6,010	2,326	-9,99	10,954	-1,362	-0,566	-7,518	8,062	1,11
2	1-2	9,693	-10,547	6,008	-13,06	12,30	-6,816	2,017	-8,770	8,307	-2,480
	2-3	6,894	-6,049	0,302	-11,92	12,728	0,496	-1,736	-9,452	10,68	2,984
	3-4	7,014	-6,028	0,473	-11,843	12,775	0,459	-2,411	-9,363	9,891	2,939
1	1-2	9,693	-10,547	5,412	-13,702	12,894	-6,22	1,421	-9,364	8,903	-2,884
	2-3	6,894	-6,049	-0,68	-12,912	13,7	1,478	-2,718	-10,414	11,662	3,966
	3-4	7,014	-6,028	-0,479	-12,812	13,744	1,428	-3,78	-10,332	10,86	3,903



Moments dans Les poteaux

L1-L1

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G + $\vec{S}I$		0,8G + $\overleftarrow{S}I$		G+P+1,2 $\vec{S}I$		G+P+1,2 $\overleftarrow{S}I$	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
5	1	0,561	-0,502	4,184	-2,48	-3,315	1,721	5,058	-3,017	-3,94	2,023
	2	0	0	5,1	-3,51	-5,1	3,51	6,12	-4,21	-6,12	4,21
	3	0	0	5,1	-3,51	-5,1	3,51	6,12	-4,21	-6,12	4,21
	4	0,561	-0,502	4,184	-2,48	-3,315	1,721	5,058	-3,017	-3,94	2,023
4	1	0,564	-0,543	6,339	-5,24	-5,52	4,42	7,674	-5,377	-6,557	4,283
	2	0	0	8,55	-3,64	-8,55	3,64	10,26	-4,37	-10,26	4,368
	3	0	0	8,55	-3,64	-8,55	3,64	10,26	-4,368	-10,26	4,368
	4	0,564	-0,543	6,339	-5,24	-5,52	4,42	7,674	-5,377	-6,557	4,283
3	1	0,545	-0,543	8,419	-6,93	-7,6	6,11	10,775	-9,697	-9,697	9,697
	2	0	0	10,7	-10,7	-10,7	10,7	12,84	-12,84	-12,84	12,84
	3	0	0	10,7	-10,7	-10,7	10,7	12,84	-12,84	-12,84	12,84
	4	0,545	-0,543	8,419	-6,93	-7,6	6,11	10,775	-9,697	-9,697	9,697
2	1	0,545	-0,543	8,12	-8,93	-7,6	8,12	10,775	-10,774	-9,697	9,697
	2	0	0	12,58	-12,6	-12,58	12,6	15,096	-15,12	-16,17	15,12
	3	0	0	12,58	-12,6	-12,58	12,6	15,096	-15,12	-16,17	15,12
	4	0,545	-0,543	8,12	-8,93	-7,6	8,12	10,775	-10,774	-9,697	9,697
1	1	0,545	-0,441	7,59	-12,4	-6,77	13,05	9,155	-15,71	-8,076	14,84
	2	0	0	10,2	-14,7	-10,2	14,7	12,24	-17,64	-12,24	17,64
	3	0	0	10,2	-14,7	-10,2	14,7	12,24	-17,64	-12,24	17,64
	4	0,545	-0,441	7,59	-12,4	-6,77	13,05	9,155	-15,71	-8,076	14,84

L2-L2

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G + $\vec{S}I$		0,8G + $\overleftarrow{S}I$		G+P+1,2 $\vec{S}I$		G+P+1,2 $\overleftarrow{S}I$	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
5	1	0,347	-0,24	3,478	-1,943	-2,981	1,655	4,217	-2,029	-3,535	1,57
	2	0	-0,003	5,9	-3,6	-5,9	3,598	7,07	-7,08	-7,08	4,316
	3	0	-0,004	5,9	-3,69	-5,9	3,504	7,08	-4,511	-7,08	4,11
	4	0,347	-0,245	3,478	-1,944	-2,981	1,655	4,217	-2,026	-3,535	1,734
4	1	0,271	-0,261	5,264	-4,31	-4,935	3,991	6,38	-5,23	-5,26	4,729
	2	0,0031	-0,003	9,602	-7,88	-9,598	7,879	11,523	-9,46	-11,52	9,46
	3	0,228	-0,441	9,707	-8,086	-9,493	7,99	11,73	-9,86	-11,91	9,045
	4	0,512	-0,729	5,377	-4,53	-4,812	3,771	6,605	-4,837	-5,635	3,463
3	1	0,261	-0,261	7,059	-5,76	-6,74	5,441	8,53	-6,97	-8,03	6,469
	2	0,001	-0,004	12,602	-11,1	-12,598	11,03	15,12	-13,23	-15,11	13,316
	3	0,442	-0,441	12,81	-13,07	-12,393	10,893	15,53	-13,13	-14,71	12,9
	4	0,734	-0,729	7,28	-5,978	-6,578	5,221	8,971	-7,407	-7,589	6,033
2	1	0,261	-0,261	7,479	-7,48	-7,479	7,479	9,035	-9,035	-9,035	9,035
	2	0,001	-0,004	13,88	-13,88	-13,87	13,87	16,66	-16,66	-16,65	16,65
	3	0,442	-0,441	14,087	-14,08	-13,673	13,673	17,06	-17,06	-17,06	17,06
	4	0,734	-0,729	7,701	-7,698	-6,938	6,942	9,475	-9,47	-8,022	8,02
1	1	0,261	-0,24	7,059	-5,76	-5,941	10,603	7,57	-7,003	-7,003	7,003
	2	0,001	-0,001	11,331	-13,11	-11,328	13,108	13,599	-22,93	-13,59	22,93
	3	0,442	-0,312	11,573	-13,214	-11,122	13,00	14,00	-23,21	-13,18	23,165
	4	0,734	-0,601	6,482	-11,04	-5,718	10,492	8,011	-13,48	-6,629	12,36



L5-L5

Moments dans Les poteaux

L6-L6

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
		Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp
4	T5	0,562	-502	3,544	-2,536	-2,672	1,78	4,286	-3,087	-3,169	2,09
	6	0	0	4,182	-3,566	-4,182	3,566	3,019	-4,279	-5,02	4,28
	7	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	8	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	10	0	0	3,106	-2,158	-3,106	2,158	3,727	-2,59	-3,43	2,59
	M	0,562	-0,502	3,544	-2,536	-2,672	1,78	4,286	-3,087	-3,17	2,09
3	T5	0,564	-0,544	5,542	-4,597	-4,92	3,777	6,699	-5,563	-5,58	4,486
	6	0	0	7,393	-6,304	-7,39	6,304	8,872	-7,565	-8,87	7,56
	7	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	8	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	10	0	0	5,117	-4,187	-5,117	4,183	6,141	-5,024	-6,141	-5,24
	M	0,564	-0,544	5,542	-4,597	-4,92	3,777	6,699	-5,56	-5,58	4,486
2	T5	0,544	-0,544	6,456	-6,456	-5,636	5,636	7,794	-7,79	-6,72	6,717
	6	0	0	8,901	-8,901	-8,901	8,901	10,681	-10,68	-10,68	10,68
	7	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	8	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	10	0	0	6,046	-6,046	-6,046	6,046	7,255	-7,25	-7,25	-7,25
	M	0,544	-0,544	6,456	-6,456	-5,636	5,636	7,794	-7,79	-6,72	6,72
1	T5	0,544	-0,442	5,586	-5,94	-4,766	9,284	6,749	-11,97	-5,67	11,1
	6	0	0	8,92	-10,168	-8,92	10,163	9,984	-12,20	-9,98	12,2
	7	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	8	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	9	0	0	"	"	"	"	"	"	"	"
	10	0	0	5,176	-9,612	-5,176	9,612	6,211	-14,53	-6,211	14,53
	M	0,544	-0,442	5,586	-5,94	-4,766	9,284	6,749	-11,97	-5,67	11,1

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
		Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp	Maxp	Minp
4	T5	0,343	-0,241	0,14	-1,99	-2,516	1,702	3,66	-2,45	-2,97	1,987
	6	0,009	-0,003	0,74	-3,67	-5,07	3,67	6,09	-4,407	-6,077	4,401
	7	0	-0,205	0,071	-3,766	-5,071	3,574	6,085	-4,59	-6,085	4,213
	8	0	-0,205	"	-3,766	"	3,574	6,085	-4,59	-6,085	4,213
	9	0	0	"	-3,67	"	3,67	6,085	-4,41	-6,08	4,41
	10	0,009	-0,003	0,765	-4,848	-2,765	1,848	3,318	-2,22	-3,318	2,215
	M	0,343	-0,241	0,14	-1,99	-2,516	1,702	3,66	-2,45	-2,98	1,987
3	T5	0,271	-0,261	4,651	-3,83	-4,921	3,512	5,643	-3,92	-5,123	3,42
	6	0,003	-0,003	8,19	-7,262	-8,19	7,259	9,83	-8,715	-9,825	8,71
	7	0,229	-0,444	8,297	-7,17	-8,083	7,052	10,041	-9,126	-9,615	8,299
	8	0,229	-0,444	8,297	-7,168	-8,083	7,052	10,04	-9,125	-9,615	8,299
	9	0	0	8,19	-7,26	-8,19	7,26	9,83	-8,712	-9,83	8,712
	10	0,003	-0,003	4,486	-3,671	-4,486	3,671	5,383	-4,41	-5,383	4,402
	M	0,271	-0,261	4,651	-3,83	-4,921	3,512	5,643	-3,92	-5,38	3,42
2	T5	0,261	-0,261	5,416	-5,46	-5,41	5,41	6,611	-6,611	-6,109	6,109
	6	0,003	-0,003	10,04	-10,04	-10,04	10,039	12,05	-12,05	-12,05	12,05
	7	0,444	-0,444	10,25	-10,25	-9,83	9,83	12,46	-12,46	-11,64	11,64
	8	0,444	-0,444	10,25	-10,25	-9,83	9,83	12,46	-12,46	-11,64	11,64
	9	0	0	10,04	-10,04	-10,04	10,04	12,05	-12,05	-12,05	12,05
	10	0,003	-0,003	5,3	-5,3	-5,3	5,299	6,36	-6,36	-6,36	6,36
	M	0,261	-0,261	5,416	-5,46	-5,41	5,41	6,611	-6,611	-5,109	5,109
1	T5	0,261	-0,271	4,791	-8,373	-4,473	8,04	5,81	-10,108	+5,702	9,59
	6	0,003	-0,003	9,89	-12,73	-9,89	12,73	11,87	-15,28	-11,87	15,27
	7	0,444	-0,221	10,096	-12,83	-9,68	12,624	12,28	-15,48	-11,45	15,07
	8	0,444	-0,221	10,096	-12,83	-9,68	12,624	12,28	-15,48	-11,45	15,07
	9	0	0	9,89	-12,73	-9,89	12,73	11,87	-15,28	-11,87	15,27
	10	0,003	-0,003	4,63	-8,21	-4,63	8,204	5,56	-9,85	-5,56	9,844
	M	0,261	-0,271	4,791	-8,373	-4,473	8,039	5,81	-10,11	-5,31	9,586



### Moments dans Les poteaux

T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
5	1	2,106	-1,81	4,776	-3,08	-1,864	0,819	6,01	-4,083	-1,958	0,597
	2	0,64	-0,65	11,899	-4,048	-4	3,232	5,966	-4,995	-4,414	3,711
	3	0	0	4,20	-3,86	-4,20	3,86	5,04	-4,632	-5,04	4,632
	4	0,654	-0,559	4,311	-3,036	-3,389	2,284	5,26	-3,204	-3,979	2,116
4	1	2,041	-1,973	6,627	-5,53	-4,072	3,128	8,387	-7,133	-4,453	3,371
	2	0,725	-0,706	7,864	-7,88	-6,956	7	9,591	-9,608	-8,193	8
	3	0	0	7,9	-7,9	-7,9	7,9	9,48	-9,48	-9,48	9,48
	4	0,643	-0,677	6,884	-5,954	-6,015	5,106	8,366	-7,289	-7,114	5,983
3	1	1,945	-1,973	7,492	-7,492	-5,028	5,028	9,413	-9,413	-9,413	9,413
	2	0,706	-0,706	10,44	-10,44	-9,56	9,56	12,68	-12,68	-12,68	12,68
	3	0	0	10,66	-10,66	-10,66	10,66	12,79	-12,79	-12,79	12,79
	4	0,677	-0,677	8,524	-8,524	-7,676	7,676	10,37	-10,37	-10,37	10,37
2	1	1,943	-1,943	8,93	-8,524	-6,468	8,524	11,14	-11,14	-7,339	7,339
	2	0,706	-0,706	12,21	-12,21	-11,33	11,33	14,804	-14,804	-14,804	14,804
	3	0	0	12,51	-12,51	-12,51	12,51	15,012	-15,012	-15,012	15,012
	4	0,677	0,677	9,944	-9,944	-9,096	9,096	12,077	-12,077	-12,077	12,077
1	1	1,943	-2,04	8,232	-13,18	-5,768	10,614	10,701	-13,868	-6,499	9,930
	2	0,706	-1,12	11,44	-14,19	-10,56	12,7	13,88	-17,206	-12,52	15,07
	3	0	0	14,1	-4,1	-14,1	14,1	16,92	-16,92	-16,92	16,92
	4	0,677	-0,697	9,224	-13,1	-8,376	12,22	12,21	-15,86	-9,907	14,519

T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
5	1	3,336	-2,356	5,197	-2,976	-0,643	0,644	6,758	-4,289	-0,52	0,161
	2	1,523	-1,149	6,79	-4,602	-4,71	3,378	8,386	-2,805	-5,415	0,635
	3	0,013	-0,01	5,98	-4,505	-5,96	4,49	7,176	-5,41	-7,151	5,391
	4	1,046	-0,796	4,11	-2,765	-2,671	1,915	5,09	-3,56	-3,046	2,056
4	1	2,662	-2,57	5,86	-4,98	-3,02	2,238	7,842	-6,759	-2,814	1,905
	2	1,295	-1,26	9,84	-8,47	-8,469	7,128	12,215	-8,99	-9,769	6,611
	3	0,011	-0,011	9,7	-8,605	-9,694	8,59	11,65	-10,33	-11,63	10,7
	4	0,901	-0,874	5,38	-5,056	-4,92	4,123	7,371	-6,334	-5,777	5,777
3	1	2,569	-2,569	7,47	-6,77	-4,729	4,029	9,771	-8,91	-4,893	8,91
	2	1,258	-1,258	12,77	-12,77	-11,43	11,43	17,709	-15,709	-13,33	13,33
	3	0,011	-0,011	13,025	-13,025	-13,01	13,01	15,63	-15,63	-13,33	13,33
	4	0,875	-0,875	8,386	-8,386	-7,453	7,453	10,33	-10,33	-8,678	8,678
2	1	2,569	-2,569	8,12	-8,12	-5,379	5,379	10,527	-10,527	-5,673	5,673
	2	1,258	-1,258	14,872	-14,872	-13,528	13,528	18,25	-18,23	-15,85	15,85
	3	0,011	-0,011	15,275	-15,275	-15,264	15,264	18,33	-18,93	-18,31	18,31
	4	0,875	-0,875	8,826	-8,826	-7,894	7,894	10,85	-10,85	-9,206	9,206
1	1	2,569	-2,569	7,29	-11,47	-4,55	8,729	9,53	-14,55	-4,677	9,65
	2	1,258	-1,258	13,622	-13,55	-12,278	12,208	16,729	-22,64	-14,35	20,264
	3	0,011	-0,011	10,65	-21,62	-10,64	21,61	12,79	-25,95	-12,77	21,77
	4	0,875	-0,875	7,867	-11,15	-6,334	10,22	9,706	-13,65	-8,054	12,002



T<sub>5</sub>-T<sub>5</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2 P		0,8G+5I		0,8G+5I		G+P+1,25I		G+P+1,25I	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
4	1	+2,069	-1,811	4,746	-3,61	-3,292	1,347	5,944	-4,718	-1,926	1,229
	2	0,696	-2,454	5,299	-4,137	-4,399	3,586	6,445	-5,381	-5,193	4,143
	3	0	0	5,152	-4,215	-4,152	4,215	6,183	-5,058	-6,183	5,058
	4	0,696	-0,617	4,984	-3,594	-3,461	2,824	5,35	-4,445	-4,064	3,257
3	1	2,047	-1,976	6,885	-5,821	-4,329	3,353	8,701	-7,408	-4,756	3,6
	2	0,727	-0,711	8,249	-8,239	-7,341	7,351	10,054	-10,099	-8,654	8,669
	3	0	0	8,279	-8,279	-8,279	8,279	9,985	-9,935	-8,535	9,935
	4	0,693	-0,677	7,279	-6,223	-5,371	5,379	8,833	-7,613	-7,497	6,309
2	1	1,976	-1,976	6,977	-6,978	-4,503	4,503	8,796	-8,796	-4,988	4,988
	2	0,711	-0,711	9,224	-9,224	-8,336	8,336	11,221	-11,221	-9,851	9,851
	3	0	0	9,326	-9,326	-9,326	9,326	11,191	-11,191	-11,191	11,191
	4	0,677	-0,677	7,522	-7,522	-6,678	6,678	9,172	-9,172	-7,868	7,868
1	1	1,976	-2,041	7,705	-10,992	-5,297	8,42	9,669	-13,616	-9,861	9,678
	2	0,711	-0,734	9,878	-11,999	-8,99	11,069	12,006	-14,545	-10,636	13,120
	3	0	0	9,82	-12,002	-9,82	12,002	11,784	-14,402	-11,784	14,402
	4	0,677	-0,699	8,685	-10,54	-7,84	9,66	10,566	-12,794	-9,262	11,446

T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2 P		0,8G+5I		0,8G+5I		G+P+1,25I		G+P+1,25I	
		M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>
4	1	3,937	-2,356	5,279	-3,515	-9,723	1,003	6,856	-4,936	-9,346	0,486
	2	1,524	-1,148	7,1	-5,573	-3,02	4,349	8,759	-7,037	-5,785	4,863
	3	0,013	-9,010	6,539	-5,347	-6,521	5,337	7,849	-9,419	-7,823	6,401
	4	1,054	-0,848	4,293	-3,391	-2,855	2,459	7,317	-4,314	-3,261	2,706
3	1	2,664	-2,59	6,53	-5,551	-3,69	2,813	8,648	-7,444	-9,616	2,59
	2	1,295	-1,259	11,21	-9,641	-9,829	8,297	13,846	-11,952	-11,4	9,574
	3	0,0106	-0,011	10,921	-10,075	-10,910	10,063	13,108	-12,093	-13,088	12,073
	4	1,052	-0,875	6,205	-5,753	-6,194	4,821	8,291	-7,17	-6,589	7,518
2	1	2,57	-2,57	7,408	-7,41	-4,667	4,666	9,672	-9,671	-4,817	4,817
	2	1,258	-1,259	13,334	-13,354	-11,99	11,99	16,383	-16,383	-14,006	14,006
	3	0,012	-0,014	13,386	-13,639	-13,627	13,627	16,37	-16,37	-16,37	16,37
	4	0,875	-0,875	7,93	-7,929	-6,997	6,997	9,782	-9,782	-8,13	8,13
1	1	2,57	-2,705	7,601	-10,321	-4,861	7,365	9,904	-13,174	-5,05	8,05
	2	1,259	-1,437	13,449	-16,423	-12,095	14,795	16,514	-20,098	-14,196	17,564
	3	0,012	-0,011	13,372	-16,327	-13,36	16,315	16,049	-19,596	-16,029	19,576
	4	0,875	-0,922	7,985	-9,693	-7,053	8,685	9,848	-11,9	-8,196	10,154



Efforts normaux dans Les poteaux

L<sub>1</sub>-L<sub>1</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+5I		0,8G+5I		G+P+1,25I		G+P+1,25I	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
5	1	4,974	4,974	-0,048	-0,048	3,101	3,101	0,073	0,073	3,853	3,853
	2	4,454	4,454	3,745	3,745	3,145	3,145	4,79	4,79	4,07	4,07
	3	4,454	4,454	3,145	3,145	3,745	3,745	4,07	4,07	4,79	4,79
	4	4,974	4,974	3,101	3,101	-0,048	-0,048	3,853	3,853	0,073	0,073
4	1	2,885	4,865	-2,336	-2,336	5,694	8,795	-2,354	-2,282	7,08	10,934
	2	6,296	10,752	5,2448	8,992	4,245	7,39	6,835	11,627	5,635	9,707
	3	6,296	10,752	4,245	7,39	5,2448	8,992	5,635	9,707	6,835	14,627
	4	2,885	4,865	5,694	8,795	-2,336	-1,380	7,082	10,934	-2,355	-1,282
3	1	2,885	7,765	-2,816	-4,202	7,184	15,97	-3,127	-4,410	8,872	19,866
	2	6,291	17,043	6,156	19,89	3,325	15,46	7,928	19,55	4,532	14,24
	3	6,291	17,043	3,325	15,46	6,156	19,89	4,532	14,239	7,928	19,55
	4	2,885	7,765	7,184	15,87	-2,816	-4,202	8,872	19,866	-2,129	-4,410
2	1	2,885	10,66	-4,488	-8,686	8,856	24,83	-5,135	-9,543	10,877	30,68
	2	6,291	23,34	5,593	20,74	3,888	14,61	7,252	26,81	5,7	11,45
	3	6,291	23,34	3,880	14,61	5,593	20,74	5,208	10	7,252	26,82
	4	2,889	10,66	8,856	24,83	-4,488	-8,686	10,877	30,682	-5,135	-9,543
1	1	2,899	13,564	-4,586	-13,27	8,854	33,78	-5,253	-14,796	10,99	41,636
	2	6,291	29,634	5,811	26,56	3,671	18,28	7,514	39,06	4,946	29,135
	3	6,291	29,634	3,671	18,28	5,811	26,56	4,946	29,135	7,514	39,06
	4	2,899	13,564	8,954	33,78	-4,586	-13,27	10,99	41,676	-5,253	-14,796

L<sub>2</sub>-L<sub>2</sub>

NIV	Poteaux	G+1,2P		0,8G+5I		0,8G+5I		G+P+1,25I		G+P+1,25I	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
5	1	1,235	1,235	-0,662	-0,662	2,428	2,428	-0,641	-0,641	3,067	3,067
	2	2,771	2,771	2,383	2,383	2,583	2,583	3,202	3,202	2,242	2,242
	3	2,771	2,771	2,583	2,583	2,383	2,383	2,242	2,242	3,202	3,202
	4	1,235	1,235	2,428	2,428	-0,662	-0,662	3,067	3,067	-0,641	-0,641
4	1	1,403	2,638	-2,521	-3,183	4,229	6,677	-2,703	-3,344	5,397	8,1464
	2	3,140	5,911	2,909	4,291	2,759	3,341	3,089	6,292	2,910	5,149
	3	3,3244	6,095	2,642	3,224	2,792	4,174	3,038	5,28	3,218	4,42
	4	2,723	3,959	4,853	7,282	-1,897	-2,559	6,627	9,695	-2,473	-2,113
3	1	1,406	4,043	-4,463	-7,645	6,177	12,834	-5,034	-8,378	7,734	16,198
	2	2,961	8,872	2,0144	6,305	2,6144	4,955	3,085	9,376	2,605	7,716
	3	5,900	14,997	2,991	6,2154	3,391	7,565	5,342	10,623	5,822	12,24
	4	4,065	8,024	7,424	14,71	-3,216	-5,775	10,21	19,905	-2,558	-4,671
2	1	1,4058	5,45	-5,493	-13,15	7,207	20,05	-6,27	-14,66	8,97	25,177
	2	2,960	11,832	2,919	8,225	1,709	6,665	2,971	12,347	2,719	10,475
	3	5,900	17,897	3,086	9,301	3,296	10,862	5,156	16,079	5,708	17,952
	4	4,065	12,087	8,454	23,169	-4,246	-10,03	11,45	32,36	-3,794	-8,479
1	1	1,4058	6,844	-5,643	18,79	7,357	27,408	-6,45	-21,12	9,15	34,32
	2	2,961	14,788	2,014	10,236	1,6244	8,276	3,085	15,43	2,505	13,776
	3	5,900	23,78	2,991	12,129	3,391	14,25	5,342	21,42	5,822	23,776
	4	4,065	16,15	8,604	32,773	-4,246	-14,43	11,626	42,989	-3,774	-12,145



Efforts normaux dans Les Poteaux

L5-L5

L6-L6

Niv	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>	
		N	Norm	N	Norm	N	Norm	N	Norm	N	Norm
4	T5	1,975	1,975	0,225	0,225	2,829	2,829	0,402	0,402	3,526	3,526
	6	4,466	4,466	3,706	3,706	3,202	3,202	4,743	4,743	4,139	4,139
	7	4,288	4,288	3,315	3,315	3,315	3,315	4,264	4,264	4,264	4,264
	8	4,288	4,288	3,315	3,315	3,315	3,315	4,264	4,264	4,264	4,264
	9	4,288	4,288	3,315	3,315	3,315	3,315	4,264	4,264	4,264	4,264
	10	4,466	4,466	3,202	3,202	3,706	3,706	4,139	4,139	4,743	4,743
	11	1,975	1,975	2,829	2,829	0,225	0,225	3,526	3,526	0,402	0,402
3	T5	2,894	4,869	-1,008	-0,783	5,37	8,2	-0,96	-0,56	6,693	10,22
	6	6,296	10,76	5,194	8,9	4,296	7,498	6,774	11,517	5,696	9,835
	7	6,127	10,415	4,618	7,933	4,618	7,933	6,068	10,68	6,068	10,332
	8	6,127	"	4,618	"	4,618	"	6,068	"	6,068	"
	9	6,127	"	4,618	"	4,618	"	6,068	"	6,068	"
	10	6,296	10,762	4,296	7,598	5,194	8,9	5,69	9,83	6,77	11,52
	11	2,894	4,87	5,37	8,2	-1,008	-0,78	6,7	10,22	-0,961	-0,56
2	T5	2,9	7,77	-2,27	-3,06	6,64	14,84	-2,48	-3,04	8,22	18,44
	6	6,291	17,05	5,4	14,3	4,084	14,58	7,02	18,54	5,44	15,28
	7	6,127	16,54	4,62	12,55	4,62	12,55	6,07	16,14	6,07	16,14
	8	6,127	"	4,62	"	4,62	"	6,07	"	6,07	"
	9	6,127	"	4,62	"	4,62	"	6,07	"	6,07	"
	10	6,291	17,053	4,68	12,28	5,4	14,3	5,44	15,28	7,018	18,535
	11	2,899	7,768	6,643	14,842	-2,27	-3,06	8,224	18,44	-2,48	-3,04
1	T5	2,9	10,667	-2,77	-5,83	7,143	21,99	-3,08	-6,117	8,821	27,261
	6	6,291	23,34	5,394	19,69	4,088	15,67	7,014	25,53	5,446	20,72
	7	6,127	22,67	4,618	17,17	4,618	17,169	6,068	22,47	6,068	22,47
	8	6,127	"	4,618	"	4,618	"	6,068	"	6,068	"
	9	6,127	"	4,618	"	4,618	"	6,068	"	6,068	"
	10	6,291	23,344	4,088	16,37	5,394	19,692	5,446	20,723	7,014	25,55
	11	2,899	10,667	7,148	21,98	-2,773	-5,83	8,821	27,261	-3,08	-6,117

Niv	Poteaux	G+1,2P		0,8G+S <sub>I</sub>		0,8G+S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>		G+P+1,2S <sub>I</sub>	
		N	Norm	N	Norm	N	Norm	N	Norm	N	Norm
4	T5	1,234	1,234	-0,443	-0,443	2,207	2,207	-0,378	-0,378	2,802	2,802
	6	2,671	2,671	1,96	1,96	1,845	1,845	2,69	2,69	2,55	2,55
	7	2,656	2,65	1,9	1,9	1,9	1,9	2,61	2,61	2,61	2,61
	8	2,66	2,66	1,901	1,901	1,901	1,901	2,61	2,61	2,61	2,61
	9	2,656	2,656	1,9	1,9	1,9	1,9	2,61	2,61	2,61	2,61
	10	2,668	2,668	1,845	1,845	1,96	1,96	2,552	2,552	2,688	2,688
	11	1,234	1,234	2,207	2,207	-0,443	-0,443	2,802	2,802	-0,378	-0,378
3	T5	14,04	2,64	-2,212	-2,635	3,92	6,128	-2,33	-2,71	5,027	7,83
	6	3,002	5,673	1,93	3,893	1,73	3,58	3,004	5,694	2,76	5,32
	7	4,34	7	2,45	4,35	2,45	4,35	4,13	6,74	4,13	6,74
	8	4,34	7	-2,45	4,35	2,45	4,35	4,13	6,74	4,13	6,74
	9	2,91	5,566	1,78	3,68	1,78	3,68	2,79	5,404	2,795	5,404
	10	4,054	6,722	2,55	4,398	2,75	4,712	3,811	6,36	4,051	6,74
	11	14,04	2,64	3,92	6,128	-2,21	-2,65	5,027	7,83	-2,33	-2,71
2	T5	1,407	11,045	-3,54	-6,204	5,263	11,39	-3,936	-6,64	6,64	14,47
	6	2,96	8,632	1,822	5,715	1,826	5,45	2,94	8,634	2,748	8,066
	7	5,733	12,73	3,102	7,45	3,102	7,452	5,424	12,163	5,424	12,16
	8	5,733	12,73	3,102	7,45	3,102	7,452	5,424	12,163	5,424	12,16
	9	2,871	8,144	1,76	5,44	1,76	5,44	2,76	8,163	2,76	8,163
	10	3,038	9,76	1,84	6,24	1,86	6,571	2,84	9,2	2,997	9,736
	11	1,407	11,045	5,26	11,39	-3,55	-6,204	6,638	14,467	-3,94	-6,64
1	T5	1,407	5,45	-4,117	-10,32	5,83	17,22	-4,62	-11,26	7,32	21,79
	6	2,96	11,59	1,806	7,52	1,822	7,28	2,834	11,47	2,854	10,92
	7	5,733	18,46	3,102	10,554	3,102	10,55	5,424	17,59	5,424	17,59
	8	5,733	18,47	3,102	10,55	3,102	10,55	5,424	17,59	5,424	17,59
	9	2,87	11,31	1,76	7,2	1,76	7,2	2,76	10,92	2,76	10,92
	10	3,038	12,8	1,86	8,1	1,84	8,114	2,93	12,125	2,91	12,64
	11	1,407	5,45	5,83	17,22	-4,117	-10,32	7,32	21,79	-4,62	-11,26



T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

Niv	Poteaux	P. propre	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
			N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
5	1	1,078	5,313	5,313	2,890	2,890	4,59	4,59	4,187	4,187	6,227	6,227
	2	"	9,992	9,992	6,69	6,69	7,374	7,374	9,382	9,382	10,20	10,20
	3	"	7,301	7,301	4,849	4,849	5,439	5,439	6,807	6,807	7,515	7,515
	4	"	3,275	3,275	3,795	3,795	0,821	0,821	4,092	4,092	0,524	0,524
4	1	1,078	7,416	12,728	3,166	6,055	6,098	10,687	5,386	9,574	8,904	15,132
	2	"	13,440	23,43	6,732	14,034	10,05	16,814	10,956	21,072	14,94	24,402
	3	"	9,965	17,265	5,605	11,11	6,845	11,77	8,854	16,356	10,268	17,148
	4	"	4,600	7,874	6,622	10,416	-0,878	-0,064	8,931	13,928	-0,069	1,352
3	1	1,078	7,429	20,15	2,42	8,468	6,86	17,55	4,492	14,057	9,824	24,95
	2	"	13,44	36,872	5,682	19,716	11,102	27,916	3,696	30,77	16,20	40,61
	3	"	9,965	27,217	5,434	16,456	7,024	18,696	2,65	25,00	10,55	27,68
	4	"	4,600	12,474	8,592	19,00	-2,848	-2,912	11,29	25,22	-2,433	-1,081
2	1	1,078	7,429	27,58	1,800	10,268	7,48	25,03	3,75	17,81	10,56	35,52
	2	"	13,44	50,311	5,072	24,788	11,712	39,63	8,964	39,73	16,932	57,54
	3	"	9,945	37,83	5,084	21,54	7,364	26,06	8,233	33,23	10,962	38,656
	4	"	4,60	17,073	10,18	23,18	-4,421	-7,34	13,2	38,41	-4,32	-5,41
1	1	1,078	7,429	35,013	1,66	11,926	7,62	32,648	3,582	21,38	10,734	46
	2	"	13,44	63,746	4,632	29,42	12,15	51,786	8,1436	48,16	17	73,00
	3	"	9,905	47,15	5,064	26,604	7,325	33,44	8,21	41,44	14,00	49,65
	4	"	4,608	21,672	10,779	29,95	-5,021	-12,37	13,92	52,33	-5,04	-10,66

T<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

Niv	Poteaux	P. propre	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
			N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
5	1	1,078	9,155	9,155	5,012	5,012	6,748	6,748	7,8124	7,8124	9,896	9,896
	2	1,408	16,145	16,145	10,276	10,276	11,756	11,756	14,86	14,86	16,637	16,637
	3	1,408	14,876	11,876	8,12	8,12	8,088	8,088	11,604	11,604	11,565	14,565
	4	1,078	5,3224	5,3224	5,226	5,226	2,038	2,038	7,104	7,104	3,279	3,279
4	1	1,078	9,664	18,820	3,662	8,674	6,642	13,39	7,339	15,15	10,915	2
	2	1,408	17,472	33,606	7,062	17,34	14,562	23,918	13,8	28,65	35,2	35,83
	3	1,408	13,076	24,934	7,00	15,018	6,93	15,11	12,266	23,97	12,294	23,861
	4	1,078	6,015	11,341	6,921	12,15	-0,498	1,53	10,137	17,25	1,233	34,504
3	1	1,078	9,693	28,501	2,867	11,540	7,457	20,945	6,489	21,54	11,997	56,356
	2	1,408	17,472	51,066	5,92	23,26	12,704	36,02	12,43	41,074	20,57	56,362
	3	1,408	13,056	38,00	6,817	21,93	7,103	22,12	12,158	36,13	12,501	36,356
	4	1,078	6,015	17,37	9,041	21,196	-2,6188	-1,084	12,681	29,94	-1,311	38,22
2	1	1,078	9,664	38,208	2,2024	13,75	8,122	28,97	5,601	27,158	12,705	46
	2	1,408	17,472	62,52	4,792	28,06	13,832	49,86	11,076	52,14	21,924	38,3
	3	1,408	13,056	51,05	6,79	28,777	7,13	29,25	12,126	48,26	12,53	49,900
	4	1,078	6,015	23,388	10,811	32,00	-4,388	-5,476	14,808	44,74	-3,432	-0,234
1	1	1,078	9,693	47,89	2,087	15,16	8,2374	37,88	5,463	31,808	12,34	59,07
	2	1,408	17,472	85,76	5,092	33,13	13,542	63,274	11,886	63,53	21,576	99,840
	3	1,408	13,056	63,878	7,09	35,807	6,83	36,081	12,486	60,55	12,174	0,824
	4	1,078	6,015	29,417	10,39	42,4	-3,9688	-9,44	14,304	59,05	-2,93	-3,156



T5-T5

NIV	Poleaux	P. Prople	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
			N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
4	L5	1,078	5,314	6,992	2,868	2,868	4,612	4,612	4,161	4,161	6,253	6,253
	6	"	9,992	11,07	6,534	6,534	7,532	7,532	9,193	9,193	10,391	10,391
	7	"	7,306	8,384	4,889	4,889	5,397	5,397	6,853	6,853	7,165	7,165
	8	"	9,28	4,958	3,933	3,933	0,683	0,683	5,164	5,164	4,264	4,264
3	L5	"	7,417	12,791	27	5,368	6,764	11,38	4,588	8,75	9,704	15,96
	6	"	13,441	23,493	7,199	13,793	9,587	17,419	11,52	20,71	14,382	24,78
	7	"	9,968	17,274	5,485	10,374	6,963	12,36	8,864	15,72	10,342	17,81
	8	"	4,599	7,873	6,937	10,87	-1,193	-0,51	9,309	14,47	-0,447	0,817
2	L5	"	7,43	20,161	1,813	7,181	7,467	18,843	3,766	12,515	10,55	26,51
	6	"	13,419	36,852	6,519	20,252	10,239	27,358	10,69	31,405	15,16	39,927
	7	"	9,963	27,237	5,483	15,857	6,914	19,274	8,712	24,491	10,486	28,25
	8	"	4,611	12,49	8,305	19,175	-2,55	-3,057	10,95	25,422	-2,069	-1,252
1	L5	"	7,43	27,591	-0,786	6,395	10,066	18,909	0,647	13,162	13,669	"
	6	"	13,419	50,271	6,503	26,755	10,255	37,619	10,678	42,082	17	20,112
	7	"	9,963	37,2	5,114	20,971	7,33	26,604	8,273	32	10,933	39,226
	8	"	4,611	17,101	9,113	28,288	-3,355	-6,412	11,923	37,945	-3,039	-4,291

T6-T6

NIV	Poleaux	P. Prople	G+1,2P		0,8G+SI		0,8G+SI		G+P+1,2SI		G+P+1,2SI	
			N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
4	L5	1,078	8,62	8,62	4,98	4,98	6,788	6,788	7,324	7,324	9,494	9,494
	6	1,408	16,162	16,162	10,208	10,208	11,852	11,852	14,78	14,78	16,752	16,752
	7	1,408	11,887	11,887	8,129	8,129	8,097	8,097	11,615	11,615	11,578	11,578
	8	1,078	5,326	5,326	5,345	5,345	1,925	1,925	7,248	7,248		
3	L5	1,078	7,66	18,28	2,888	7,87	7,41	14,198	6,41	13,734	11,836	21,33
	6	1,408	17,471	33,633	7,22	17,43	11,403	23,25	13,99	28,77	19	35,76
	7	1,408	13,062	24,95	7,353	15,482	6,573	14,67	12,804	24,42	11,87	23,445
	8	1,078	6,010	11,336	3,518	12,86	-1,11	0,813	10,985	18,104	0,499	3,645
2	L5	1,078	7,693	27,913	2,017	9,885	8,307	22,505	5,38	19,143	12,93	34,25
	6	1,408	17,441	51,074	6,234	23,66	12,36	35,615	12,79	41,562	20,147	55,91
	7	1,408	13,062	38,011	7,021	22,50	6,907	21,577	12,404	36,825	12,263	35,712
	8	1,078	6,027	17,363	9,363	22,226	-2,94	-2,125	13,073	31,174	-4,689	1,954
1	L5	1,078	9,693	37,666	1,421	11,306	8,903	31,408	4,664	23,77	13,642	17,3
	6	1,408	17,441	68,515	5,84	29,51	12,746	48,361	12,332	53,89	20,61	76,52
	7	1,408	13,062	51,073	7,034	29,577	6,897	28,471	12,42	49,243	12,252	43,96
	8	1,078	6,027	23,39	10,332	32,538	-3,908	-6,032	14,236	45,41	2,842	4,806



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 RPA 81) doivent être respectés :

\* art 4-2 - RPA 81:

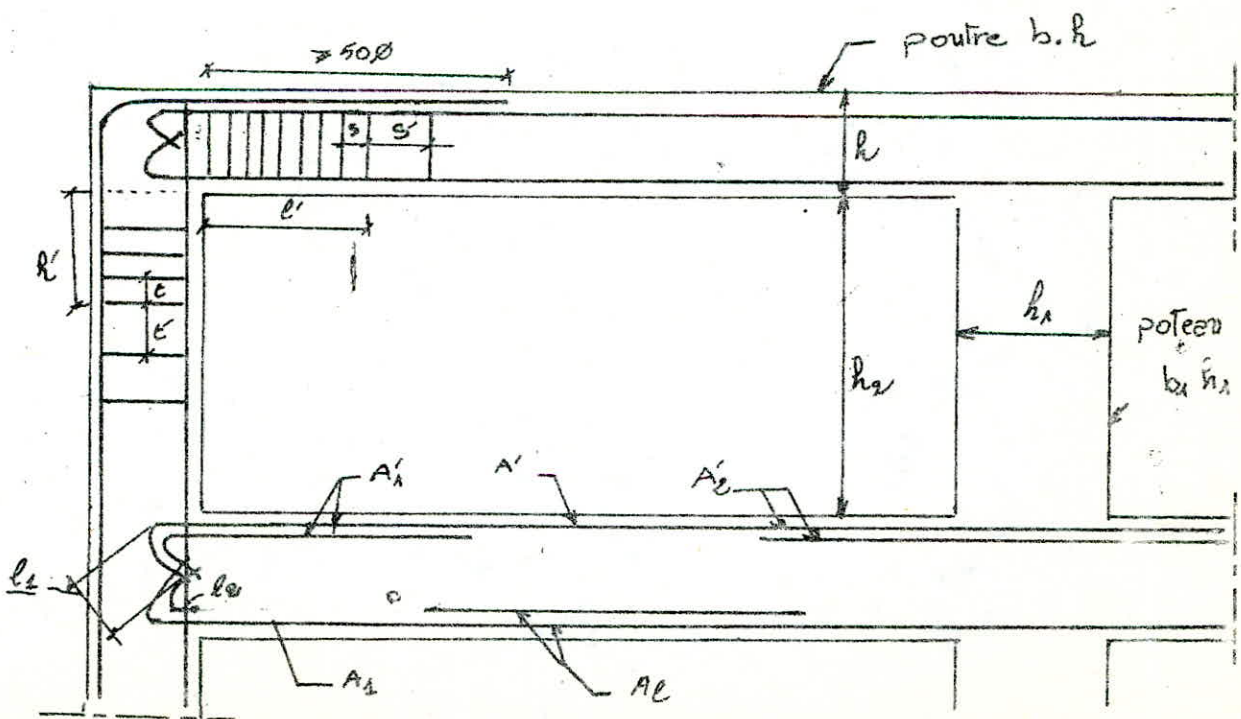
A/ poutres:

A-1/ armatures longitudinales:

- Le % 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 % total maximum des aciers longitudinaux doit être de 2,5%.

- Les poutres supportant les charges verticales des planchers doivent comporter des armatures filentes supérieures d'une section minimale indiquée sur la figure suivante :





$$A' \geq \max ( A_1/4, A_2/4, 30\text{cm}^2 )$$

$$A_1 \geq \max ( A_1/2, A_2/4, 30\text{cm}^2 )$$

- Les poutres supportent 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.

#### A.2/ Espacement:

L'espacement maximum entre les armatures transversales doit être déterminé comme suit:

- dans la zone nodale et en travée: les armatures comprimées sont nécessaires:

$$s \leq \min ( h/4 ; 12\phi ; 30\text{cm} )$$

- en dehors de la zone nodale:  $s \leq h/2$

#### A.3/ armatures transversales:

La quantité min doit être de:  $A_t = 0,0035 \cdot b$   
 soit:  $l' = 2h$  (distance nécessaire pour la disposition des armatures transversales en zone nodale)

- pour les poutres:  $(30 \times 40) \rightarrow l' = 80\text{cm}$

- pour les poutres:  $(30 \times 50) \rightarrow l' = 100\text{cm}$

#### A.4/ encrage de arm Long inf et sup:

$$l_1 \geq 20\phi \text{ et } l_2 \geq \max ( 30\phi, 50\text{cm} )$$

dans notre cas:

- pour  $\phi 20$ :  $l_1 = 45\text{cm}$ ;  $l_2 = 65\text{cm}$

- "  $\phi 16$ :  $l_1 = 35$ ;  $l_2 = 55\text{cm}$

- "  $\phi 14$ :  $l_1 = 30$ ;  $l_2 = 55\text{cm}$

- "  $\phi 12$ :  $l_1 = 25\text{cm}$ ;  $l_2 = 55\text{cm}$

B/ poteaux :

B-1/ Armatures longitudinales :

- Les armatures longitudinales doivent être des barres à haute adhérence.
- Les barres verticales doivent être droites sans crochets
- Le % minimum est de 1% en zone II sans toutefois dépasser 4%
- Le diamètre minimum est de 14mm en zone 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 faits, si possible à l'extérieur des zones des nœuds.

B-2/ Armatures transversales :

Elles sont calculées avec la formule :  $A_t = \frac{1,25 T \cdot t}{R_s \cdot b \cdot d}$   
 où  $T = 2$  fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement dans la direction considérée est  $\geq 15$   
 $= 3$  fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement dans la direction considérée est  $< 15$ .

La quantité d'armature transversales minimale est donnée par :

$$A_t = 0,004 \cdot t \cdot b \text{ en zone II}$$

• La longueur de disposition :

$$l' = \max \left( \frac{h_2}{6}, b_1, h_1, 60 \text{ cm} \right)$$

- pour  $h_2 = 312 \text{ cm} \Rightarrow l' = 60 \text{ cm}$

B-3/ Espacement : l'espacement maximum est donnée

par : - dans la zone nodale (y compris la hauteur du nœud) :  $t \leq \min(10\phi, 15 \text{ cm}) \rightarrow$  zone II

- dans la zone courante :

$$t \leq 12\phi \rightarrow \text{en zone II}$$

$\phi$  est le plus petit diamètre des armatures longitudinales



## ferrailleage des poutres

conformément à l'article A15 du C.C.P.A, il ne sera pas fait état dans le calcul des efforts normaux dans les poutres, les poutres seront donc ferrillées en flexion simple sous la plus défavorable des combinaisons  $SP_1$  et  $SP_2$ .

- pour ce qui est du choix de la sollicitation la plus défavorable, on considèrera la plus grande de  $1,5 M(SP_1)$  et  $M^{max}(SP_2)$ .

$M^{max}(SP_2)$ : Le moment sous le plus défavorable des combinaisons du 2<sup>e</sup> genre la méthode de détermination des sections d'acier sera celle de  $M = P \cdot \text{chiron}$

- sous  $SP_1 \rightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2, \bar{\sigma}_b = 137 \text{ kg/cm}^2$
- sous  $SP_2 \rightarrow \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2, \bar{\sigma}_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$

### • calcul des armatures longitudinales:

on calcul  $\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2}$  tableau  $K_1, \epsilon \rightarrow \bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K}$

- si  $\bar{\sigma}_b \leq \bar{\sigma}_b'$  les armatures comprimées ne sont pas nécessaires ( $A' = 0$ )

La section des armatures tendues est donnée par:  $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h}$

- si  $\bar{\sigma}_b > \bar{\sigma}_b'$ , il est nécessaire de prévoir des armatures comprimées, on calcul:

$$K_1 = \frac{15 \bar{\sigma}_a}{n \bar{\sigma}_b'} ; K_2 = \frac{15 (h-d') \bar{\sigma}_a}{(h+d') \bar{\sigma}_a}$$

1) si  $K_1 > K_2$ , on prend  $K_1$  et  $\bar{\sigma}_b = \bar{\sigma}_b' \text{ Tab} \rightarrow \alpha, \mu, \epsilon$

$$M_1 = \mu \bar{\sigma}_b' b \cdot h^2 \rightarrow M_2 = M - M_1$$

$$\gamma = \alpha h \rightarrow \bar{\sigma}_a = \frac{15}{\gamma} (\gamma - d') \bar{\sigma}_b'$$

armatures comprimées :  $A' = \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_d}$

armatures tendues :  $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} + \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_a}$

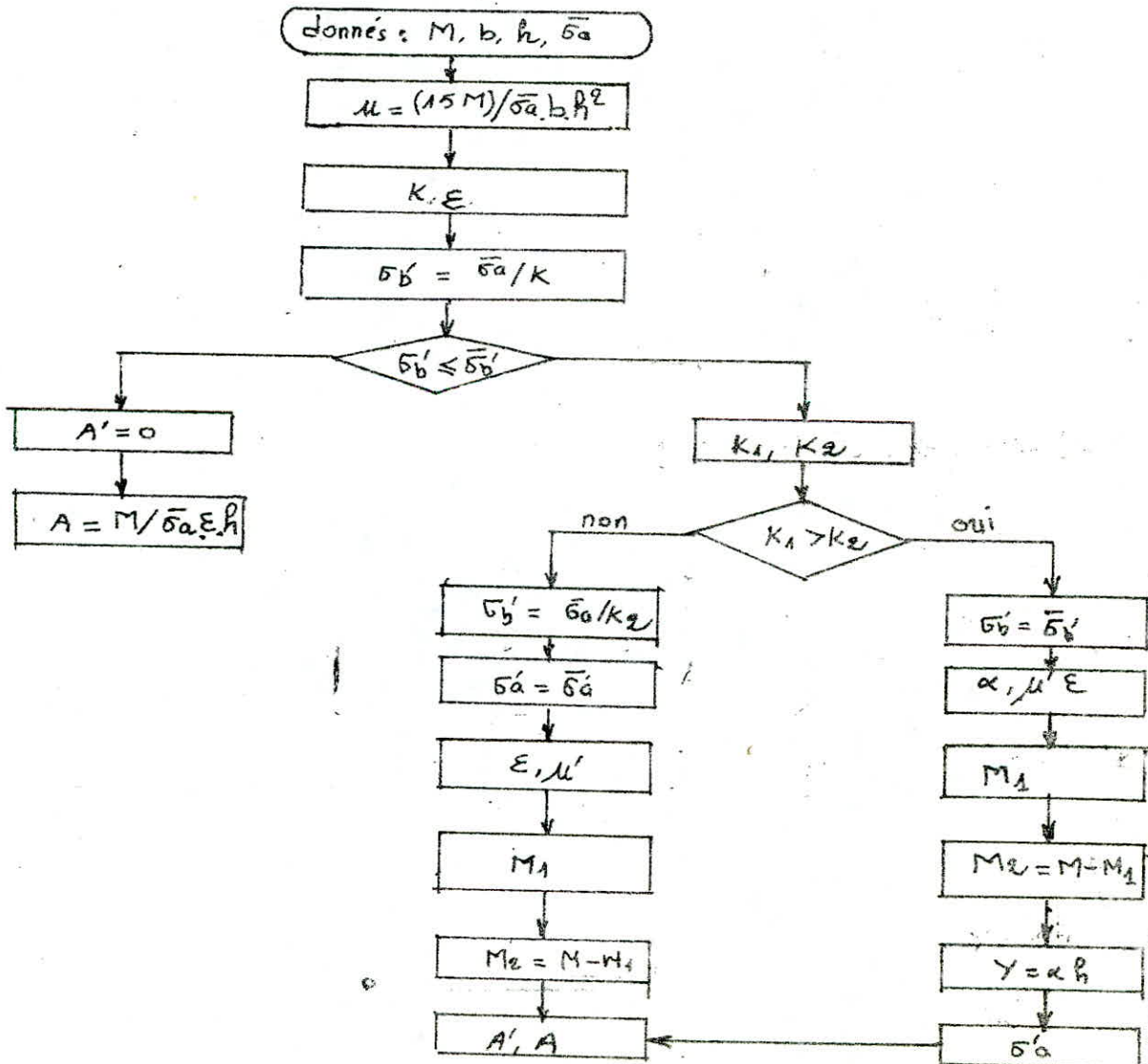
2) si  $k_2 > k_1$ , on prend  $k_2$  et  $\bar{\sigma}_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{k_2}$ ,  $\bar{\sigma}_d = \bar{\sigma}_d$   
 $k_2 \rightarrow \epsilon, \mu'$

$M_1 = \mu' \cdot b \cdot \bar{\sigma}_b' \cdot h^2$        $M_2 = M - M_1$

armatures comprimées :  $A' = \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_d}$

armatures tendues :  $A = \frac{M_1}{\epsilon \cdot h \cdot \bar{\sigma}_a} + \frac{M_2}{(h-d') \bar{\sigma}_a}$

Rq : on a résumé la marche à suivre dans un organigramme qui est le suivant :





• Calcul des armatures transversales:

La quantité des armatures transversales est donnée par:

$$A_t = 0,003 \cdot s \cdot b \quad ; \quad \text{ou } s = \text{espacement}; \quad b = \text{largeur}$$

a) contrainte de cisaillement max:

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} \quad / \quad b: \text{largeur de la poutre}, \quad z = \frac{7}{8} \cdot h$$

b) contrainte de cisaillement admissible:

si:  $\tau_b \leq \bar{\tau}_b \rightarrow \bar{\tau}_b = 3,5 \bar{\sigma}_b$

si:  $\bar{\sigma}_b < \sigma_b \leq 2 \bar{\sigma}_b \rightarrow \bar{\tau}_b = (4,5 - \frac{\sigma_b}{\bar{\sigma}_b}) \bar{\sigma}_b$

si:  $\tau_b < \bar{\tau}_b \rightarrow$  on utilise des cadres et  $\bar{\sigma}_b$  étriers droit

si:  $\bar{\tau}_b < \tau_b < 5 \bar{\tau}_b \rightarrow$  on utilise des cadres et étriers droits plus des barres obliques

c) contrainte admissible des armatures transversales:

$$\bar{\sigma}_{at} = f_a \cdot \sigma_{en} \quad / \quad f_a = \frac{2}{3} \rightarrow \text{si on a reprise de bétonnage}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \begin{cases} (1 - \frac{\tau_b}{5 \bar{\tau}_b}) \sigma_{en} \\ \geq \frac{2}{3} \sigma_{en} \end{cases} \rightarrow \text{si on a pas de reprise de bétonnage}$$

d) Espacement:  $t = (A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}) / T_c$

e) espacement admissible:

$$\bar{e} \leq \min (h/4, 12\phi, 30cm) \rightarrow \text{en zone nodale ou en travée avec armatures comprimées}$$

$$\bar{e} \leq h/2 \rightarrow \text{en de hors de la zone nodale.}$$

Remarque: on disposera les armatures transversales selon la fig 8 (RPA 81 p47)

• Vérifications:

1) condition de la flèche: (art 61-21 CCBA 68)

-  $h_t \geq l/16$

-  $h_t \geq \frac{1}{20} M_{el}/M_o$

-  $\rho_A \leq b \cdot h \cdot 43 / \sigma_{en}$

on n'a pas à vérifier la flèche pour les poutres qui satisfont aux 3 conditions ci-dessus

2) condition de non fragilité (Art 52 - 1. CCBA 68)

pour les poutres fléchies on doit avoir :

$A \geq b \cdot h \frac{1}{4} \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left( \frac{h}{h_0} \right)^2 / \frac{1}{4} = 0,54$  (acier ancien)

3) Conditions aux appuis : (art 35-32 CCBA 68)

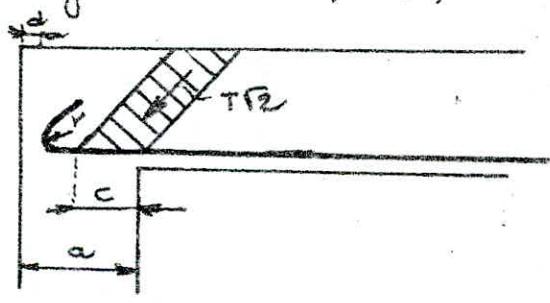
• béton : l'effort tranchant crée des efforts de compression dans des bielles de béton inclinées à 45°

pour que  $\bar{\sigma}_b \leq \bar{\sigma}_{b0}$  on doit avoir  $c \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_{b0}} = c_0$

avec : T : effort tranchant max aux appuis  
c : distance du nu de l'appui au point au commence l'encrage de l'armature supérieur.  $c = a - (d + r)$

a : largeur du poteau

r : rayon de courbure /  $r = 5,5\phi$



• armatures inférieures :

La section minimale des armatures de traction inférieures qui doivent être conduites jusqu'à cet appui et arrêtées totalement au delà, doit être susceptible d'équilibrer un effort admissible =  $T + M/3$ , e à d on doit vérifier que :

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

4) pourcentage des aciers longitudinaux (RPA 81)

- poutres longitudinales :

$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \rightarrow 3,33 < A \leq 27,75 \text{ cm}^2$



- poutres transversales:

$$0,3\% \leq A \leq 2,5\% \Rightarrow 4,23 < A < 35,25 \text{ cm}^2$$

5) condition de non entrainement des barres: art 29-11 (CCB15)

on doit vérifier que:  $\tau_d \leq \bar{\tau}_b$

$$\bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b \quad (\psi_d = 1,5 \text{ acier B-n})$$

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n p z}$$

où T: effort tranchant max.

p: périmètre de la barre, n: noe de barre

6) condition de non fissuration:

on doit vérifier que:  $\max(\sigma_1, \sigma_2) \leq \bar{\sigma}_c$

$$\sigma_1 = \frac{K \eta \bar{\omega}_s}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_s)}, \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\eta \frac{K}{\phi} \bar{\sigma}_b}$$

7) encrages: L'encrage des armatures long. la distance des poutres dans les poteaux de rive et d'angle doit être effectuée conformément à la figure de la page (149) (RPA 81 part):

$$l_1 \geq 20 \phi$$

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

8) contraintes:

Les sections seront vérifiées sous leurs moments = principaux les plus défavorable.

\* section sans armature comprimées:

$$\text{on calcul: } \bar{\omega} = \frac{100 A}{b \cdot h} \xrightarrow{\text{tableau}} \epsilon, K$$

et on doit avoir:

$$\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} < \bar{\sigma}_a, \quad \sigma_b = \frac{\sigma_a}{K} \leq \bar{\sigma}_b$$

\* section avec armatures comprimées:

$$\text{on calcul: } D = \frac{15}{6} (A + A'), \quad E = \frac{30}{6} (A' d' + A h)$$

$$Y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E}, \quad I = \frac{b y_1^3}{3} + 15 A' (y_1 - d')^2 + 15 A (h - y_1)^2$$

$$K = M / I$$

on doit vérifier:  $\sigma_b = K Y_1 \leq \bar{\sigma}_b$  ;  $\sigma_a = 15 K (Y_1 - d') \leq \bar{\sigma}_a$

$$\sigma_a = 15 K (h - Y_1) \leq \bar{\sigma}_a$$

# Portique Longitudinal: L5-L5

## présentation des moments

Niveau: 4

$(SP_2)$	-3,665	-3,271	-3,271	-3,271	-3,271	-3,271	-3,665
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	2,672	1,607	0,806	0,806	0,806	0,806	1,607
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119	1,119
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	0,817	0,817	0,817	0,817	0,817	0,817	0,817
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,111	1,111	1,111	1,111	1,111	1,111	1,111

Niveau: 3

$(SP_2)$	-8,931	-7,148	-7,148	-7,148	-7,148	-7,148	-8,931
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	6,472	2,365	1,174	1,174	1,174	1,174	2,365
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	4,212	4,212	4,212	4,212	4,212	4,212	4,212
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066	1,066

niveau: 2

$(SP_2)$	-11,307	-9,27	-9,27	-9,27	-9,27	-9,27	-11,307
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	9,411	2,769	1,174	1,174	1,174	1,174	2,769
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	6,333	6,333	6,333	6,333	6,333	6,333	6,333
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087

niveau: 1

$(SP_2)$	-12,297	-10,278	-10,278	-10,278	-10,278	-10,278	-12,297
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	10,401	2,76	1,174	1,174	1,174	1,174	2,76
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	7,341	7,341	7,341	7,341	7,341	7,341	7,341
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ
	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087	1,087

et est donné que les poutres longitudinales ne sont pas porteuses des charges verticales et elles ne sont sollicitées principalement que par les forces latérales. Par conséquent, elles doivent avoir des armatures symétriques. Ainsi que les moments entrées sont très faibles par rapport aux moments sur appuis donc on calcule seulement les armatures sur appuis avec le moment max en valeurs absolues et obtiens une section entrées égale ou moins à la moitié des armatures sur appuis (R.P.A 81 - art M-2-3-2)



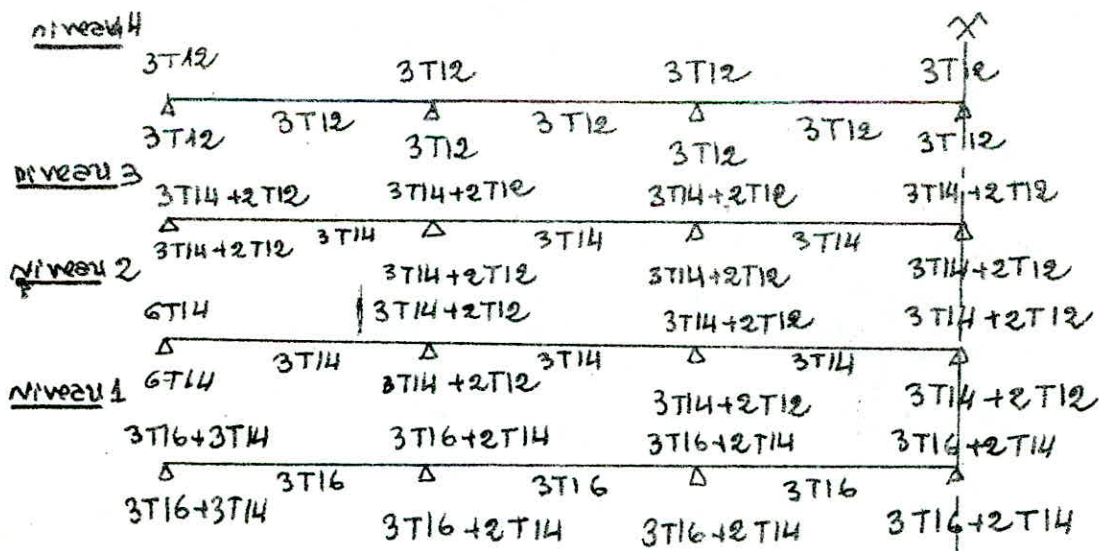
• Moments de calcul (SFe) :

Niveau 4:	$\pm 3,665$	$\pm 3,271$	$\pm 3,271$	$\pm 3,271$
Niveau: 3	$\pm 8,333$	$\pm 7,148$	$\pm 7,148$	$\pm 7,148$
Niveau: 2	$\pm 11,307$	$\pm 9,27$	$\pm 9,27$	$\pm 9,27$
Niveau: 1	$\pm 12,297$	$\pm 10,278$	$\pm 10,278$	$\pm 10,278$

Section d'acier s aux appuis:

$b = 30\text{cm} ; h_c = 40\text{cm} ; d = d' = 30\text{cm} ; h = 37\text{cm}$

Niv	Section	M (tmm)	$\mu$	E	K	$\xi_b$	A <sub>cal</sub>	A <sub>adap</sub>	$\phi$
4	1-7	3,665	0,0319	0,9931	50	84	2,555	3,33	3T12
	2-6	3,271	0,0284	0,9270	53,5	78,5	2,271	3,39	3T12
3	1-7	8,333	0,0724	0,8899	304	138,16	6,024	6,88	3T14 + 2T12
	2-6	7,148	0,0692	0,8969	33,5	125,37	5,13	6,88	3T14 + 2T12
2	1-7	11,307	0,0983	0,8750	25	168	8,32	9,23	6T14
	2-6	9,27	0,0806	0,8848	28,4	147,89	6,74	6,88	3T14 + 2T12
1	1-7	12,297	0,107	0,8708	23,7	177,22	9,2	10,65	3T16 + 3T14
	2-6	10,278	0,0894	0,8798	26,6	158	7,52	9,2	3T16 + 2T14



• Vérifications

1/ Vérification de la flèche :

-  $h_c = 40 \text{ cm} > \frac{l}{15} = \frac{365}{15} = 22,81 \text{ cm} \rightarrow \text{Vérifiée}$

-  $h_c = 40 \text{ cm} > \frac{l}{10} = \frac{365}{10} = 36,5 \rightarrow \text{Vérifiée}$

-  $A \leq b \cdot h$  43/5cm Les poutres ont la même section

dans tous les niveaux donc il suffit de la vérifier pour la plus grande section d'acier entré avec de tous les niveaux, car si elle est vérifiée pour cette section elle est également pour toutes les autres sections :

$A_{\text{max}} = 3T16 = 6,03 < b \cdot h \cdot \frac{43}{5\text{cm}} = 30,37 \cdot \frac{43}{4200} = 11,36$

(Vérifiée)

2/ condition de non fragilité :

$A_{\text{min}} \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \left( \frac{h_c}{l} \right)^2 \quad \psi = 0,54$

$3T12 = 3,39 \geq 30,37 \cdot 0,54 \cdot \frac{8,85}{4200} \left( \frac{40}{37} \right)^2 = 1,263 \rightarrow \text{(Vérifiée)}$

3/ condition aux appuis :

• betons : on doit avoir  $C \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = C_0 ; (\bar{\sigma}_b = 109,75 \text{ MPa})$

$C = a - (d+r) \quad a = 35 \text{ cm} \quad r = 5,5 \phi \quad d = 4 \text{ cm}$

on a le même ferrailage aux appuis de base, donc il suffit de vérifier cette condition pour l'appui ou Tête :

Niv	4	3	2	1
T(C)	3,266	6,064	7,329	7,828
C(cm)	24,4	23,3	23,3	22,2
C <sub>0</sub> (cm)	2,12	3,94	4,76	5,08

$C > C_0$  pour tous les appuis de base  $\rightarrow$  vérifiée

• armatures inférieures

on doit vérifier :  $A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{N}{3}$



Niv	4		3		2		1	
sectim	1-7	2+6	1-7	2+6	1-7	2+6	1-7	2+6
M (tm)	2,672	1,119	6,472	4,212	9,441	6,333	10,401	7,341
T (c)	3,266	4,177	6,064	6,369	7,329	7,654	7,829	8,154
$\frac{T}{\sigma_0} + \frac{M}{\sigma_0^2}$	2,75	1,87	6,20	3,11	8,67	6,48	9,52	7,34

7) Vérification de la fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{\sigma_0 \cdot d} \quad K = 1,5 \cdot 10^6 \rightarrow \text{fissuration peu nuisible}$$

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

Niv	A cm <sup>2</sup>	$\bar{\omega}_f$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	verifica	Achoisi
4	3,39	0,0188	3165	2607	Oui	/
3	6,88	0,0382	4738	2414	Oui	/
	4,62	0,0257	3505	2414	"	/
2	9,23	0,0513	5812	2414	"	/
	6,88	0,0382	4738	2414	"	/
	4,62	0,0257	3505	2414	"	/
1	10,65	0,0592	5578	2258	"	/
	9,12	0,0507	5046	2258	"	/
	6,03	0,0335	3764	2258	"	/

8) Vérifications des contraintes:

Niv	Solli	sectim	M	A	$\bar{\omega}$	$\epsilon$	K	$\sigma_a$	$\sigma_b$
4	SP2	1+7	3,665	339	0,305	0,9132	12,6	3900	75,12
	SP1	traverse	1,111	3,39	0,305	0,9132	12,6	970	27,77
3	SP2	1-7	8,331	6,88	0,62	0,8840	20,1	3702	131,94
	SP2	2+6	7,148	6,88	0,62	0,8840	20,1	3176	113,02
	SP2	traverse	2,365	4,62	0,416	0,9012	35,6	1535	49,12
2	SP2	1-7	11,307	9,23	0,832	0,8699	23,45	3806	162,3
	SP2	2+6	9,27	6,88	0,62	0,8840	20,1	4120	146,62
	SP2	traverse	2,769	4,62	0,416	0,9012	35,6	1798	50,51
1	SP2	1-7	12,297	10,65	0,959	0,8628	21,5	3617	168,23
	SP2	2+6	10,278	9,12	0,822	0,8705	23,6	3601	152,5
	SP2	traverse	2,769	6,03	0,543	0,8899	30,6	1395	45,3

Toutes les  $\sigma_a$  et  $\sigma_b$  sont supérieures aux valeurs admissibles

• armatures transversales:

sous  $\sigma_{p2} \rightarrow \bar{\sigma}'_b = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75 \text{ kg/cm}^2$ ;  $2\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$   
 $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$ .

on utilise pour les armatures transversales des  $\phi 8$  FE 24,  
 un cadre et un étrier  $\Rightarrow A_c = 2,01 \text{ cm}^2$ ,  $\bar{\sigma}_{ac} = 2/3 \text{ } \sigma_{cn}$  (on suppose  
 qu'on a reprise de bétonnage

$t \leq (\min (h/4, 12\phi, 30 \text{ cm})) = \frac{h}{4} = 9,25 \text{ cm} \rightarrow$  zone nodale  
 $t \leq h/2 = 18,5 \text{ cm} \rightarrow$  en dehors de la zone nodale

Niv	T <sub>max</sub> (σ <sub>p2</sub> )	σ' <sub>b</sub>	τ <sub>b</sub>	σ <sub>b</sub>	σ <sub>ac</sub>	A <sub>c</sub>	t	t adaptée	
								z-nodale	z.courante
4	4,177	75,12	4,3	30,98	2400	2,01	37,4	9	15
3	6,39	131,74	6,58	28,47	2400	2,01	24,5	9	15
2	7,654	162,3	7,88	25,84	2400	2,01	20,4	9	15
1	8,154	168,23	8,4	25,33	2400	2,01	19,16	9	15

d'après les valeurs de τ<sub>b</sub> et σ<sub>b</sub> on remarque que τ<sub>b</sub>  
 est toujours inférieur à σ<sub>b</sub> donc on peut utiliser des cadres  
 et étriers droite

- Vérification:

$A_c = 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{cases} 0,003 \cdot 9,6 = 0,84 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{zone nodale} \\ 0,003 \cdot 15,30 = 1,35 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{zone courante} \end{cases}$



# Portique longitudinal: L6-L6 (L7-L7)

## Présentation des moments

Niveau : 4

(SP <sub>2</sub> )	-3,107	-3,249	-3,242	-3,242	-3,249	-3,249	-3,249	-3,107
Δ	0,825	0,529	0,53	0,53	0,53	0,53	0,825	
	2,516	2,018	2,02	2,02	2,02	2,02	2,516	
(SP <sub>1</sub> )	-0,348	-0,727	-0,72	-0,72	-0,72	-0,727	-0,348	
Δ	0,731	0,55	0,552	0,552	0,552	0,55	0,173	

niveau : 3

(SP <sub>2</sub> )	-6,823	-6,708	-7,241	-7,241	-6,699	-6,708	-6,823
Δ	0,972	0,621	1,458	1,442	1,455	1,762	
	6,019	5,443	5,374	5,374	5,444	5,443	6,019
(SP <sub>1</sub> )	-0,712	-0,801	-1,382	-1,382	-0,8	-0,81	-0,52
Δ	0,844	0,675	1,595	0,675	0,718	0,825	

niveau : 2

(SP <sub>2</sub> )	-9,475	-9,426	-10,513	-10,515	-9,419	9,426	-9,472
Δ	0,944	0,576	2,241	0,576	0,66	0,923	
	8,653	8,163	8,03	8,030	8,164	8,163	8,652
(SP <sub>1</sub> )	-0,523	-0,807	-1,975	-1,977	-0,8	0,807	-0,52
Δ	0,841	0,63	2,461	0,634	0,718	0,821	

niveau : 1

(SP <sub>2</sub> )	-10,434	-10,739	-11,826	-11,826	-10,732	-10,739	-10,434
Δ	0,8	0,576	2,241	0,576	0,66	0,779	
	9,614	9,476	9,343	9,343	9,477	9,476	9,614
(SP <sub>1</sub> )	-0,523	-0,807	-1,975	-1,977	-0,8	-0,807	-0,523
Δ	0,841	0,63	2,461	0,634	0,718	0,821	

• moment de calcul: sous SP<sub>2</sub>:

niveau 4 :

±3,107	±3,249	±3,242	±3,242	±3,249	±3,249	±3,107
Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

niveau 3 :

±6,823	6,708	±7,241	±7,241	±6,699	±6,708	±6,823
Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

niveau 2 :

±9,473	±9,426	±10,513	±10,515	±9,412	±9,426	±9,473
Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

niveau 1 :

±10,434	±10,739	±11,826	±11,828	±10,732	±10,739	±10,434
Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ	Δ

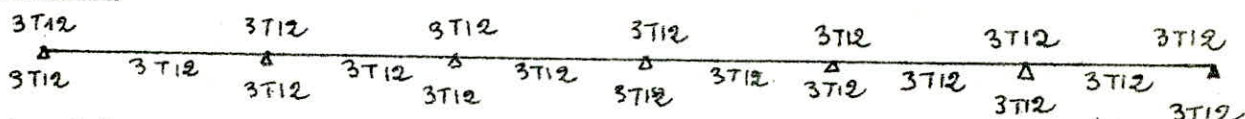
• Section d'acier aux appuis :

$$b = 30 \text{ cm} \quad h_t = 40 \text{ cm} \quad d = d' = 3 \text{ cm} \quad h = 37 \text{ cm}$$

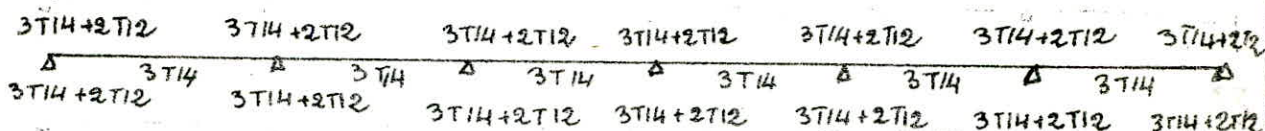
$$\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP2)}$$

Niv	Section	M(kcm)	$\mu$	E	K	$\sigma_b$	Acal	Aadop	$\phi$
X	1-7	3,107	0,027	0,9286	55	76,36	2,16	3,39	3T12
	2-6	3,249	0,0283	0,9272	53,2	79	2,26	3,39	3T12
3	1-7	6,823	0,0593	0,899	34,5	121,74	4,88	6,88	3T14 + 2T12
	2-5-6	6,708	0,0583	0,8996	34,8	120,7	4,8	6,88	3T14 + 2T12
	3-4	7,241	0,063	0,8963	33,2	126,71	5,2	6,88	3T14 + 2T12
2	1-7	9,473	0,0823	0,884	28,1	149,5	6,9	8,12	3T14 + 3T12
	2-5-6	9,426	0,0819	0,8843	28,2	148,94	6,86	8,1	3T14 + 3T12
	3-4	10,515	0,0914	0,8789	26,3	159,7	7,7	9,23	6T14
1	1-7	10,434	0,0907	0,8792	26,4	159,1	7,64	9,12	3T16 + 2T14
	2-5-6	10,739	0,0934	0,8777	25,9	162,16	7,88	9,12	3T16 + 2T14
	3-4	11,828	0,1037	0,8725	24,2	173,55	8,73	10,65	3T16 + 3T14

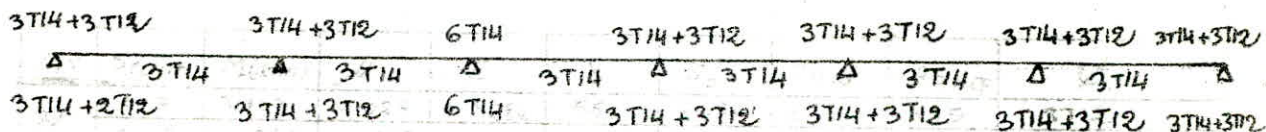
niveau 4



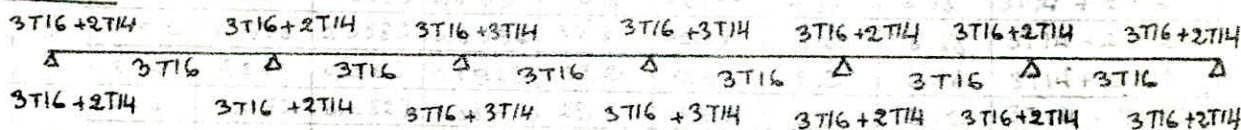
niveau 3:



niveau 2:



niveau 1:



• Vérfications:

1) Vérfication de la flèche:

- $f \leq 40 > \frac{l}{16} = 22,81$
  - $f \leq 40 > \frac{l}{10} = 36,5$
  - $A \leq b h \cdot 43/100 \Rightarrow A^{max} = 3T16 = 6,03 < 11,36$
- } (Vérfiée)

2) Vérfication de non fragilité:

$$A_{min} = 3T12 = 3,39 \geq b h \frac{1}{4} \frac{\sigma_b}{\sigma_a} \left( \frac{A_c}{A} \right)^2; \psi = 0,54$$

$$\geq 1,253 \rightarrow \text{Vérfiée}$$

3) condition aux appuis:

- armatures supérieures:



on doit avoir :  $A \bar{\sigma}_a \geq T + M/\bar{\sigma}_b$

	4		3		2		1	
sec/m	1-7	2-6	1-7	2-6	1-7	2-6	1-7	2-6
M(t.m)	2,516	2,018	6,013	5,444	8,653	8,164	9,614	9,477
T(t)	2,537	2,742	4,414	5,646	4,571	8,259	6,325	8,915
$\frac{T+M/\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a}$	2,46	2,14	5,48	5,35	7,45	7,97	8,58	9,1

H) fissuration :

$A_{min} = 3T/2 = 3,39 \text{ cm}^2 \quad \bar{\omega}_s = \frac{3,39}{6,30} = 0,0188$

$\sigma_a = \frac{K \eta \bar{\omega}_s}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_s)} = 3165 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$\phi = 12 ; \sigma_a = 2,4 \sqrt{\frac{K \eta}{\phi} \bar{\sigma}_b} = 2607 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_a < \max(\sigma_a, \sigma_b) \rightarrow \text{vérifié.}$

5) Vérification des contraintes :

NiV	Sollici	Sec	M	A	$\bar{\omega}$	E	K	$\sigma_a$	$\sigma_b'$
4	SP <sub>2</sub>	1-7	9,107	3,39	0,305	0,9132	42,6	2712,5	69,7
	SP <sub>2</sub>	2-6	3,249	3,39	0,305	0,9132	42,6	2836,5	66,6
	SP <sub>1</sub>	Travée	0,731	3,39	0,305	0,9132	42,6	638,2	15
3	SP <sub>2</sub>	1-7	6,823	6,88	0,62	0,8840	28,1	3032	108
	SP <sub>2</sub>	2-6	7,241	6,88	0,62	0,8840	28,1	3217,8	114,5
	SP <sub>1</sub>	Travée	1,595	4,62	0,416	0,9012	35,6	1635,4	29,1
2	SP <sub>2</sub>	1-7	9,473	8,1	0,73	0,8762	25,4	3607,5	142
	SP <sub>2</sub>	2-6	10,515	8,1	0,73	0,8762	25,4	4004	157,7
	SP <sub>1</sub>	Travée	2,461	4,62	0,416	0,9012	35,6	1597,6	44,88
1	SP <sub>2</sub>	1-7	10,434	9,12	0,822	0,8705	23,6	3552,1	150,5
	SP <sub>2</sub>	2-6	11,826	9,12	0,822	0,8705	23,6	4026	170,6
	SP <sub>1</sub>	Travée	2,461	6,03	0,443	0,8899	30,4	1239,6	40,78

$\sigma_a < 4200 \text{ kg/cm}^2, \sigma_b < 205,5 \text{ ou } 137 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \text{vérifié}$

6) armatures dans versées : (même espacement admissible que L5L5)

NiV	Travée	T <sub>max</sub>	σ <sub>b</sub>	τ <sub>b</sub>	τ̄ <sub>b</sub>	σ <sub>at</sub>	A <sub>t</sub>	E	t adopté	
									z. nodale	z. courante
4	1-7	2,742	69,7	2,82	30,98	2400	2,01	56,9	9	15
	2-6	2,537	66,6	2,66	30,98	2400	2,01	60,3	9	15
3	1-7	4,415	108	4,54	30,76	2400	2,01	35,3	9	15
	2-6	5,646	114,5	5,81	30,22	2400	2,01	27,68	9	15
2	1-7	4,571	142	4,7	27,9	2400	2,01	34,16	9	15
	2-6	8,259	157,7	8,5	26,6	2400	2,01	18,9	9	15
1	1-7	6,325	150,5	6,5	27,2	2400	2,01	24,5	9	15
	2-6	8,915	170,78	9,18	25,5	2400	2,01	17,91	9	15

on a utilisé des cadres et étriers verticaux  $\phi 8$  Fe 24  
 (1 cadre + 1 étrier)  $\rightarrow A_c = 2,01 \text{ cm}^2$

Vérifications

$t \leq \min (h/4 = 9,25, 12\phi = 14,4, 30) = 9,25 > 9$  (module)

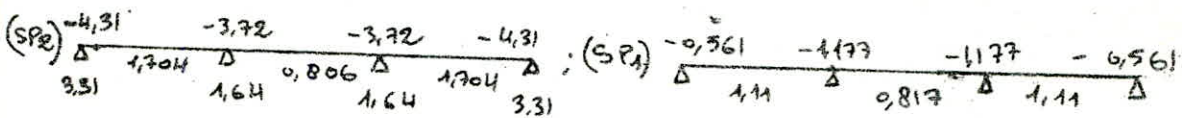
$t \leq h/2 = \frac{37}{2} = 18,5 > 15 \rightarrow$  zone courante

$A_c = 0,003 \cdot 9 \cdot 30 = 0,81 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow$  vérifiée

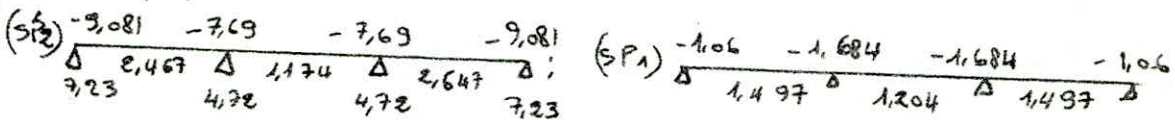
$A_c = 0,003 \cdot 15 \cdot 30 = 1,35 \text{ cm}^2 < 2,01 \text{ cm}^2 \rightarrow$  vérifiée

portique longitudinal: L1, L2  
présentation des moments

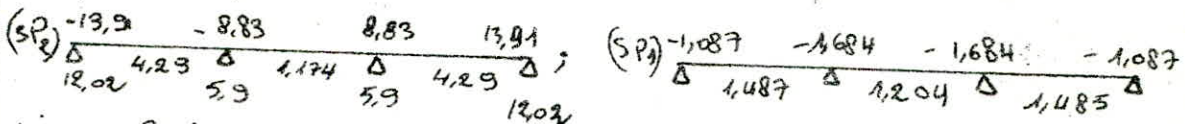
niveau 5



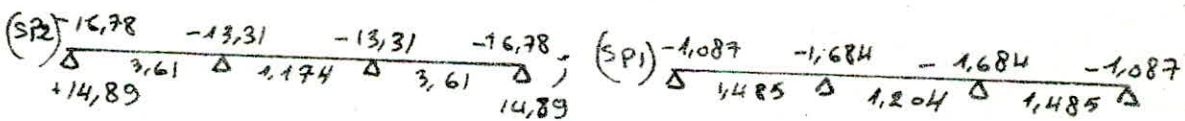
niveau 4



niveau 3



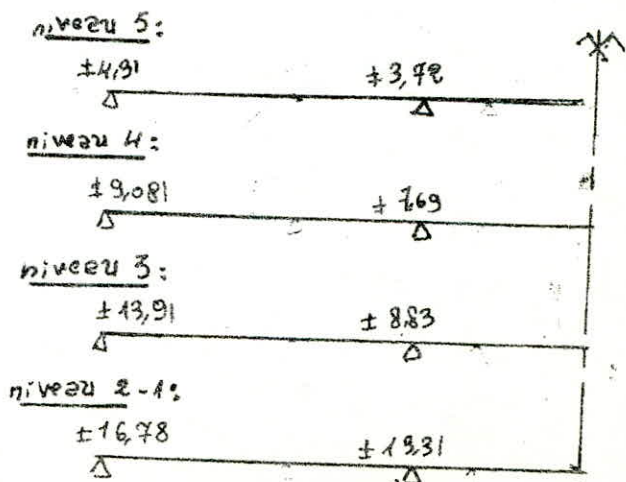
niveau 2-1



• Moments de calcul (SP2):

Remarque: Les moments du niveau "1"  $\approx$  niveau 2"

donc on ferraillera avec les valeurs de moment la plus défavorable de 2 niveau





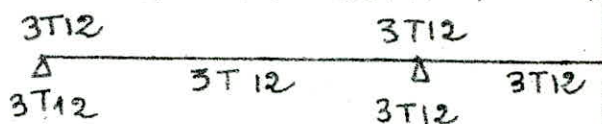
• Sections d'aciens aux appuis:

$b = 30 \text{ cm}; h_c = 40 \text{ cm}; d = d' = 3 \text{ cm}; h = 37 \text{ cm}$

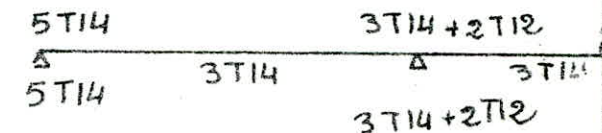
Niv	Section	M(t.m)	$\mu$	E	K	$\sigma_b$	Acal	Aadop	$\emptyset$
5	1-4	4,31	0,03747	99195	45,6	92,1	3,022	3,39	3T12
	2-3	3,72	0,03235	99226	49,6	84,67	2,59	3,39	3T12
4	1-4	9,081	0,07896	98858	28,8	145,84	6,597	7,69	5T14
	2-3	7,69	0,06687	98936	32	131,25	5,54	6,88	3T14 + 2T12
3	1-4	13,91	0,1209	98641	21,8	192,66	10,36	12,91	8T14
	2-3	8,83	0,0767	98871	29,3	143,34	6,405	8,42	4T14 + 2T12
2	1-4	16,78	0,146	98542	19,3	217,61	11,26	16,08	8T16
	2-3	13,31	0,1157	98667	22,5	186,66	9,88	11,12	4T16 + 2T14

Sections d'aciens adoptées:

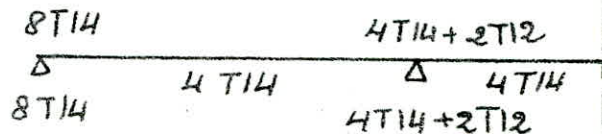
niveau: 5:



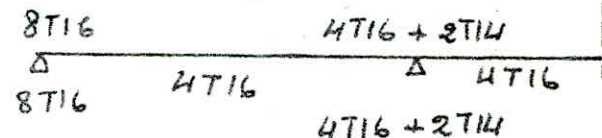
niveau: 4



niveau: 3



niveau: 2-1



• Vérifications:

1) condition de la flèche:

$A_{max} = 4T16 = 8,04 \text{ cm}^2 < b h \frac{43}{50} = 11,36 \text{ cm}^2$

(Vérfiée)

2) condition aux appuis:

• armatures inférieures:

on doit vérifier:

$A_{\bar{\sigma}_a} \geq T + M/3$

Niv	5	5	4	4	3	3	2-1	2-1
Section	1-4	2-3	1-4	2-3	1-4	2-3	1-4	2-3
M(t.m)	3,31	1,64	7,23	4,72	12,02	5,9	14,23	10,37
T(E)	3,54	3,88	6,38	6,72	7,87	8,196	9,64	9,966
$(T + M/3) \bar{\sigma}_a$	3,27	2,13	6,83	5,07	10,91	6,29	12,76	10

A inf de chaque niveau et  $> (T + M/3) \bar{\sigma}_a \rightarrow$  (Vérfiée)

• béton: on doit vérifier que  $c > \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_b'} = c_0$

avec:  $\bar{\sigma}_b' = 102,75$  ;  $c = a - (d+r)$  |  $a = 350\text{mm}$   
 $r = 5,5\phi$   
 $d = 40\text{mm}$

on vérifie seulement pour l'appui de rive qui a un effort tranchant max. de tous les niveaux

$T_{max} = 9,64\text{E}$

$c = 35 - (4 + 1,6 \cdot 5,5) = 22,2 > \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_b'} = 6,25$   
 (Vérifiée)

3) Vérification de la fissuration:

•  $\bar{\omega}_f \text{ min} = \frac{3T_{12}}{2 \cdot b \cdot d} = \frac{3,39}{60,3} = 0,0188$

$\sigma_1 = \frac{K \cdot M \cdot \bar{\omega}_f}{\phi (1 + 10 \bar{\omega}_f)} = \frac{1,5 \cdot 10^6 \cdot 1,6 \cdot 0,0188}{12 \cdot 1,188} = 3169$

•  $\phi_{min} = 12$  :  $\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \cdot M \cdot \bar{\omega}_f}{\phi}} = 2607 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_0 < \max(\sigma_1, \sigma_2) \rightarrow$  (Vérifiée)

4) Vérification de la contrainte:

NIV	Solli	Section	M	A	$\bar{\omega}_f$	$\epsilon$	K	$\sigma_a$	$\sigma_b$
5	SP2	1-2-3-4	4,31	3,39	0,305	0,9136	42,6	3761,1	88,20
	SP2	Travée	1,704	3,39	0,305	0,9136	42,6	1487	341,9
4	SP2	1-4	9,081	7,69	0,693	0,8789	26,3	3632	138
	SP2	2-3	7,69	6,88	0,620	0,884	28,1	3417,3	126,61
	SP2	Travée	2,467	6,03	0,543	0,8899	30,4	1243	48,87
3	SP2	1-4	13,91	12,31	1,109	0,8555	19,6	3577	182,51
	SP2	2-3	8,83	8,42	0,758	0,8744	24,8	3241	130,7
	SP2	Travée	4,29	6,16	0,555	0,8889	30	2117,5	70,58
2	SP2	1-4	16,78	16,08	1,45	0,8408	16,4	3354	2041,5
	SP2	2-3	13,06	11,12	1,002	0,8607	20,9	3688	176,5
1	SP2	Travée	3,61	6,16	0,555	0,8889	30	1782	59,4

Toutes les valeurs de  $\sigma_a$  et  $\sigma_b$  sont inférieures aux valeurs admissibles  $\sigma_a < \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
 $\sigma_b < \bar{\sigma}_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$  }  $\rightarrow$  (Vérifiée)

• Armatures transversales:

sous SP2:  $\bar{\sigma}_b' = 102,75 \text{ kg/cm}^2$ ,  $2 \bar{\sigma}_b' = 205,5 \text{ kg/cm}^2$   
 on utilise ds armatures transversales de  $\phi 8$



(2 cadres) →  $A_c = 301 \text{ cm}^2$   
 1 cadre + 1 liaison  
 $\bar{S}_{at} = \frac{2}{3} S_{en}$  (rapport de bétonnage)

Niv	$T_{\text{max}} (t)$	$S_b$	$Z_b$	$\bar{Z}_b$	$\bar{S}_{at}$	$A_c$	$t$	$t$ adopté	
								$Z_{\text{nodale}}$	$Z_{\text{courte}}$
5	38,74	88,29	3,988	30,98	2400	2,01	40,3	9	15
4	6,716	121,61	6,91	29,35	2400	"	23,25	9	15
3	8,196	182,51	8,43	24,1	2400	"	19	9	15
2-1	9,966	204,53	10,26	22,2	2400	"	15,67	9	15

• Vérifications:

$$Z_b = \frac{T}{b \cdot \bar{Z}_b} < \bar{Z}_b \rightarrow \text{vérifiée}$$

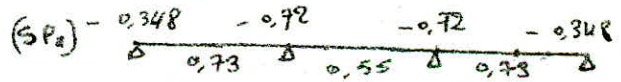
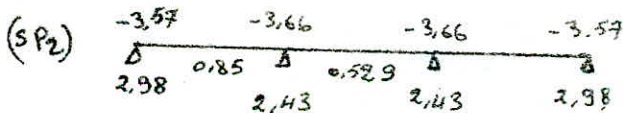
Zone nodale →  $t \leq \min(h/4 = 9,25; 12\phi; 30\text{cm}) = 9,25$  } vérifiée  
 Zone courante  $t \leq h/2 = 18,5$

$$A_c = 2,01 > \begin{cases} 0,003 \cdot s \cdot b = 0,81 & (Z_{\text{nodale}}) \\ 0,003 \cdot s \cdot b = 1,35 & (Z_{\text{courante}}) \end{cases}$$

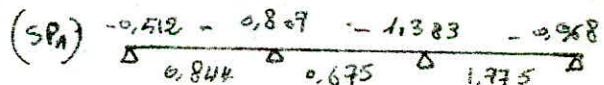
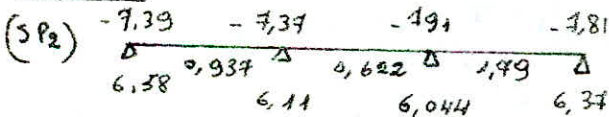
## portique Longitudinal: L<sub>2</sub>-L<sub>3</sub>

présentation des moments

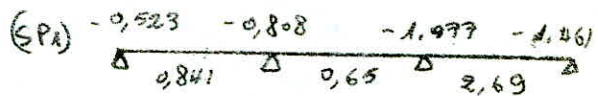
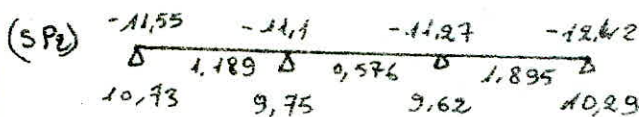
niveau 5:



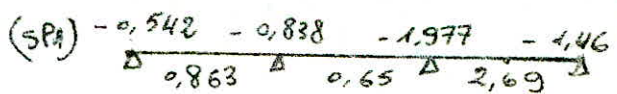
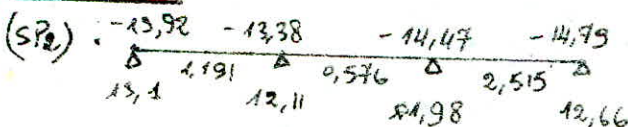
niveau 4:



niveau 3:



niveau 2-1



moments de calcul: (SP2)

niveau 5:



niveau 4:



niveau 3:



niveau 2-1:



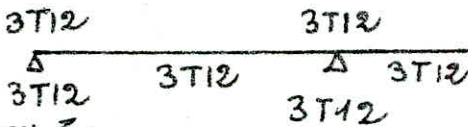
• Sections d'aciens aux appuis:

$b = 300\text{ cm}$     $h_t = 40\text{ cm}$     $d = d' = 30\text{ cm}$     $h_f = 370\text{ cm}$

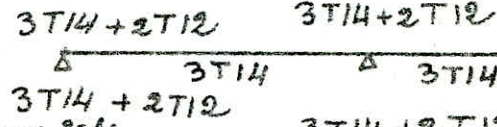
Niv	Section	M(k.m)	$\mu$	$\epsilon$	K	$b_b'$	$A_{cal}$	$A_{adopte}$	$\emptyset$
5	1-2-3-4	3,66	0,0318	0,9231	50	84	2,55	3,39	3T12
4	1-2-3-4	7,91	0,0687	0,8925	31,5	193,33	5,703	688	3T14 + 2T12
3	1-2-3-4	12,42	0,108	0,8701	23,5	178,7	9,185	10,68	4T14 + 4T12
2-1	1-2-3-4	14,72	0,128	0,8644	21	200	11	12,31	8T14

section d'aciens adoptés:

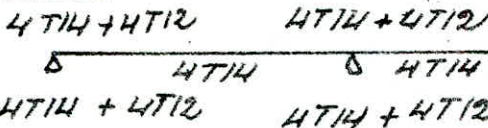
niveau 5:



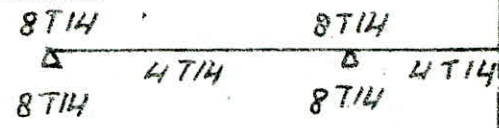
niveau 4:



niveau 3:



niveau 2-1:



• Vérifications: 1) Vérification de la flèche:

-  $h_t = 40\text{ cm} > \ell/16 = \frac{3,65 \cdot 10^2}{16} = 22,81\text{ cm} \rightarrow$  vérifiée

-  $h_t = 40\text{ cm} > \ell/10 = 36,5\text{ cm} \rightarrow$  vérifiée

-  $A^{max}(\text{norme}) = 4T14 = 6,15 \leq b h_f \frac{43}{50} = 11,36\text{ cm}^2 \rightarrow$  vérifiée.

aucune justification de la flèche n'est nécessaire.

2) condition de non fragilité:

$A \geq b h_f \frac{1}{4} \frac{50}{80} \left(\frac{h_t}{h_f}\right)^2 = 1,48 \rightarrow$  vérifiée.

3) condition aux appuis:



• béton :  $C \geq \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}_b} = (a - d + r^{max}) \geq \frac{2T^{max}}{b_0 \bar{\sigma}_b}$  avec  $\phi = 14$

$C_{min} = a - (d + r^{max}) = 23,3 \geq \frac{2T^{max}}{b_0 \bar{\sigma}_b} = 6,69 \text{ cm} \rightarrow \text{Vérifiée}$

• armatures inférieures :

on doit vérifier :  $A \geq \frac{(T + M/8)}{\sigma_s}$

Niv	5		4		3		2-1	
section	1-4	2-3	1-4	2-3	1-4	2-3	1-4	2-3
M (T.m)	2,98	2,43	6,58	6,11	10,73	9,75	13,1	12,11
T (t)	2,758	2,962	5,95	6,16	9,15	9,41	10,32	10,59
$(T+M/8) \bar{\sigma}_0$	2,85	2,49	6,26	5,96	10,1	9,41	12,1	11,42

$A_{min}$  de chaque niveau  $\leq \frac{(T + M/8)}{\sigma_s}$

4) Vérification de la fissuration :

$\bar{\omega}_f = \frac{A_{min}}{2bd} = 0,0188$

$\Rightarrow \sigma_1 = \frac{KM \bar{\omega}_f}{\sigma \cdot 1 + 10 \bar{\omega}_f} = 3165 \rightarrow \sigma_1 < \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{(Vérifiée)}$

5) Vérification des contraintes :

Niv	Section	M	A	$\bar{\omega}_f$	$\epsilon$	K	$\bar{\sigma}_a$	$\bar{\sigma}_b$	Solli
5	1-2-3-4	3,66	3,39	0,305	0,9136	42,6	3194	75	SP2
	travée	0,73	3,39	0,305	0,9136	42,6	637	10,95	SP1
4	1-2-3-4	7,91	6,88	0,62	0,8840	28,1	3515	125,1	SP2
	travée	1,775	4,62	0,416	0,9012	35,6	1152	32,36	SP1
3	1-2-3-4	12,142	10,68	0,962	0,8626	21,4	3644	170,26	SP2
	travée	2,69	6,16	0,555	0,8889	30	1328	44,26	SP1
2-1	1-2-3-4	14,79	12,31	1,11	0,8555	19,6	3796	193,65	SP2
	travée	2,69	6,16	0,555	0,8889	30	1328	44,26	SP1

Toutes les contraintes  $\bar{\sigma}_a$  et  $\bar{\sigma}_b$  sont bien inférieures aux contraintes admissibles  $\bar{\sigma}_a$  et  $\bar{\sigma}_b$

• Armatures transversales :

on utilise des  $\phi 8$ , (2 cadres)  $\rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$   
(1 cadre + étrépis)

Niv	T <sup>max</sup>	$\bar{\sigma}_b$	$\bar{\sigma}_b$	$\bar{\sigma}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	A <sub>t</sub>	t	t adopté	
								2. nodal	2. couron
5	2,962	74,97	3,049	30,97	2400	2,01	52,73	9	14
4	6,16	125,1	6,34	39	"	"	25,35	9	14
3	9,41	170,26	9,68	25,16	"	"	16,59	9	14
2-1	10,59	193,65	10,9	25,14	"	"	14,74	9	14

• Vérifications

$\bar{\sigma}_b = \frac{T_{max}}{b \delta} < \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{vérifiée}$

$t \leq \min (h/4 = 9,25, 12\phi, 30\text{cm}) = 9,25 \rightarrow (Z. \text{nodale})$   
 $t \leq h/2 = 18,5 \quad (Z. \text{courante})$

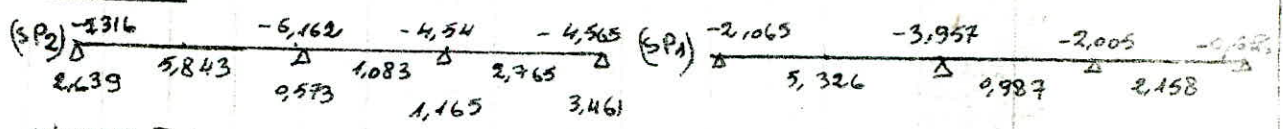
$\Rightarrow A_t = 2,01 > \begin{cases} \rightarrow 9,003 \text{ s. b} = 0,81 \quad (Z. \text{nodale}) \\ \rightarrow 9,003 \text{ s. b} = 1,26 \quad (Z. \text{courante}) \end{cases}$   
(Vérifiée)



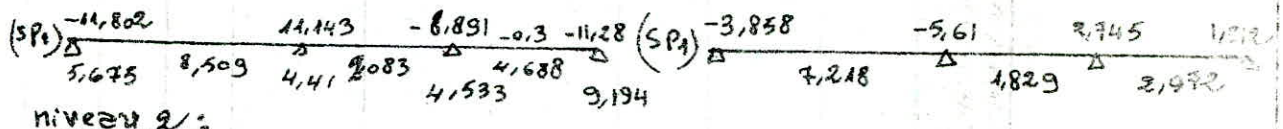
# Portique transversal: T<sub>5</sub>-T<sub>6</sub>

## présentation des moments

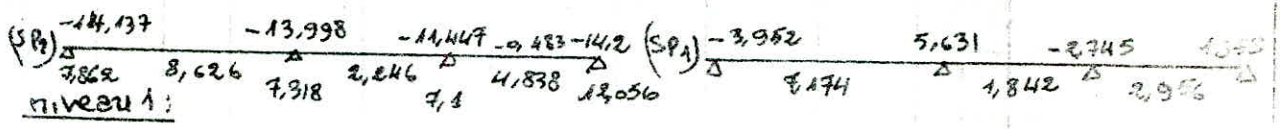
niveau 4:



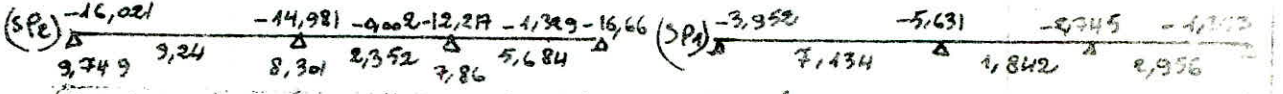
niveau 3:



niveau 2:



niveau 1:



● section d'aciers aux états supérieures et inférieurs:

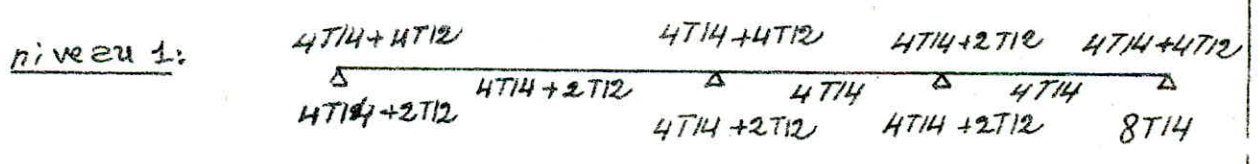
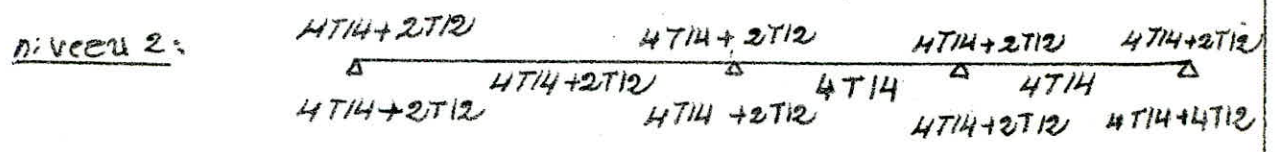
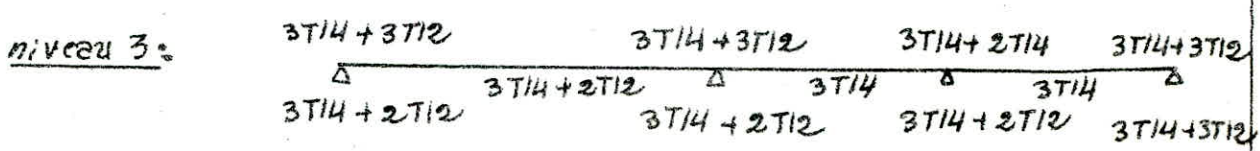
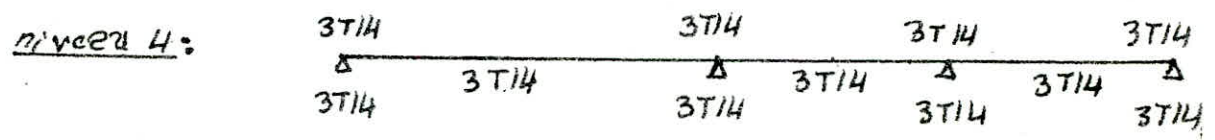
Niv	app	sol	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	μ	E	K	σ <sub>s</sub>	A <sub>cal</sub>	A <sub>adop</sub>	Ø
4	1	SP2	5,316	2,639	0,0286	0,9265	53	79,3	2,91	4,62	3T14
	2	"	6,162	0,573	0,0332	0,9217	489	85,9	3,39	4,62	3T14
	3	"	4,541	1,165	0,0245	0,9316	582	121,7	2,47	4,62	3T14
	4	"	4,565	3,461	0,0246	0,9318	584	71,92	2,48	4,62	3T14
3	1	"	11,802	5,675	0,0636	0,8958	33	127,28	6,68	8,01	3T14 + 2T12
	2	"	11,143	4,41	0,06	0,8984	342	122,8	6,28	8,01	3T14 + 2T12
	3	"	8,891	4,533	0,0479	0,9097	392	107,14	4,97	6,88	3T14 + 2T12
	4	"	12,277	9,194	0,0608	0,8977	33,9	123,9	6,71	8,01	3T14 + 2T12
2	1	"	14,137	7,862	0,0761	0,8876	29,5	142,38	8,1	8,42	4T14 + 2T12
	2	"	13,998	7,318	0,0754	0,8879	29,6	141,9	7,99	8,42	4T14 + 2T12
	3	"	11,147	7,09	0,0617	0,8969	33,5	125,3	6,47	8,42	4T14 + 2T12
	4	"	14,204	12,056	0,0765	0,8874	29,4	142,86	8,11	8,42	4T14 + 2T12
1	1	"	16,021	9,749	0,0863	0,8815	27,2	154,41	9,21	10,68	4T14 + 2T12
	2	"	14,981	8,301	0,0807	0,8848	28,4	147,9	8,58	10,68	4T14 + 2T12
	3	"	12,217	7,86	0,0658	0,8943	32,3	130	6,92	8,42	4T14 + 2T12
	4	"	16,665	14,518	0,0878	0,8795	26,5	158,5	9,6	10,68	4T14 + 2T12



• armatures entravées :

Niv	travée	Soll	M	$\mu$	E	K	$\sigma_b$	A <sub>cal</sub>	A <sub>adop</sub>	$\emptyset$
4	1-2	SP1	5326	90431	99120	418	66,98	4,44	4,62	3T14
	2-3	SP1	9987	9008	99597	109	25,69	0,79	4,62	3T14
	3-4	SP1	2158	90174	99419	71	39,40	1,75	4,62	3T14
3	1-2	SP1	7218	90583	98996	348	80,46	6,10	688	3T14 + 2T12
	2-3	SP1	1829	90148	9946	77,5	36,13	1,47	4,62	3T14
	3-4	SP2	4688	90253	99308	57,2	73,43	2,56	4,62	3T14
2	1-2	SP1	7174	9058	99	35	80	6,06	8,42	4T14 + 2T12
	2-3	SP1	1842	90149	99457	77	36,37	1,48	6,16	4T14
	3-4	SP2	4838	90261	993	56,3	74,6	2,64	6,16	4T14

• sections d'aciers adoptées :



• Vérfications

1) verrfication de la fleche :

-  $h_b = 50cm > \frac{e}{16} = \frac{565}{16} = 35,31 cm$

-  $h_b = 50cm > \frac{e}{10} \cdot \frac{M_b}{M_0} \rightarrow \text{pour } e = 365 \rightarrow \text{(Vérifiée)}$

La longueur de la 1<sup>re</sup> travée m'a pas vérifiée la condition, donc on s'arrête

Niv	travée	l(m)	M <sub>b</sub>	M <sub>0</sub>	$\frac{M_b}{M_0} \cdot \frac{e}{10}$
4	1-2	5,65	5326	7977	37,72
3	"	"	7218	10914	3736
2	"	"	7174	10914	3714
1	"	"	7174	10914	3714

un calcul exacte avec  $M_b \neq M_0$



-  $A < b h \cdot \frac{43}{5m} = 30.47 \frac{43}{4200} = 14,43 \text{ cm}^2$

$A_{\text{pro}} = 4T/2 + 2T/2 = 8,42 \text{ cm}^2 < 14,43 \rightarrow \text{vérifiée}$

Les 3 conditions sont vérifiées donc aucune justification de la flèche n'est nécessaire.

2) condition de non fragilité:

$A \geq b \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h}{h_0}\right)^2 = 30.47 \cdot 0,54 \cdot \frac{59}{2800} \left(\frac{50}{47}\right)^2 = 1,81 \text{ cm}^2$   
 ce qui est vérifié pour toutes les sections

3) condition aux appuis:

- Béton: on doit vérifier:  $C \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = C_0$

$C = a - (d+r)$

$a = 35 \text{ cm}$   
 $d = 40 \text{ cm}$   
 $r = 5,5 \text{ cm}$

Niv	appui	4	3	2	1
T	1	6,067	9,278	9,985	10,408
	4	4,839	8,496	9,868	10,676
C	1	23,3	23,3	23,3	23,3
	4	"	"	"	"
C <sub>0</sub>	1	3,94	6,02	6,48	6,76
	4	3,14	5,51	6,4	6,93

$C > C_0 \rightarrow \text{(vérifiée)}$

• armatures supérieures: on doit vérifier que  $A > (T + M/3) \bar{\sigma}_a$

Niv	4				3			
	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A
1	2,039	6,067	2,97	4,62	5,675	9,278	5,5	6,88
2	0,573	6,735	1,94	4,62	4,41	9,876	4,91	6,88
3	1,165	4,594	1,77	4,42	4,583	9,253	4,83	6,88
4	3,461	4,839	3,16	4,42	9,194	8,496	7,35	8,01

Niv	2				1			
	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A
1	7,862	9,985	6,93	8,42	9,749	10,408	8,13	8,42
2	7,318	10,56	6,75	8,42	8,301	10,982	7,42	8,42
3	7,09	10,602	6,63	8,42	7,86	11,41	7,27	8,42
4	14,056	9,868	9,33	10,68	14,518	10,676	10,95	12,31

$A > (T + M/3) \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifiée}$



4) pourcentage d'acier:

La quantité d'acier utilisée le long de la poutre est bien comprise dans l'intervale (4,25, 35,25) → (vérifié)

5) condition de non entraînement des barres:

n doit avoir  $\tau_d \leq \bar{\tau}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b = 2,15 \cdot 5,9 = 12,74 \text{ kg/cm}^2$   
 $\tau_d = \frac{T_{max}}{n p s} = 2,15 \cdot 8,85 = 19,03 \text{ (SP2)}$

N.B on prend le  $T_{max}$  des appuis ou on a le même ferrailage.

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

NiV	H	3	2	1		
appuis	12,34	1,23	4	12,34	1,23	4
$T_{max}$	5,983	8,038	8,496	8,026	8,026	10,676
nP	13,19	20,73	24,5	25,13	25,13	32,67
$\tau_d$	11,03	9,43	8,43	7,76	7,76	7,95
$\bar{\tau}_d$	17,7	17,7	26,55	17,7	17,7	26,55

6) fissuration: on la vérifie avec  $A_{min}$  de toute les sections

$A_{min} = 3 T_{14} = 4,62$  ;  $\bar{\omega}_f = 0,0257$

$\sigma_a = \frac{K \sigma \bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} = 3504,9 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \text{ (Vérifié)}$

7) Vérification de la contrainte:

$\sigma_a < \bar{\sigma}_a$   
 et  
 $\sigma_b < \bar{\sigma}_b$   
 → (Vérifié)

NiV	sectm	M	A	$\bar{\omega}$	$\epsilon$	K	$\sigma_a$	$\sigma_b$
4	1	5,316	4,62	0,328	0,9106	40,9	2688,6	65,7
	2	6,162	4,62	"	"	"	3116,4	76,2
	3	4,541	4,62	"	"	"	2296,6	56,1
	4	4,565	4,62	"	"	"	2308,8	56,5
	1-2	5,326	4,62	0,328	0,9106	40,9	2693,3	65,85
3	1	11,802	8,01	0,568	0,8879	29,6	3530,7	119,3
	2	11,143	8,01	0,568	0,8879	29,6	3333,5	112,6
	3	8,891	6,88	0,488	0,8945	32,4	3073,9	94,9
	4	11,277	8,01	0,568	0,8879	29,6	3373,7	113,9
	1-2	7,326	6,88	0,488	0,8945	32,4	2593	78,18
2	1	14,137	8,42	0,597	0,8856	28,7	403,8	140,5
	2	13,998	8,42	"	"	"	3994,1	139,1
	3	11,447	8,42	"	"	"	3266,2	113,8
	4	14,204	8,42	"	"	"	4053	141,2
	1-2	7,174	8,42	0,597	0,8856	28,7	2047	71,3
1	1	16,021	10,68	0,758	0,8744	24,8	3650,2	147,2
	2	14,981	10,68	0,758	0,8744	24,8	3413,2	137,6
	03	12,217	8,42	0,597	0,8856	28,7	3486	121,5
	4	16,665	10,68	0,758	0,8744	24,8	3797	153,1
	1-2	7,174	8,42	0,597	0,8856	28,7	2047	71,3



armatures transversales :

on prend pour les niveaux H-3, (1 cadre + 1 étier)  $\phi 8$

pour les autres on prend (2 cadres)  $\phi 8 \Rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

sol	Niv	travée	Tmax	$\sigma_b$	$\epsilon_b$	$\bar{\epsilon}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	A <sub>t</sub>	t	t adoptée	
										Z. nodale	Z. courante
SPA	H	1-2	5,883	50,8	4,85	20,65	1600	2,01	22,1	11	18
SPA		2-3	4,01	50,8	3,25	29,65	1600	2,01	32,99	11	18
SPA		3-4	4,018	37,66	3,25	20,65	1600	2,01	32,9	11	18
SPA	3	1-2	8,038	79,53	6,515	19,6	1600	2,01	16,45	11	15
SP2		2-3	8,531	112,6	6,92	30,38	2400	"	23,25	11	18
SP2		3-4	9,253	113,9	7,5	30,27	2400	"	21,44	11	18
SPA	2	1-2	8,026	93,66	6,5	18,36	1600	"	16,48	11	15
SP2		2-3	9,883	139,1	8,01	28,15	2400	"	20,1	11	18
SP2		3-4	10,602	141,2	8,6	27,98	2400	"	18,7	11	18
SPA	1	1-2	8,026	98,13	6,5	17,98	1600	"	16,5	11	15
SP2		2-3	10,322	137,6	8,4	28,28	2400	"	19,3	11	15
SP2		3-4	11,41	153,1	9,3	26,98	2400	"	17,4	11	15

verification :

$\epsilon_b < \bar{\epsilon}_b \rightarrow$  vérifiée

(Z. nodale)  $t \leq \min \left( \frac{h}{4} = 11,75 ; 12 \phi, 30 \text{ cm} \right) = 11,75$  } vérifiée

(Z. courante)  $t \leq \frac{h}{2} = 23,5$

$A_t^{\min} = 0,003 \sigma_b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 < 2,01$

(Vérifiée)



# Portique transversal: T<sub>6</sub>-T<sub>6</sub>

## présentation des moments

niveau 4:

(SP <sub>2</sub> )	-6,255	-8,812	-6,602	-4,602	(SP <sub>1</sub> )	-3,336	-6,55	-3,207	-1,054
Δ	0,724	8,684	1,824	3,57	Δ	8,711	1,767	3,546	
		0,181	1,449	2,855					

niveau 3:

(SP <sub>2</sub> )	-12,108	-14,11	-11,476	-10,728	(SP <sub>1</sub> )	-5,018	-7,55	-3,545	-1,699
Δ	4,694	9,837	3,208	4,332	Δ	19,04	8,952	4,161	
		6,567	6,239	8,22					

niveau 2:

(SP <sub>2</sub> )	-15,074	-17,756	-15,194	14,403	(SP <sub>1</sub> )	-5,142	-7,57	-3,538	-1,75
Δ	7,478	9,981	3,206	4,205	Δ	9,989	2,967	4,144	
		10,281	9,974	11,817					

niveau 1:

(SP <sub>2</sub> )	-17,125	-20,037	-16,841	-16,634	(SP <sub>1</sub> )	-5,142	-7,57	-3,538	-1,75
Δ	9,525	10,246	3,523	4,557	Δ	9,989	2,967	4,144	
		12,562	11,621	14,05					

• section d'aciers aux appuis supérieures et inférieures :

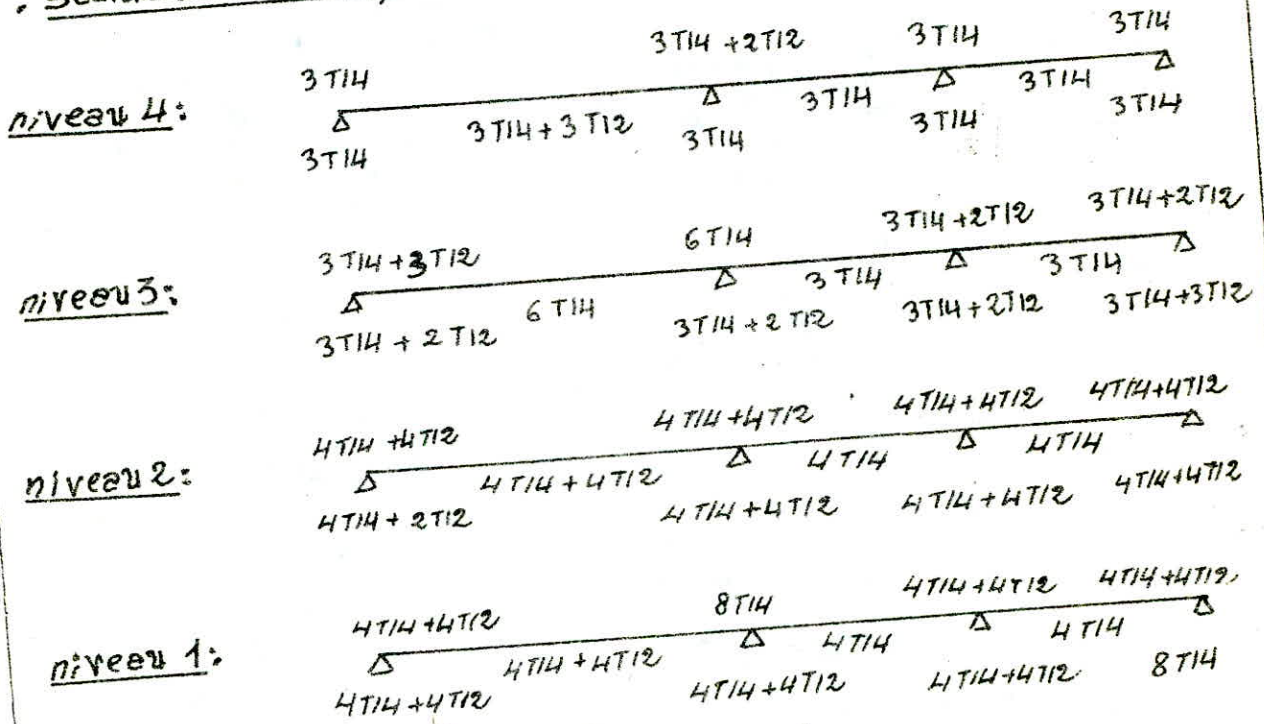
N.V	fil	soll	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	μ	ε	K	G <sub>b</sub>	A <sub>cal</sub>	A <sub>actp</sub>	Ø
4	1	SP <sub>2</sub>	6,255	0,0337	0,9211	484	86,78	5,44	4,62	3 T14	3 T14
	2	SP <sub>1</sub>	6,55	0,053	0,9038	37	75,67	5,52	6,88	3 T14	3 T14 + 2 T12
	3	SP <sub>2</sub>	6,602	0,0356	0,9191	46,8	89,8	3,64	4,62	3 T14	3 T14
	4	"	4,602	0,0248	0,9313	59,9	72,54	2,51	4,62	3 T14	3 T14
3	1	SP <sub>2</sub>	12,108	0,0653	0,8947	32,5	129,23	6,86	8,01	3 T14 + 2 T12	3 T14 + 3 T12
	2	"	14,11	0,076	0,8876	29,5	142,38	8,06	9,32	3 T14 + 2 T12	6 T14
	3	"	11,476	0,0618	0,8971	33,6	125	6,48	6,88	3 T14 + 2 T12	3 T14 + 2 T12
	4	"	10,728	0,0578	0,9	35	120	6,04	6,88	3 T14 + 2 T12	3 T14 + 2 T12
2	1	SP <sub>2</sub>	15,074	0,0812	0,8845	28,3	158,4	8,64	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
	2	"	17,756	0,0957	0,8765	25,5	167,7	10,27	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
	3	"	15,194	0,0819	0,8840	28,1	149,5	8,71	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
	4	"	14,403	0,0776	0,8866	29,1	144,3	8,23	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
1	1	SP <sub>2</sub>	17,125	0,0922	0,8783	26	161,54	9,88	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
	2	"	20,037	0,1079	0,8701	23,7	177,2	11,67	12,91	8 T14	8 T14
	3	"	16,841	0,0908	0,8783	26,3	159,7	9,71	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12
	4	"	16,634	0,0896	0,8795	26,5	158,5	9,59	10,68	4 T14 + 4 T12	4 T14 + 4 T12



armatures en travée:

Niv	Travée	Soll	M	$\mu$	$\epsilon$	K	$\sigma'_s$	A <sub>cal</sub>	A <sub>abp</sub>	$\emptyset$
4	1-2	SPA	8,711	0,0704	0,8913	31	90,33	7,43	8,01	3T14 + 3T12
	2-3	SPA	1,767	0,0143	0,9468	79	35,45	1,12	4,62	3T14
	3-4	SPA	3,546	0,0287	0,9268	53,3	52,54	2,91	4,62	3T14
3	1-2	SPA	10,04	0,0812	0,8845	28,3	98,94	8,63	9,23	6T14
	2-3	SDA	2,952	0,0238	0,9326	59,3	47,22	2,41	4,62	3T14
	3-4	SPA	4,161	0,0336	0,9211	48,4	57,86	3,44	4,62	3T14
2	1-2	SPA	9,989	0,0807	0,8848	28,4	98,6	8,58	10,68	4T14 + 4T12
	2-3	SPA	2,967	0,0239	0,9324	59	47,46	2,42	6,16	4T14
1	3-4	SPA	4,144	0,0335	0,9214	48,6	57,62	3,42	6,16	4T14

sections d'acières adoptées:



Vérifications:

1) Vérification de la flèche:

$h_e = 500\text{mm} > \frac{l}{16} = \frac{562,5}{16} = 35,16 \rightarrow$  (Vérifiée)

2-3; 3-4 et support de la vérification

$h_e \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0} \cdot l$ , pour les travées  
 pour le cas ( $M_t = M_0$ ). pour  
 la travée (1-2);  $\frac{l}{10}$  est supérieur  
 à  $h_e$  d'où la nécessité d'un calcul  
 exact:

Niv	Travée	l(m)	$M_t$	$M_0$	$\frac{M_t}{M_0} \cdot \frac{l}{10}$
4	1-2	5,625	8,711	12,925	37,91
3	"	"	10,04	14,226	39,7
2	"	"	9,989	14,226	39,5
1	"	"	9,989	14,226	39,5

$$A < b h \frac{43}{50} = 30.47 \frac{43}{42,00} = 14,43 \text{ cm}^2$$

$$A_{max} = 4T/2 + 2T/2 = 8,42 \text{ cm}^2 < 14,43 \rightarrow \text{v\u00e9rifi\u00e9e}$$

Les 3 conditions sont v\u00e9rifi\u00e9es donc aucune justification de la fl\u00e9che n'est n\u00e9cessaire.

2) condition de non fragilit\u00e9:

$$A \geq b \cdot h \cdot \frac{1}{4} \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h}{h_0}\right)^2 = 30.47 \cdot 0,54 \frac{5,9}{2,800} \left(\frac{50}{47}\right)^2 = 1,81 \text{ cm}^2$$

ce qui est v\u00e9rifi\u00e9e pour toutes les sections

3) condition aux appuis:

• B\u00e9ton: on doit v\u00e9rifier:  $C \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = C_0$

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

$$a = 35 \text{ cm}$$

$$d = 40 \text{ cm}$$

$$r = 5,5 \text{ \textcircled{x}}$$

Niv	appui	4	3	2	1
T	1	9,313	11,384	12,3	12,894
	4	6,906	9,99	11,843	12,812
C	1	23,3	23,3	23,3	23,3
	4	23,3	23,3	23,3	23,3
C <sub>0</sub>	1	6,05	7,39	7,98	8,37
	4	4,48	6,48	7,69	8,32

$$C > C_0 \rightarrow \text{(v\u00e9rifi\u00e9e)}$$

• armatures inf\u00e9rieures: on doit v\u00e9rifier que  $A > (T + M/3) \bar{\sigma}_a$

Niv	4				3			
	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	A
1	0,724	9,315	2,64	4,62	4,694	11,384	5,43	6,88
2	0,191	10,428	2,59	4,62	6,567	12,234	6,72	6,88
3	1,449	8,07	2,76	4,62	6,239	10,954	6,22	6,88
4	2,855	6,906	3,3	4,62	8,22	9,99	7,14	8,01

Niv	2			1		
	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$	M	T	$(T+M/3)\bar{\sigma}_a$
1	7,478	12,3	7,25	8,42	9,529	12,894
2	10,281	13,106	9,07	10,68	12,562	13,702
3	9,974	12,775	8,82	10,68	11,621	13,744
4	11,817	11,843	9,55	10,68	14,05	12,812

$$A > (T + M/3) \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{v\u00e9rifi\u00e9e}$$



4) pourcentage d'acier:

La quantité d'acier utilisée le long de la poutre est bien comprise dans l'intervalle (4,25; 35,25) → (vérifiée)

5) condition de non entrainement des bords:

on doit avoir:  $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$

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

$$= 2 \cdot 1,5 \cdot 8,85 = 26,55 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_d = \frac{T_{max}}{n P \xi}$$

NB: on prend le  $T_{max}$  des appuis où on a le même ferrillage:

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

N.Y	4	3	2	1	
appuis	12,34	12,34	1	2,34	1,234
$T_{max}$	5,983	8,038	7,43	8,026	8,026
$n P$	13,19	29,73	25,13	32,67	32,67
$\tau_d$	11,03	9,43	7,19	5,98	5,98
$\bar{\tau}_d$	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7

6) fissuration: La vérification se fera seulement avec  $A_{min}$  de toute la section  $A_{min} = 3T14 = 4,62$ ;  $\omega_f = 0,0257$

$$\sigma_a = \frac{K M \omega_f}{\phi (1 + 10 \omega_f)} = 3504,9 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \text{ (Vérifiée)}$$

7) Vérification de la contrainte:

$\sigma_a < \bar{\sigma}_a$   
 et  
 $\sigma_b < \bar{\sigma}_b$   
 → (Vérifiée)

Niv	section	M	A	$\omega$	E	K	$\sigma_a$	$\sigma_b$
4	1	6,255	4,62	0,328	0,9106	40,9	3167,5	77,3
	2	6,55	6,88	0,488	0,8945	32,4	2244,5	69,9
	3	6,602	4,62	0,328	0,9106	40,9	3339	81,64
	4	4,602	4,62	0,328	0,9106	40,9	2327,5	56,9
	1-2	8,741	8,01	0,568	0,8879	29,6	2606	188
3	1	12,108	8,01	0,568	0,8879	29,6	3622,3	122,38
	2	14,11	9,32	0,661	0,8810	27	3656,3	135,4
	3	11,476	6,88	0,488	0,8945	32,4	3968	122,5
	4	10,728	6,88	0,488	0,8945	32,4	3709	114,4
	1-2	10,04	9,23	0,655	0,8812	27,1	2626,4	96,9
2	1	15,074	10,68	0,758	0,8744	24,8	3434,4	138,5
	2	17,756	10,68	"	"	24,8	4045,5	163,1
	3	15,194	10,68	"	"	"	3461,7	139,6
	4	14,403	10,68	"	"	"	3282	136,8
	1-2	9,989	10,68	"	"	"	2276	94,8
1	1	17,125	10,68	"	"	"	3902	162,6
	2	20,037	12,31	0,873	0,8674	22,7	3993	175,9
	3	16,841	10,68	0,758	0,8744	24,8	3837	159,9
	4	16,634	10,68	0,758	0,8744	24,8	3790	158
	1-2	9,989	10,68	0,758	0,8744	24,8	2276	94,8

Armetures Transversales :

on prend pour les niveaux 4, 3 (1 cadre + 1 étrier)  $\phi 8$   
 pour les autres on prend (2 cadres)  $\phi 8 \Rightarrow A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

Niv	Travée	Soll.	Tmax	Sb	cb	cb̄	Sat	At	t	t adoptée	
										Z.N	Z.C
4	1-2	SP1	9,765	88	7,92	18,85	1600	2,01	13,54	11	15
	2-3	SP1	6,92	54,42	5,2	20,65	1600	"	20,92	11	18
	3-4	SP1	6,52	54,42	5,3	20,65	1600	"	20,3	11	18
3	1-2	SP1	10,561	90,26	8,56	18,66	1600	"	12,52	11	15
	2-3	SP2	10,88	135,4	8,82	28,46	2400	"	18,23	11	18
	3-4	SP2	10,954	122,5	8,88	29,5	2100	"	18,11	11	18
2	1-2	SP1	10,547	108,73	8,55	17,034	1600	"	12,54	11	15
	2-3	SP2	12,718	163,1	10,31	26,14	2400	"	15,6	11	15
	3-4	SP2	12,775	139,6	10,35	28,11	2400	"	15,5	11	15
1	1-2	SP1	10,547	117,26	8,55	16,3	1600	"	12,54	11	15
	2-3	SP2	13,7	175,9	11,1	25,1	2400	"	14,48	11	15
	3-4	SP2	13,744	159,9	11,14	26,4	2400	"	14,43	11	15

Vérification :

$c_b < \bar{c}_b \rightarrow$  (Vérifiée)

(Z nodale)  $t \leq \min (h/4 = 11,75 ; 12\phi ; 30\text{cm}) = 11,75$  } Vérifiée  
 (Z courante)  $t \leq h/2 = 23,5 \text{ cm}$

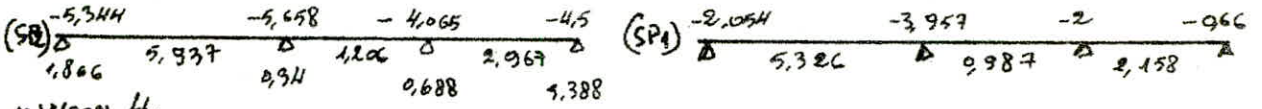
$A_t^{min} = 0,0038b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 < 2,01 \rightarrow$  Vérifiée



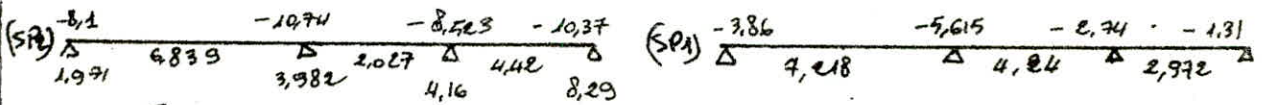
# Portique transversal: T<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

## présentation des moments

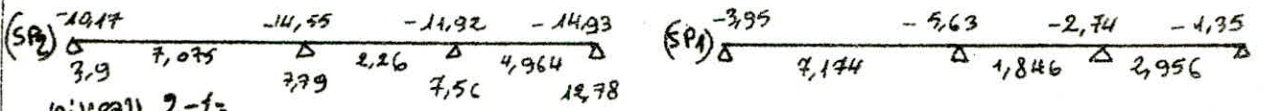
niveau 5:



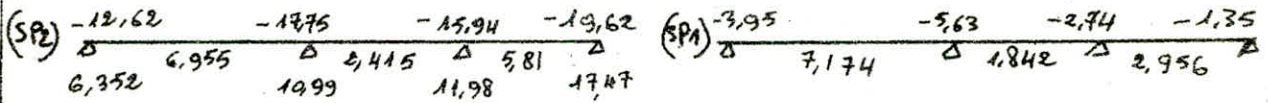
niveau 4:



niveau 3:



niveau 2-1:



section de cis aux étages supérieures et inférieures:

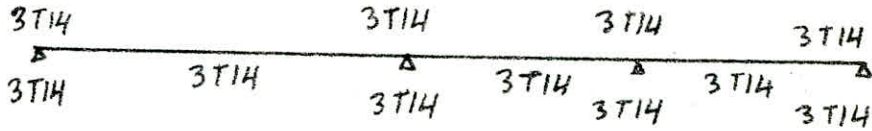
NiV	aff	Soll	M <sub>sup</sub>	M <sub>inf</sub>	μ	ε	K	β <sub>0</sub>	A <sub>cal</sub>	A <sub>adap</sub>	Ø	
5	1	SP2	5,344	1,866	0,0288	0,927	53,6	79,24	2,02	4,62	3T14	3T14
	2	SP2	3,957	0,34	0,032	0,9231	50	56	3,26	"	3T14	3T14
	3	SP2	4,065	0,688	0,022	0,9351	62	67,74	2,2	"	3T14	3T14
	4	"	4,5	3,388	0,024	0,9324	59	71,2	2,45	"	3T14	3T14
4	1	SP2	8,096	1,971	0,044	0,9114	44,4	101,15	4,5	6,88	3T14+2T12	3T14
	2	"	10,74	3,982	0,058	0,9	35	120	6,04	8,01	3T14+3T12	3T14
	3	"	8,523	4,16	0,046	0,9309	40,2	104,5	4,75	6,88	3T14+2T12	3T14
	4	"	10,97	8,29	0,0558	0,9016	35,8	117,4	5,82	6,88	3T14+2T12	3T14+2T12
3	1	SP2	10,17	3,902	0,045	0,9020	36	116,67	5,71	8,42	4T14+2T12	4T14
	2	"	14,55	7,79	0,078	0,8804	29	144,8	8,92	10,68	4T14+4T12	4T14+2T12
	3	"	11,92	7,56	0,064	0,8956	32,9	127,6	6,74	8,42	4T14+2T12	4T14+2T12
	4	"	14,93	12,78	0,0804	0,8851	28,5	147,4	8,55	10,68	4T14+4T12	4T14+4T12
2	1	SP2	12,62	6,35	0,068	0,8929	34,7	132,5	7,16	11,12	4T16+2T14	4T16
	2	"	17,45	10,99	0,0956	0,8735	25,5	164,7	10,29	11,12	4T16+2T14	4T16+2T14
	3	"	15,94	11,98	0,086	0,8818	27,3	154	9,16	11,12	4T16+2T14	4T16+2T14
	4	"	19,62	17,47	0,106	0,8711	23,8	176,5	11,41	14,19	4T16+4T14	4T16+4T14
1	1	SP2	15,94	8,0624	0,0941	0,8771	25,7	163,4	10,1	14,19	4T16+4T14	4T16+4T14
	2	"	19,62	17,47	0,106	0,8771	25,7	163,4	10,1	14,19	4T16+4T14	4T16+4T14
	3	"	15,94	8,0624	0,0941	0,8771	25,7	163,4	10,1	14,19	4T16+4T14	4T16+4T14
	4	"	19,62	17,47	0,106	0,8771	25,7	163,4	10,1	14,19	4T16+4T14	4T16+4T14



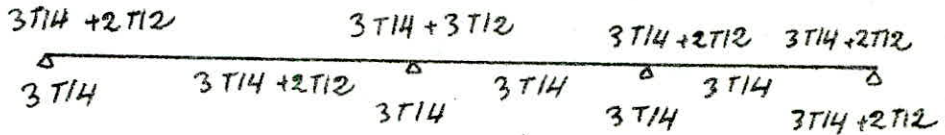
armatures en trevée:

Niv	travée	soll	M	$\mu$	E	K	$\sigma_b'$	A <sub>cal</sub>	A <sub>adap</sub>	$\emptyset$
5	1-2	SPA	5,326	0,0413	0,9123	42	66,66	4,44	4,62	3T14
	2-3	SPA	0,987	0,00798	0,9597	109	25,7	0,78	4,62	3T14
	3-4	SPA	2,158	0,0175	0,9415	70,5	39,41	1,74	4,62	3T14
4	1-2	SPA	7,218	0,058	0,9	35	80	6,1	6,88	3T14 + 2T12
	2-3	SPA	4,24	0,0343	0,9206	48	58,33	3,5	4,62	3T14
	3-4	SPA	2,972	0,024	0,9324	59	47,45	2,42	4,62	3T14
3	1-2	SPA	7,174	0,058	0,9	35	80	6,06	8,42	4T14 + 2T12
	2-3	SPA	1,846	0,013	0,9457	77	36,4	1,48	6,16	4T14
	3-4	SP2	4,964	0,027	0,9286	55	76,4	2,71	6,16	4T14
2	1-2	SPA	7,174	0,058	0,9	35	80	6,06	8,42	4T14 + 2T14
	2-3	SPA	1,842	0,015	0,9457	77	36,4	1,48	6,16	4T14
1	3-4	SP2	5,81	0,031	0,9242	51	82,35	3,18	6,16	4T14

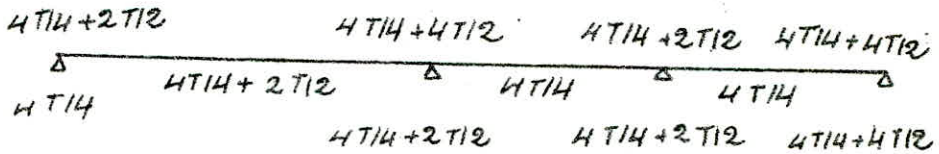
niveau 5:



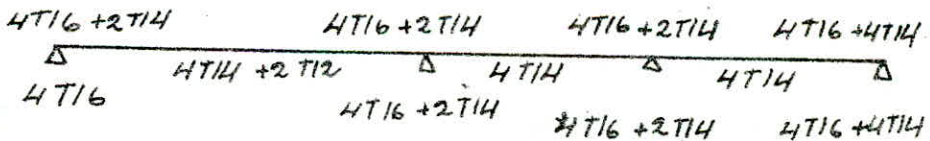
niveau 4:



niveau 3:



niveau 2-1:



• Vérification:

1) Vérification de la flèche:

$$- h_e = 500 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{562,5}{16} = 35,16 \rightarrow (\text{Vérifiée})$$

-  $h_e \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} l$ ; pour les travées 2-3; 3-4 il suffit de vérifier

pour le cas ( $M_t = M_0$ ). pour la travée (1-2);  $\frac{l}{10}$  est supérieur

à  $h_e$  d'où la nécessité d'un calcul exact:

Niv	travée	l(m)	$M_t$	$M_0$	$\frac{M_t}{M_0} \frac{l}{10}$
5	1-2	562,5	5,326	7,977	37,55
4	"	"	7,218	10,914	37,2
3	"	"	7,174	10,914	36,97
2-1	"	"	7,174	10,914	36,97



-  $A < b \cdot h \cdot \frac{43}{50} = 30.47 \cdot \frac{43}{4200} = 14,43 \text{ cm}^2$

$A_{max} = 4T14 + 4T12 = 10,68 \text{ cm}^2 < 14,43 \rightarrow \text{vérifiée}$

Les conditions sont vérifiées donc aucune justification de la fêche n'est nécessaire.

2) condition de non fragilité:

$A \geq b \cdot h \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h_0}{h}\right)^2 = 30.47 \cdot 0,54 \cdot \frac{59}{2800} \left(\frac{50}{47}\right)^2 = 1,81 \text{ cm}^2$   
ce qui est vérifiée pour toute les sections

3) condition aux appuis:

Béton : on doit vérifier :  $C \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = C_0$

$C = a - (d+r)$   
 $a = 35 \text{ cm}$   
 $d = 40 \text{ cm}$   
 $r = 5,5 \phi$

NIV	appui	5	4	3	2-1
T	1	5,313	7,416	7,413	7,413
	4	3,28	8,18	10,16	12,34
C	1	23,3	23,3	23,3	22,2
	4	23,3	23,3	23,3	22,2
C <sub>0</sub>	1	3,45	4,811	4,82	4,82
	4	2,13	5,31	6,59	8

$C > C_0 \rightarrow \text{(vérifiée)}$

• armatures inférieures : on doit vérifier que

$A > (T + M/8) \bar{\sigma}_a$

NIV	5				4			
	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A
1	1,866	6,057	2,52	4,62	1,971	8,611	3,19	4,62
2	0,34	6,71	1,79	4,62	3,982	9,21	4,49	4,62
3	0,688	5,42	1,688	4,62	11,16	8,93	4,53	4,62
4	3,388	4,7	3,079	4,62	8,29	8,18	6,74	6,88

NIV	3				2-1			
	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A
1	3,902	9,38	4,49	6,16	6,352	10,14	6,09	8,04
2	7,79	10,13	6,92	8,42	10,99	11,95	9,21	11,12
3	7,56	10,89	6,966	8,42	11,58	13,07	9,81	11,12
4	12,78	10,16	9,81	10,68	17,47	12,34	13,04	14,19

$A > (T + M/8) \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifiée}$

4) pourcentage d'eau :

Le quantité d'eau utilisée Le long de Le poutre et laien comprise dans L'intervale (4,25, 35,25) → (vérifiée)

5) condition de non entraînement des terres :

on doit avoir :  $\tau_d \leq \bar{\tau}_d$  <sup>(SRA)</sup>  $= 2\psi_d \bar{\sigma}_b = 2.1.5.5.9 = 177 \text{ kg/cm}^2$   
 $\tau_d = \frac{T_{max}}{n P \bar{\sigma}}$  <sup>(SRA)</sup>  $= 177 \times 1.5 = 26,55 \text{ kg/cm}^2$

NB: on prend  $T_{max}$  des appuis où on a le même ferrailloge.

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

Niv	5	4	3	2-1
appui	1,334	1,3,4	2	1,3 2,4 1,2,3 4
$T_{max}$	5,98	7,416	8,037	7,43 8,04 8,02 4,61
$n P$	13,19	20,73	24,5	26,39 32,67 28,91 37,7
$\tau_d$	110,9	8,69	7,97	6,84 5,96 10,31 2,97
$\bar{\tau}_d$	17,7	17,7	17,7	17,7 17,7 17,7 17,7

6) fissuration: La vérification se fera seulement avec  $A_{min}$  de toute les sections;  $A_{min} = 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$ ;  $\bar{\omega}_f = 9,0257$

$\sigma_1 = \frac{k \eta \omega_f}{\alpha (1 + 10 \bar{\omega}_f)} = 3504,9 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$  (vérifiée)

7) Vérification de la contrainte :

$\sigma_a < \bar{\sigma}_a$   
 et  
 $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b$   
 → (vérifiée)

Niv	section	M	A	$\bar{\omega}$	E	K	$\bar{\sigma}_a$	$\bar{\sigma}'_b$
5	1	5,344	4,62	0,327	0,9108	41	2702	65,9
	2	3,957	4,62	"	"	"	20097	48,79
	3	4,095	4,62	"	"	"	2059	50,13
	4	4,5	4,62	"	"	"	2275	55,49
	1-2	5,326	4,62	"	"	"	2693	65,68
4	1+3	8,523	6,88	0,488	0,8945	32,4	2946	90,94
	2+4	10,74	6,88	"	"	"	3713	114,6
	1-2	7,218	6,88	"	"	"	2495	77,02
3	1-3	11,92	8,42	0,597	0,8856	28,7	3401	118,5
	2+4	14,93	10,68	0,757	0,8747	24,9	3450	136,56
	traverse	7,174	8,42	0,597	0,8856	28,7	2046	71,32
2	1	12,62	11,12	0,788	0,8728	24,3	2766	113,8
	2	17,75	11,12	"	"	"	38911	160,13
	3	15,95	11,12	"	"	"	34966	144
1	4	19,62	14,19	"	"	"	3370	138,7
	traverse	7,174	8,42	0,597	0,8856	28,7	2047	71,32



armatures transversales :

on prend pour les niveaux 5,4 (1 cadre + 1 étrier)  $\phi 8$   
 pour les autres on prend (2 cadres)  $\phi 8 \Rightarrow A_c = 2,01 \text{ cm}^2$

Niv	travée	sol	Tmax	Gb	$\tau_b$	$\bar{\tau}_b$	sdt	Ac	t	6000/100	
										ZN	5.C
5	1-2	SP1	5,98	48,79	4,87	20,65	1600	2,01	22,11	11	18
	2-3	SP2	4,017	48,79	3,23	20,65	1600	"	32,9	11	18
4	1-2	SP1	8,037	76,4	6,51	19,96	1600	"	16,45	11	15
	2-3 3-4	SP2	8,93	114,6	7,24	29,95	2400	"	22,21	11	18
3	1-2	SP1	7,43	91,04	6,022	18,7	1600	"	17,8	11	15
	2-3 3-4	SP2	10,89	176,56	8,26	28,06	2400	"	18,21	11	18
2	1-2	SP1	7,43	106,75	6,022	17,35	1600	"	17,8	11	15
1	2-3; 3-4	SP2	19,07	96	10,6	30,97	2400	"	15,17	11	15

Vérification :

$\tau_b < \bar{\tau}_b \rightarrow$  (Vérifiée)

(Z nodale)  $t \leq \min (h/4 = 11,75; d/2\phi; 30 \text{ cm}) = 11,75$  } (Vérifiée)  
 (Z courante)  $t \leq h/2 = 23,5 \text{ cm}$

$A_c^{\text{min}} = 0,0038b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 < 2,01 \rightarrow$  (Vérifiée)



# Portique transversal: $T_2 = T_2$

## présentation des moments

niveau 5:

$(S_B)$	-6,174	-8,696	-6,122	-4,418	$(S_A)$	-3,33	-6,56	-3,21	-1,054
$\Delta$	0,643	8,71	1,871	3,618	$\Delta$	8,711	1,767	3,546	
		0,006	0,789	2,167					

niveau 4:

$(S_B)$	-9,28	-12,71	-10,45	-9,342	$(S_A)$	-5,017	-7,55	-3,54	-1,696
$\Delta$	1,056	10,033	3,023	4,153	$\Delta$	10,04	2,932	4,161	
		5,16	5,21	6,836					

niveau 3:

$(S_B)$	-10,667	-16,72	-14,16	-14,16	$(S_A)$	-7,14	-7,56	-3,54	-1,75
$\Delta$	3,079	10,26	3,208	4,666	$\Delta$	9,989	2,967	4,144	
		9,244	8,92	11,58					

niveau 2-1

$(S_B)$	-12,45	-21,1	-17,76	-17,93	$(S_A)$	-7,14	7,56	-3,54	-1,75
$\Delta$	4,86	10,81	4,708	5,216	$\Delta$	9,989	2,967	4,144	
		13,59	12,52	15,34					

### Section d'aciers aux appuis supérieures et inférieures:

NIV	app	sol	Msup	Minf	$\mu$	$\epsilon$	K	$\sigma_b$	Acal	Aadap	$\emptyset$
5	1	SP2	6,174 0,643	0,333 0,034	0,9216 0,9733	48,8 172	86,1 24,42	3,4 0,33	4,62	4,62	3T14
	2	SP1 SP2	6,56 0,006	0,053 0	0,938 0,979	37 100	75,67 41,2	5,51 0	6,88 4,62	6,88	3T14 3T14+2T12
	3	SP1	6,122 0,789	0,0333 0,043	0,9216 0,9701	48,8 152	86 27,63	3,36 0,42	4,62 4,62	4,62	3T14
	4	SP2	4,418 2,67	0,024 0,0144	0,9324 0,9465	59 18,5	71,2 53,5	2,4 1,9	4,62 4,62	4,62	3T14
4	1	SP2	9,28 1,056	0,05 0,005	0,9064 0,966	38,4 132	109,4 32	5,18 0,53	6,88 4,62	6,88	3T14+2T12 3T14
	2	SP2	12,71 5,16	0,0685 0,028	0,892 0,9275	31,5 54	133,53 77,77	7,21 2,82	8,01 6,88	8,01	3T14+3T12 3T14+2T12
	3	SP2	10,45 5,21	0,0563 0,028	0,902 0,9275	35,6 54	118 77,77	5,87 2,85	6,88 6,88	6,88	3T14+2T12 3T14+2T12
	4	SP2	9,342 6,836	0,0504 0,037	0,906 0,9178	38,4 452	110 92	5,22 5,46	6,88 6,88	6,88	3T14+2T12 3T14+2T12
3	1	SP2	10,667 3,079	0,0575 0,0166	0,9004 0,943	35,2 72,5	119,3 58	6 1,56	8,42 6,16	8,42	4T14+2T12 4T14
	2	"	16,72 9,244	0,0901 0,0498	0,8793 0,9064	26,5 38,4	158,5 109,4	9,63 5,16	10,68 8,42	10,68	4T14+4T12 4T14+2T12
	3	"	14,16 8,92	0,0763 0,048	0,887 0,9097	29,4 39,2	143 107,14	7,17 4,98	8,42 10,68	8,42	4T14+2T12 4T14+4T12
	4	"	14,16 11,58	0,0763 0,0624	0,8874 0,8967	29,4 33,4	142,8 125,7	7,17 6,54	8,42 10,68	8,42	4T14+2T12 4T14+4T12
2-1	1	SP2	12,45 4,86	0,0611 0,0262	0,8934 0,9296	31,9 56	151,66 75	7,06 2,65	8,04 8,04	8,04	4T16
	2	"	21,1 13,59	0,1137 0,0733	0,8674 0,8894	27,9 30,2	187 139	12,92 7,74	14,2 12,56	14,2	4T16+4T14 4T16+4T12
	3	"	17,76 12,52	0,0957 0,0678	0,8765 0,8934	25,5 31,9	164,7 131,66	14,26 7,1	14,2 12,56	14,2	4T16+4T14 4T16+4T12
	4	"	17,94 15,34	0,096 0,0826	0,882 0,8837	25,4 28	165,4 150	10,37 8,79	14,2 12,56	14,2	4T16+4T14 4T16+4T12



armatures en trevées:

Ni.v	travées	soll	M	u	E	K	σ <sub>b</sub>	A <sub>actif</sub>	A <sub>cebf</sub>	Ø
5	1-2	PA	8,711	0,071	0,8908	30,8	90,9	8,42	7,43	3T14+2T12
	2-3	PA	1,767	0,0143	0,9468	79	35,44	4,62	1,42	3T14
	3-4	PA	3,546	0,0286	0,927	35,5	78,8	4,62	2,91	3T14
4	1-2	PA	10,04	0,0811	0,8845	28,3	98,9	9,23	8,63	6T14
	2-3	PA	2,952	0,024	0,9324	59	47,5	4,62	2,41	3T14
	3-4	PA	4,161	0,0336	0,9211	48,3	58	4,62	3,43	3T14
3	1-2	PA	9,989	0,081	0,8845	28,3	98,84	10,68	8,58	4T14+4T12
	2-3	PA	2,967	0,024	0,9324	59	47,4	6,16	2,42	4T14
	3-4	PA	4,144	0,033	0,9218	49	57	6,16	3,42	4T14
2-1	1-2	PA	9,989	0,081	0,8845	28,3	98,93	10,68	8,58	4T14+4T12
	2-3	PA	2,967	0,024	0,9324	59	47,4	6,16	2,42	4T14
	3-4	PA	4,144	0,033	0,9219	49	57,12	6,16	3,42	4T14

Secteurs d'aciens adoptés:

niveau 5:

3T14		3T14+2T12		3T14		3T14
Δ	3T14+2T12	Δ	3T14	Δ	3T14	Δ
3T14		3T14		3T14		3T14

niveau 4:

3T14+2T12		3T14+3T12		3T14+2T12		3T14+2T12
Δ	6T14	Δ	3T14	Δ	3T14	Δ
3T14		3T14+2T12		3T14+2T12		3T14+2T12

niveau 3:

4T14+2T12		4T14+4T12		4T14+2T12		4T14+2T12
Δ	4T14+4T12	Δ	4T14	Δ	4T14	Δ
4T14		4T14+2T12		4T14+4T12		4T14+4T12

niveau 2-1

4T16		4T16+4T14		4T16+4T14		4T16+4T14
Δ	4T14+4T12	Δ	4T14	Δ	4T14	Δ
4T16		4T16+4T12		4T16+4T12		4T16+4T12

Vérification:

1) Vérification de Le fôche:

$$- h_e = 500 \text{ cm} > \frac{l}{16} = \frac{562,5}{16} = 35,16 \rightarrow \text{(Vérfiéé)}$$

-  $h_e \geq \frac{1}{10} \frac{M_e}{H_0} e$ , pour les travées 2-3; 3-4 il suffit de vérifier

pour les cas ( $H_e = H_0$ ). pour la travée (1-2);  $\frac{l}{10}$  est supérieur

à  $h_e$  d'où la nécessité d'un calcul exact:

Ni.v	travée	l(m)	M <sub>e</sub>	H <sub>0</sub>	$\frac{M_e l}{H_0 \cdot 10}$
5	1-2	5,625	8,711	12,925	37,9
4	"	"	10,04	14,226	39,7
3	"	"	10	14,226	39,54
2-1	"	"	10	14,226	39,54

$A < \frac{b \cdot h \cdot \sigma_s}{\sigma_{pn}} = \frac{30.47 \cdot 43}{4200} = 14,43 \text{ cm}^2$

$A_{max} = 4T/4 + 2T/2 = 8,42 \text{ cm}^2 < 14,43 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifié}$

Les 3 conditions sont vérifiées donc aucune justification de l'épave n'est nécessaire.

2) condition de non fragilité:

$A \geq b \cdot h \cdot \frac{\sigma_s}{4} \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_0} \left(\frac{h}{h_0}\right)^2 = 30.47 \cdot 954 \cdot \frac{5,9}{2800} \left(\frac{90}{47}\right)^2 = 1,81 \text{ cm}^2$   
 Ce qui est vérifié pour toute les sections

3) condition aux appuis:

Béton: on doit vérifier:  $C > \frac{2T}{b_0 \sigma_{b_0}} = C_0$

$C = a - (d+r)$   
 $a = 35 \text{ cm}$   
 $d = 4 \text{ cm}$   
 $r = 55 \%$

Niv	appuis	5	4	3	2-1
T	1	9,15	9,66	9,693	9,693
	4	5,32	5,32	11,53	12,86
C	1	23,3	23,3	23,3	22,2
	4	23,3	23,3	23,3	22,2
C <sub>0</sub>	1	5,94	6,26	6,28	6,28
	4	3,45	6,047	7,47	8,34

$C > C_0 \rightarrow \text{(vérifiée)}$

armatures supérieures: on doit vérifier que

$A > (T + M/8) \bar{\sigma}_a$

Niv	5				4			
	appuis	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$
1	0,643	9,92	2,68	4,62	10,16	10,62	3,11	4,62
2	0,006	10,37	2,47	4,02	5,16	11,46	5,71	6,88
3	0,789	7,69	2,28	4,62	5,22	10,34	5,48	6,88
4	2,67	6,78	3,16	4,62	6,838	9,38	6,18	6,88

Niv	3			2-1				
	appuis	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/8)\bar{\sigma}_a$
1	3,039	11,45	4,5	6,16	4,86	12,22	5,72	8,04
2	9,244	12,25	8,26	8,42	13,59	14	11,19	12,56
3	8,93	12,35	8,1	10,68	12,53	14,22	10,63	12,56
4	11,58	11,52	7,44	10,68	14,82	13,28	11,43	12,56

$A > (T + M/8) \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{vérifiée}$



4) pourcentage d'aèr :

Le quantilé d'aèr utilisèe le long de la poutre et bien comprise dans l'intervale (4,25, 35,25) → (vérifié)

5) Condition de non entraînement des berris :

on doit avoir :  $\sigma_d < \bar{\sigma}_d = 2\gamma_s \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 15 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP1)}$   
 $= 17,7 \cdot 1,5 = 26,55 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP2)}$   

$$\sigma_d = \frac{T_{max}}{n P \bar{z}}$$

NB: on prend les  $T_{max}$  ds appuis où on a le même ferrailage.

$\sigma_d < \bar{\sigma}_d$

NIV	5		4		3		2-1	
appuis	1,34	2	1,34	2	2,34	1	1	2,34
$T_{max}$	9,15	9,745	9,66	10,46	9,693	10,53	9,693	10,53
nP	13,19	20,73	20,73	24,5	29,13	32,67	20,11	35,19
$\sigma_d$	16,86	11,43	11,33	10,14	9,37	7,87	11,72	7,27
$\bar{\sigma}_d$	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7	17,7

6) fissuration : Le vérif. colin se fera seulement avec  $A_{min}$  de tout le section;  $A_{min} = 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$ ,  $\bar{\omega}_s = 90257$

$$\sigma_a = \frac{KM \bar{\omega}_s}{\sigma (1 + 100 \bar{\omega}_s)} = 3504,91 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \text{ (vérifié)}$$

7) Vérif. colin des contraintes

$\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a$   
 et  
 $\bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}_b$   
 → (vérifié)

NIV	section	M	A	$\bar{\omega}_s$	$\epsilon$	K	$\bar{\sigma}_a$	$\bar{\sigma}_b$
5	1-3	6,174	4,62	0,327	0,9108	41	3122	76,44
	2	6,56	6,88	0,488	0,8945	32,4	2267	70
	4	4,418	4,62	0,327	0,9108	41	2234	54,62
	travée	8,711	8,42	0,597	0,8856	28,7	2485	86,6
4	1-34	10,45	6,88	0,488	0,8945	32,4	3612,8	111,5
	2	12,71	8,01	0,568	0,8879	29,6	3802,4	128,45
	travée	10,04	7,23	0,654	0,8815	27,2	2625	96,53
3	1	12,667	8,42	0,597	0,8856	28,7	3043	106,05
	2	16,72	10,68	0,757	0,8747	24,9	3808	152,9
	3,4	14,16	8,42	0,597	0,8856	28,7	4040	140,77
	travée	9,989	10,68	0,757	0,8747	24,9	2275	91,3
2-1	1	12,45	8,04	0,57	0,8876	29,5	3711,9	125,8
	2	21,1	11,2	1,007	0,8603	20,8	3674,9	176,67
	3,4	17,76	14,2	1,007	0,8603	20,8	30332	148,7
	travée	9,989	10,68	0,757	0,8747	24,9	2275	91,4

avec:  $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$  et  $\bar{\sigma}_b = 209,58 \text{ kg/cm}^2$  (aux appuis)  
 $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$  et  $\bar{\sigma}_b = 1374 \text{ kg/cm}^2$  (en travée)

• armatures transversales:

on prend pour les niveaux 5,4 (1 cadre + 1 étrier)  $\phi 8$   
 pour les autres, on prend (2 cadres)  $\phi 8 \Rightarrow A_c = 2,01 \text{ cm}^2$

Nv	Travée	soll	Tmax	Sb	Cb	Cb	Sot	Ac	t	Cadrage	
										EN	EC
5	1-2	SP1	9,15	70	7,41	20,52	1600	2,01	14,45	11	15
	3-4	SP1	5,32	50,76	4,31	20,65	1600	2,01	24,86	11	18
4	1-2	SP1	9,66	85,63	7,83	19,17	1600	"	19,69	11	15
	3-4	SP2	10,34	128,45	8,98	28,76	2400	"	19,18	11	18
3	1-2	SP1	9,693	101,93	7,85	17,77	1600	"	13,64	11	15
	3-4	SP2	12,45	152,19	10,09	26,65	2400	"	15,93	11	15
2	1-2	SP1	9,693	117,78	7,85	16,4	1600	"	13,64	11	15
1	3-4	SP2	19,81	176,67	11,19	24,6	2400	"	14,96	11	15

• Vérifications:

$C_b < \bar{C}_b \rightarrow$  (Vérfiée)

(Z nodele)  $t \leq \min(r/4 = 11,75; 12\phi, 300\text{cm}) = 11,75 \text{ cm}$   
 (Z corrente)  $t \leq r/2 = 23,5 \text{ cm}$  } Vérifié

$A_c^{min} = 0,0038b = 0,003 \cdot 18 \cdot 30 = 1,62 < 2,01 \rightarrow$  (Vérfiée)



# Ferraillage des poteaux

## • Introduction:

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, des efforts tranchants et à des moments fléchissants en tête et à la base, dans le sens longitudinal et dans le sens transversal. Ils seront donc calculés en flexion composée. On fera le calcul sous (SP1) et sous la plus défavorable des combinaisons du second genre, et on adoptera la plus grande section d'acier.

- On distingue 3 types d'efforts:

- \*  $N^{min}, M^{corr}$  → pour le calcul des armatures tendues
- \*  $N^{max}, M^{corr}$  } → pour le calcul du béton comprimé
- \*  $M^{max}, N^{corr}$  } et éventuellement pour les armatures comprimées

## • Méthode de calcul:

on a adopté la méthode de "P-CHARON"

- La contrainte admissible du béton est donnée par:

$$\left. \begin{aligned} \bullet \bar{\sigma}_b &= 2\bar{\sigma}_b \rightarrow \text{si } e_0 > \frac{h_t}{2} \\ \bullet \bar{\sigma}_b &= (1 + \frac{e_0}{3e_1}) \bar{\sigma}_b \rightarrow \text{si } e_0 < \frac{h_t}{2} \end{aligned} \right\} \text{avec } \begin{aligned} e_0 &= \frac{M}{N} \\ e_1 &= \frac{h_t}{6} \end{aligned}$$

- on peut avoir 3 cas de sollicitations:

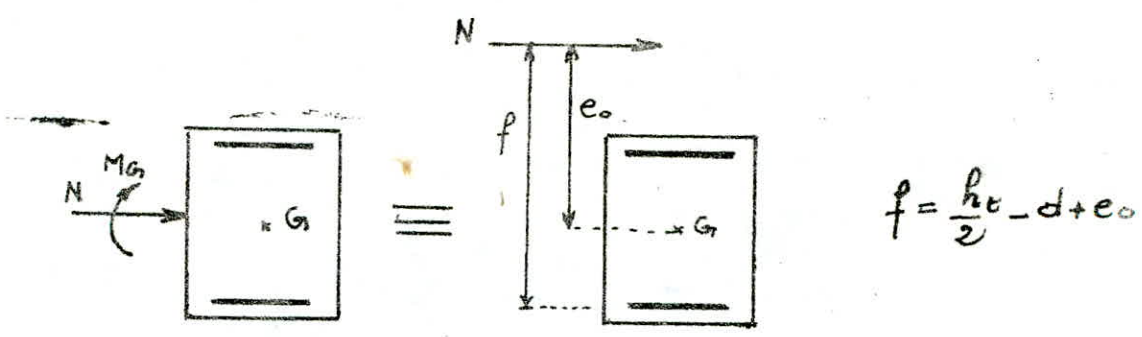
- 1°  $e_0 > e_1$  → section partiellement comprimée
- 2°  $e_0 \leq e_1$  → section entièrement comprimée (N: compression)  
" " tendue (N: traction)
- 3°  $e_0 = 0$  → on a une compression simple.

### 1° Section partiellement comprimée ( $e_0 > e_1$ )

on ferraille symétriquement, D'où la marche à suivre et la suivante: on calcule le moment fictif:

$$M_f = N \cdot f$$

avec f: distance entre le passage de N et les aciers tendus



on calcul la section en flexion simple sous  $M_f$  (voir poutres)  
 en calculant  $\bar{\sigma}_b$  on peut avoir 2 cas :

\*  $\bar{\sigma}_b \leq \bar{\sigma}_b$  → Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires. on calculera les sections d'acier  $A_{fs}$  sous  $M_f$ .  
 la section d'acier sous la flexion composée sera :

$$A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} \quad (N < 0 \text{ si on a une traction})$$

\*  $\bar{\sigma}_b > \bar{\sigma}_b$  → Les armatures comprimées sont nécessaires. on calculera les sections d'acier  $A'_{fs}$  et  $A_{fs}$  sous  $M_f$ .

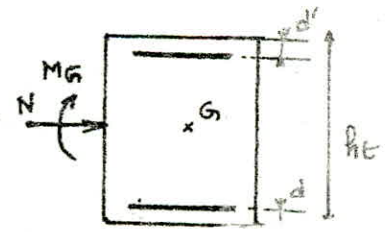
Les sections sous la flexion composée seront :

$$A'_{fc} = A'_{fs} \quad ; \quad A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} \quad (N < 0 \rightarrow \text{traction})$$

2) Section entièrement comprimée ( $e_0 \leq e_1$ )

on ferraillera symétriquement. le marche à suivre est le suivant

$\delta' = \frac{d'}{h_e}$ , on calcul  $\bar{\sigma}_b$  comme spécifié précédemment et puis on calcul successivement



$$\rho = \bar{\sigma}_b \cdot b \cdot \frac{h_e}{N} \quad ; \quad \beta = \frac{6 M_G}{h_e \cdot N} = \frac{6 \cdot e_0}{h_e}$$

$$C = 0,27 (1 - 2\delta')^2 \rho \quad ; \quad D = 0,3 (\rho - \beta) - 0,9 (1 - \rho) (1 - 2\delta')^2$$

$$E = -(1 + \beta - \rho) \quad \bar{\omega}' = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4EC}}{2C}$$

et enfin la section d'armatures est obtenue par :  $A = A' = \bar{\omega}' \cdot \frac{b h_e^2}{100}$



3) Section en compression simple:

La section d'armatures longitudinales doit vérifier les 3 conditions:

- section théorique:  $A_L \geq \frac{1}{n} \left( \frac{N}{\sigma_b} - B \right)$  / B section du béton

- conditions de sécurité  $A_L \leq \frac{B}{20}$  ( $\frac{A_L}{B} \leq 5\% \rightarrow$  CCBA68 32-26)

-  $A_L \geq \frac{1.25}{1000} \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \frac{N}{\sigma_b}$

où  $\theta_1$ : Coeff qui tient compte de l'excentricité de la charge.

$\theta_1 = 1.8 \rightarrow$  poteau d'angle

$\theta_1 = 1.4 \rightarrow$  " de rive

$\theta_1 = 1 \rightarrow$  autres poteaux

$\theta_2 = 1 + \frac{e_c}{4a - 2c}$

$e_c$ : longueur de flambement

$a$ : plus petite dimension transversale

$c$ : enrobage des aciers longitudinaux

$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}}$  (dépend de la nuance des aciers  $A_L$ )

4) Pourcentage minimal d'armatures:

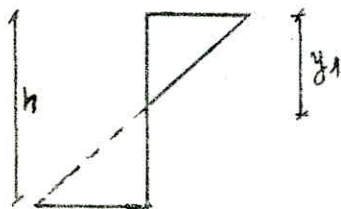
$A_L / B = \frac{1.25}{1000} \cdot \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{5m}{\sigma_b}$

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ , définis ci-dessus

$5m$ : contrainte de compression de la pièce sous les sollicitations

du 1<sup>er</sup> genre sur la section du béton seul:  $5m = \frac{N}{B}$

pour les sections partiellement comprimées,  $5m$  sera déterminé en considérant le diagramme de "NAVIER":



$y_1 = h \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_b + \sigma_a/n}$

$B = b \cdot y_1$  ;  $5m = N / b y_1$

5) Flambement des poteaux:

\* longueur de flambement: pour les bâtiments à étages multiples (contreventé par une ossature auto-stable)

La longueur de flambement est en fonction de la hauteur du poteau et de la liaison de son extrémités.

tous les poteaux (sauf poteaux de l'infrastructure)

$$\rightarrow l_c = 0,7 l_0 = 0,7 \cdot 3,52 = 2,464 \text{ m}$$

Vérification au flambement:

$$\text{poteaux } (35 \times 35) \rightarrow \frac{l_c}{a} = \frac{246,4}{35} = 7,04 < 14,4$$

$$\text{poteaux } (40 \times 40) \rightarrow \frac{246,4}{40} = 6,16 < 14,4$$

L'article (32-31 G.C.B.A) préconise que dans ce cas la pièce sera justifiée uniquement en flexion composée sans tenir compte de l'effet de flambement.

Remarque:

Il est à noter qu'après un premier calcul avec les coffrages obtenus à partir du prédimensionnement, nous avons été amené à modifier le coffrage des poteaux du Bloc (B), étant donné que le pourcentage des armatures longitudinales dépassait le pourcentage maximal imposé par la (R.P.A 81) soit 4% on a donc adopté les sections suivantes:

- 1<sup>er</sup> niveau: poteaux centraux: (45 x 45)

- : autres poteaux: (40 x 40)



Sens longitudinal ( $e_1 = 0,058$ )

Poteaux "L<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>"

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$
5	1,974	0,561	0,284	P.C	137	3,853	5,058	1,131	P.C	205,5	-0,048	4,184	87,16	P.T	205,5	3,853	5,058	1,131	P.C	205,5
4	4,865	0,564	0,116	P.C	114,16	10,934	7,674	0,701	P.C	205,5	-1,282	7,674	5,98	P.T	205,5	10,934	7,674	0,701	P.C	205,5
3	7,765	0,545	0,07	P.C	96	19,806	10,015	0,505	P.C	205,5	-4,202	8,419	2,100	P.T	205,5	19,806	10,15	0,512	P.C	205,5
2	10,66	0,545	0,051	E.C	88,57	30,681	10,77	0,35	P.C	205,5	-8,686	8,93	1,03	P.T	205,5	30,681	10,77	0,35	P.C	205,5
1	13,564	0,545	0,04	E.C	84,24	41,676	15,71	0,377	P.C	205,5	-13,27	13,05	0,98	P.T	205,5	41,676	15,71	0,377	P.C	205,5

Sens transversal ( $e_1 = 0,058$ )

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$
5	6,39	2,06	0,322	P.C	137	7,305	1,958	0,268	P.C	205,5	1,602	3,979	2,48	P.C	205,5	5,26	6,01	1,14	P.C	205,5
4	14,88	2,041	0,137	P.C	122,43	17,28	4,53	0,262	P.C	205,5	2,092	6,015	2,87	P.C	205,5	16,08	8,337	0,521	P.C	205,5
3	23,38	1,973	0,084	P.C	101,6	23,45	10,37	0,364	P.C	205,5	2,15	10,37	4,82	P.C	205,5	28,43	10,37	0,364	P.C	205,5
2	31,89	1,973	0,062	P.C	93	42,72	12,077	0,282	P.C	205,5	-1,098	12,077	10,99	P.T	205,5	42,72	12,077	0,212	P.C	205,5
1	40,4	1,041	0,050	P.C	88,2	57,72	15,86	0,275	P.C	205,5	-5,07	14,52	2,86	P.T	205,5	57,72	15,86	0,274	P.C	205,5

Sens Longitudinal ( $e_1 = 0,058$ ) Poteaux "L<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>"

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$
5	4,454	0	0	CS	68,5	4,79	6,12	1,277	P.C	205,5	3,145	5,1	1,62	P.C	205,5	4,79	6,12	1,27	P.C	205,5
4	10,752	0	0	CS	68,5	11,627	10,26	0,882	P.C	205,5	7,39	3,64	0,492	P.C	205,5	11,627	10,26	0,882	P.C	205,5
3	17,043	0	0	CS	68,5	19,89	10,7	0,537	P.C	205,5	14,24	12,84	0,901	P.C	205,5	19,55	12,84	0,656	P.C	205,5
2	23,34	0	0	CS	68,5	26,32	15,12	0,564	P.C	205,5	14,61	12,16	0,862	P.C	205,5	26,82	16,17	0,603	P.C	205,5
1	29,634	0	0	CS	68,5	39,06	17,64	0,452	P.C	205,5	18,26	14,7	0,805	P.C	205,5	39,06	17,64	0,451	P.C	205,5



167

sens transversal ( $\epsilon_1 = 0,058$ )

Poteaux "L<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>"

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$
5	10,23	3,336	0,326	P.C	137	10,97	0,52	0,047	E.C	130,5	3,12	2,67	0,155	P.C	205,5	1,89	6,758	0,76	P.C	205,5
4	20,97	2,66	0,127	P.C	118,5	22,96	2,815	0,123	P.C	175,38	3,68	4,92	1,34	P.C	205,5	17,31	7,84	0,453	P.C	205,5
3	31,73	2,57	0,081	P.C	100,4	35,94	8,91	0,247	P.C	205,5	2,15	7,45	3,46	P.C	205,5	33,17	10,33	0,311	P.C	205,5
2	42,52	2,57	0,061	P.C	92,5	49,73	5,67	0,114	P.C	170	4,076	9,206	2,25	P.C	205,5	49,05	10,85	0,221	P.C	205,5
1	53,28	2,57	0,048	E.C	87,4	54,46	9,69	0,15	P.C	191,3	2,23	12,00	5,38	P.C	205,5	64,44	14,55	0,225	P.C	205,5

sens longitudinal ( $\epsilon_1 = 0,058$ )

Poteaux "L<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>"

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$
5	1,235	0,450	0,364	P.C	137	3,067	4,217	1,375	P.C	205,5	-0,662	2,478	5,25	P.T	205,5	3,067	4,217	1,37	P.C	205,5
4	3,959	0,729	0,184	P.C	137	9,695	6,605	0,681	P.C	205,5	-2,113	5,635	2,66	P.T	205,5	9,695	6,605	0,681	P.C	205,5
3	8,024	0,734	0,0911	P.C	104,4	19,905	8,97	0,451	P.C	205,5	-4,671	6,033	1,29	P.T	205,5	19,905	8,97	0,451	P.C	205,5
2	12,087	0,734	0,06	P.C	92	31,36	9,475	0,302	P.C	205,5	-8,479	8,097	0,955	P.T	205,5	31,36	9,475	0,302	P.C	205,5
1	16,15	0,734	0,045	E.C	86,2	42,989	13,48	0,313	P.C	205,5	-12,45	12,36	0,992	P.T	205,5	42,989	13,48	0,313	P.C	205,5

sens transversal ( $\epsilon_1 = 0,058$ )

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	soff	$\bar{\sigma}_b'$
5	11,07	0,650	0,098	E.C	91,33	11,278	4,71	0,417	P.C	205,5	5,93	4,20	0,708	P.C	205,5	7,88	5,966	0,757	P.C	205,5
4	25,58	0,725	0,028	E.C	79,52	26,56	8,25	0,7104	P.C	205,5	13,26	7,9	0,595	P.C	205,5	23,23	9,608	0,413	P.C	205,5
3	40,106	0,706	0,0176	E.C	75,42	43,84	12,68	0,299	P.C	205,5	19,69	10,66	0,541	P.C	205,5	43,84	12,79	0,29	P.C	205,5
2	54,62	0,706	0,0129	E.C	73,67	61,85	14,804	0,239	P.C	205,5	25,85	12,51	0,484	P.C	205,5	61,85	15,021	0,242	P.C	205,5
1	69,14	2,12	0,0162	E.C	74,87	80,39	15,07	0,187	P.C	205,5	32,00	14,2	0,441	P.C	205,5	55,2	16,92	0,31	P.C	205,5



sens longitudinal ( $e_1 = 0,067$ )

Futecaux "L<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>"

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$
5	2,771	0,204	0,0736	P.C	93,58	3,202	7,08	2,21	P.C	205,5	1,583	5,9	3,72	P.C	205,5	3,202	7,08	2,21	P.C	205,5
4	6,095	0,441	0,072	P.C	93,0	6,402	11,31	1,76	P.C	205,5	3,224	9,707	3,01	P.C	205,5	5,28	11,73	2,22	P.C	205,5
3	11,997	0,442	0,037	EC	81,1	12,24	14,71	1,201	P.C	205,5	4,955	12,59	2,54	P.C	205,5	10,62	15,53	1,46	P.C	205,5
2	17,997	0,442	0,015	EC	77	17,951	17,06	0,95	P.C	205,5	6,665	13,87	2,08	P.C	205,5	17,951	17,06	0,95	P.C	205,5
1	23,78	0,442	0,085	EC	74,8	23,77	22,65	0,953	P.C	205,5	8,276	19,11	2,31	P.C	205,5	21,42	23,21	1,08	P.C	205,5

sens transversal ( $e_1 = 0,067$ )

Niv	SP <sub>1</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>					SP <sub>2</sub>				
	N	M	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>max</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>min</sup>	M <sup>corr</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$	N <sup>corr</sup>	M <sup>max</sup>	e <sub>0</sub>	Soll	$\bar{\sigma}_b'$
5	17,55	1,523	0,087	P.C	98,15	18,045	5,414	0,300	P.C	205,5	9,49	5,96	0,628	P.C	205,5	17,01	2,386	0,49	P.C	205,5
4	36,42	1,29	0,035	EC	80,83	38,64	9,77	0,253	P.C	205,5	17,83	9,7	0,544	P.C	205,5	31,46	12,21	0,388	P.C	205,5
3	55,29	1,258	0,023	EC	76,34	60,61	13,33	0,220	P.C	205,5	26,15	13,025	0,498	P.C	205,5	45,29	15,709	0,35	P.C	205,5
2	74,15	1,258	0,017	EC	74,3	83,93	15,85	0,188	P.C	198,8	33,69	14,87	0,44	P.C	205,5	53,89	18,33	0,34	P.C	205,5
1	93,00	1,258	0,013	EC	72,9	106,88	20,26	0,189	P.C	199	40,17	18,55	0,462	P.C	205,5	67,59	25,95	0,314	P.C	205,5

\* calcul des armatures longitudinales (sous SP<sub>1</sub>)

Remarque:

Le calcul fait sous SP<sub>1</sub> a donné des sections d'armatures négatives c'est qu'on n'a pas besoin d'acier et le béton peut supporter seul les efforts (pour les sections entièrement comprimées), Tandis que pour les sections partiellement comprimées on a tracé dans quelques niveaux des sections d'acier très faible, pour cela on donne seulement les sections minimales.

\* Armature min sous: (SP<sub>1</sub>)

— sections entièrement comprimées:

• Bloc A:

— sens longitudinal:

$\theta_2 = 2,84 ; \theta_3 = 1,52$

$\theta_2 = 2,6 ; \theta_3 = 1,52$

Pot	L <sub>5</sub> T <sub>11</sub>	L <sub>5</sub> T <sub>10</sub>				L <sub>6</sub> T <sub>11</sub>	L <sub>6</sub> T <sub>10</sub>		
N.V	1	4	3	2	1	1	3	2	1
N	10,667	4,466	10,762	17,053	23,344	5,452	7,001	12,733	18,157
$\theta_1$	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1
A <sub>min</sub>	1,52	0,5	1,19	1,9	2,58	0,6	0,5	0,92	1,33

— sens Trans Versal:

$\theta_2 = 2,84 ; \theta_3 = 1,52$

$\theta_2 = 2,6 ; \theta_3 = 1,52$

Pot	L <sub>6</sub> T <sub>11</sub>			L <sub>6</sub> T <sub>10</sub>		
N.V	3	2	1	3	2	1
N	25,589	40,086	54,585	36,449	55,298	74,147
$\theta_1$	1,4	1,4	1,4	1	1	1
A <sub>min</sub>	2,92	4,42	6,02	2,63	3,99	5,35

• Bloc B

sens	Longitudinal										
Pot	L <sub>1</sub> T <sub>1</sub>		L <sub>1</sub> T <sub>2</sub>					L <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	L <sub>2</sub> T <sub>2</sub>		
N.V	2	1	5	4	3	2	1	1	3	2	1
N	10,66	13,564	6,454	10,752	17,043	23,34	29,63	16,15	14,997	17,897	23,78
$\theta_1$	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1
A <sub>min</sub>	1,52	1,94	0,49	1,18	1,88	2,57	3,27	1,79	0,865	1,29	1,71



Sens transversal:

Pot	L <sub>1</sub> T <sub>1</sub>		L <sub>2</sub> T <sub>2</sub>				L <sub>2</sub> T <sub>2</sub>				
Niv	1	1	5	4	3	2	1	4	3	2	1
N	40,4	53,08	11,07	25,58	40,106	54,62	69,14	36,42	55,29	74,15	93,0
θ <sub>1</sub>	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1	1
A <sub>min</sub>	5,72	5,87	1,22	2,82	4,42	6,023	7,63	2,62	3,98	5,34	6,706

sections partiellement comprimées:

BLOC	Pot	Sens	Niv	N	α	γ = αh	β <sub>min</sub>	θ <sub>1</sub>	A <sub>min</sub>
	A	L <sub>5</sub> T <sub>11</sub>	Long	4	1,975	0,4233	13,33	4,23	1,8
3				4,869	0,32	11,97	11,62	1,8	2,02
2				7,768	0,34	10,71	20,73	1,8	3,6
Trans			4	6,392	0,4233	13,34	13,69	1,8	2,32
			3	14,887	0,396	12,48	34,1	1,8	5,92
			2	23,393	0,3522	11,1	60,22	1,8	10,61
L <sub>5</sub> T <sub>10</sub>		Trans	4	9,698	0,4233	13,34	20,77	1,4	2,81
			3	20,436	0,3965	12,4	47,5	1,4	6,42
			2	31,973	0,3488	10,99	83,12	1,4	11,23
L <sub>6</sub> T <sub>11</sub>		Long	4	1,234	0,4233	13,34	2,64	1,4	0,36
			3	2,638	0,3686	11,61	6,49	1,4	0,88
		Trans	2	4,045	0,3342	10,53	10,98	1,4	1,48
	4		11,07	0,4233	13,34	23,71	1,4	3,21	
L <sub>6</sub> T <sub>10</sub>	Long	4	2,671	0,3375	12,15	5,49	1	0,64	
	Trans	4	17,57	0,3438	12,38	35,48	1	4,1	
B	L <sub>1</sub> T <sub>1</sub>	Long	5	1,974	0,4233	13,33	4,23	1,8	0,734
			4	4,8865	0,379	11,94	11,39	1,8	1,978
			3	7,765	0,339	10,68	20,77	1,8	3,61
		Trans	5	6,39	0,4233	13,33	16,64	1,8	2,83
			4	14,88	0,396	12,47	34,09	1,8	5,92
			3	23,38	0,352	11,09	60,28	1,8	10,67
	L <sub>1</sub> T <sub>2</sub>	Trans	2	31,89	0,332	10,45	87,19	1,8	15,14
			5	10,23	0,4332	13,33	21,92	1,4	2,86
			4	20,97	0,388	12,22	49,02	1,4	6,62
			3	31,73	0,349	10,99	82,49	1,4	11,14
	L <sub>2</sub> T <sub>1</sub>	Long	2	42,52	0,331	10,42	116,58	1,4	15,74
			5	1,235	0,4233	13,33	2,64	1,4	0,356
			4	3,959	0,4233	13,33	8,48	1,4	1,14
			3	8,04	0,3586	11,29	20,34	1,4	2,75
	L <sub>2</sub> T <sub>2</sub>	Long	2	12,087	0,330	10,39	33,23	1,4	4,48
			5	2,77	0,334	12,024	5,76	1	0,66
			4	6,095	0,3325	11,97	12,73	1	1,47
			5	17,55	0,344	12,38	35,44	1	4,1



Poteau "L<sub>5</sub>-T<sub>11</sub>"

Soll	(N <sup>max</sup> , M <sup>corr</sup> )								(N <sup>min</sup> , M <sup>corr</sup> )								(N <sup>corr</sup> , M <sup>max</sup> )			
	Long				Transv				Long				Transv				Transv			
Sens	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	3,526	10,219	18,44	27,26	7,33	18,113	29,741	44,488	0,225	-0,783	-3,056	-5,839	1,761	1,646	0,177	-2,1	5,239	16,625	28,656	17,474
M	4,286	6,699	7,794	11,97	1,926	4,756	4,988	9,678	3,541	5,542	6,456	9,94	3,461	6,371	6,679	9,66	5,974	8,833	9,172	13,616
e <sub>0</sub>	1,215	0,655	0,422	0,439	0,263	0,262	0,168	0,217	15,74	7,078	2,112	1,705	1,965	3,87	37,73	4,6	1,14	0,531	0,32	0,779
σ <sub>b</sub> <sup>1</sup>	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	205,5	205,5	205,5	205,5
f	1,36	0,8	0,567	0,584	0,408	0,407	0,313	0,362	15,885	7,223	2,257	1,85	2,11	4,015	37,875	4,745	1,285	0,676	0,465	0,924
M <sub>f</sub>	4,795	8,175	10,455	15,92	2,991	7,372	9,308	16,104	3,574	5,655	6,897	10,783	3,716	6,609	6,704	9,964	6,732	11,238	13,325	16,146
u	0,0493	0,084	0,1675	0,1637	0,0307	0,0758	0,0957	0,1656	0,0367	0,0581	0,0709	0,110	0,0382	0,0619	0,0689	0,1024	0,0692	0,1155	0,1370	0,166
K	38,6	27,7	23,6	17,7	51	29,6	25,5	17,6	46	34,9	30,8	23,2	45	31,7	31,4	24,4	31,3	22,5	20,1	17,6
E	0,9067	0,8829	0,8705	0,8476	0,9242	0,8879	0,8765	0,8466	0,9180	0,8928	0,8908	0,8691	0,9167	0,8929	0,8928	0,8731	0,892	0,8667	0,8576	0,846
σ <sub>b</sub> <sup>1</sup>	108,8	151,62	177,97	237,29	82,35	144,9	164,7	232,63	91,3	120,34	136,36	181	93,33	132,5	133,76	172,13	134,18	186,66	209,95	238,61
K				20,44				20,44											20,44	20,44
α				0,4232				0,4232											0,4232	0,4232
ε				0,859				0,859											0,859	0,859
u'				0,1817				0,1817											0,1817	0,1817
γ <sub>1</sub>				13,33				13,33											13,33	13,33
σ <sub>a</sub>				2273,2				2273,2											2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>				12,968				12,968											12,968	12,968
ΔM				2,952				3,136											0,357	3,179
A'				4,64				4,93											0,56	4,99
AR <sub>5</sub>	4	7	9,1	13,92	2,45	6,28	8,02	14,1	2,94	4,79	5,85	9,38	3,1	5,6	5,68	8,63	5,7	9,8	11,71	14,11
AR <sub>2</sub>	3,16	4,57	4,69	7,43	0,7	1,96	0,95	3,49	2,89	4,57	6,58	10,77	2,65	5,2	5,64	9,13	4,46	5,84	4,9	9,95



Poteau "L5-T10"

Soll	$(N^{max}, M^{corr})$								$(N^{min}, M^{corr})$								$(N^{corr}, M^{max})$			
	Long				Transv				Long				Transv				Transv			
NIV	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	4,743	11,514	18,535	25,549	10,572	23,486	37,491	52,211	3,302	7,558	12,282	16,37	3,003	2,971	1,109	1,72	8,102	15,89	34,408	49,72
M	5,019	8,872	10,681	12,202	0,486	3,616	4,817	8,05	3,106	5,117	6,046	9,612	2,855	6,194	6,997	8,685	6,856	8,648	9,782	11,9
e <sub>0</sub>	1,06	0,77	0,58	0,48	0,046	0,154	0,13	0,154	0,94	0,673	0,492	0,587	0,951	2,084	6,31	5,05	0,816	0,544	0,28	0,24
$\bar{\sigma}_b$	205,5	205,5	205,5	205,5	129,9	193,7	179,5	193,7	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	1,205	0,915	0,725	0,625	0,191	0,299	0,275	0,299	1,085	0,818	0,637	0,732	1,096	2,229	6,455	5,195	0,761	0,689	0,425	0,385
M <sub>F</sub>	5,715	10,538	13,438	15,967	2,019	7,022	10,31	15,611	3,583	6,215	7,923	11,982	3,291	6,626	7,158	8,935	8,074	10,948	14,823	19,14
ll	0,0588	0,1084	0,132	0,1642	0,0208	0,0722	0,1060	0,1605	0,0368	0,0639	0,084	0,1232	0,0338	0,068	0,0736	0,0919	0,083	0,1125	0,1504	0,1969
K	34,6	23,4	19,9	17,7	64	30,5	23,8	18	46	32,9	28,5	21,5	48,4	31,6	30,1	26,1	27,9	27,9	18,8	15,6
E	0,899	0,8699	0,8567	0,8471	0,9367	0,8901	0,8711	0,8485	0,9186	0,8956	0,8851	0,8630	0,9211	0,8927	0,8891	0,8783	0,8834	0,8681	0,8522	0,8366
$\bar{\sigma}_b'$	121,39	179,5	211	237,3	65,62	137,7	176,47	233,33	91,3	127,66	147,37	195,35	86,78	132,9	139,5	160,92	150,53	140,43	223,4	269,23
R			20,44	20,44				21,68											20,44	20,44
$\alpha$			0,423	0,4232				0,4089											0,4232	0,4239
E			0,859	0,859				0,8637											0,859	0,819
ll'			0,1817	0,1817				0,1766											0,1817	0,1817
$\bar{\sigma}_b$			13,33	13,33				12,88											13,33	13,33
$\bar{\sigma}_b'$			2273,2	2273,2				2116											2273,2	2273,2
M <sub>H</sub>			12,968	12,968				121,04											12,968	12,968
$\Delta M$			0,47	3				2,643											1,655	6,175
A'			0,7384	1,571				4,46											2,6	9,7
A <sub>S</sub>	4,81	9,16	11,81	12,26	1,63	5,96	8,95	13,28	2,95	5,25	6,69	10,5	2,7	5,61	6,1	7,69	6,9	9,53	12,82	16,66
A <sub>C</sub>	3,67	6,42	7,397	6,18	<0	0,37	0,02	0,85	2,17	3,44	3,76	6,6	1,98	4,9	5,82	7,28	4,9	5,75	4,63	4,82



Poteau "L6-T11"

Soll	$(N^{max}, M^{corr})$								$(N^{min}, M^{corr})$								$(N^{corr}, M^{max})$			
	Long				Transv				Long				Transv				Transv			
NIV	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	2,802	7,829	14,467	21,787	11,469	26,929	43,167	59,424	-0,378	-2,709	-6,645	-11,269	5,967	12,53	19,091	25,283	10,271	22,865	34,639	46,394
M	3,66	5,386	6,611	10,108	5,193	8,669	9,851	13,129	3,66	5,645	6,611	10,108	5,152	8,279	9,326	12,002	6,445	10,254	11,221	14,545
e <sub>0</sub>	1,31	0,69	0,46	0,464	0,453	0,322	0,228	0,221	0,68	2,084	0,995	0,897	0,863	0,661	0,488	0,474	0,627	0,44	0,324	0,314
$\bar{U}_b$	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	205,5	205,5	205,5	205,5
f	1,456	0,835	0,605	0,609	0,598	0,467	0,373	0,366	0,925	2,229	1,14	1,042	1,008	0,806	0,633	0,619	0,772	0,585	0,469	0,459
Mf	4077	6,537	8,752	13,268	6,958	12,57	16,101	21,749	3,714	6,039	7,575	11,736	6,014	10,10	12,084	15,65	7,920	13,376	16,245	21,294
u	0,0419	0,0672	0,090	0,1364	0,0705	0,1293	0,1655	0,2237	0,0382	0,0621	0,0779	0,1207	0,0618	0,1039	0,1243	0,1009	0,0815	0,1376	0,1671	0,2180
K	42,6	31,9	26,5	20,1	30,9	20,9	17,6	14,2	45	33,5	27,1	21,9	33,6	24,1	21,4	18	28,2	20	17,5	14,4
E	0,9132	0,8934	0,8795	0,8578	0,8311	0,8687	0,8469	0,8230	0,9167	0,8969	0,8866	0,8642	0,8971	0,8921	0,8626	0,8485	0,8843	0,8573	0,8462	0,8302
$\bar{U}_b'$	98,59	131,65	158,5	208,9	135,9	200,9	238,64	295,77	93,33	125,37	144,33	191,78	125	174,27	196,26	233,33	148,94	210	240	291,66
K'				20,44			20,44	20,44								20,44		20,44	20,44	20,44
$\alpha$				0,4232			0,4232	0,4232								0,4232		0,4232	0,4232	0,4232
$\beta$				0,859			0,859	0,859								0,859		0,859	0,859	0,859
$\mu'$				0,1817			0,1817	0,1817								0,1817		0,1817	0,1817	0,1817
$H_1$				13,33			13,33	13,33								13,33		13,33	13,33	13,33
$\bar{U}_a$				2273,2			2273,2	2273,2								2273,2		2273,2	2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>				12,968			12,968	12,968								12,968		12,968	12,968	12,968
$\Delta M$				0,3			3,133	8,781								2,682		0,408	3,277	8,326
$\Delta'$				0,47			4,922	13,796								4,22		0,64	5,15	13,1
AP <sub>5</sub>	3,37	5,53	7,52	11,67	5,82	10,94	14,08	18,82	3,1	5,1	6,5	10,3	5,1	8,75	10,6	13,7	6,78	11,76	14,2	18,5
AP <sub>c</sub>	2,71	3,66	4,1	6,48	3,1	4,53	3,8	4,73	3,19	5,74	8,1	12,95	3,65	5,77	6,1	7,68	4,33	6,32	5,95	7,46



Poteau "L6-T10"

Soll	$(N^{max}, M^{Corr})$								$(N^{min}, M^{Corr})$								$(N^{Corr}, M^{max})$			
	Long				Transv				Long				Transv				Transv			
Niv	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
N	2,69	6,74	12,164	17,588	18,16	38,578	60,133	82,151	1,9	4,35	7,452	10,554	9,505	16,486	25,801	34,103	13,023	31,583	45,786	58,526
M	6,093	10,042	12,461	15,48	5,785	11,4	14,006	17,364	5,071	8,297	10,248	12,83	6,521	10,91	13,627	14,795	9,419	13,246	16,383	20,098
$e_0$	2,265	1,489	1,024	0,88	0,318	0,295	0,233	0,211	2,665	1,91	1,372	1,215	0,686	0,624	0,528	0,434	0,723	0,438	0,358	0,337
$\bar{U}_b$	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	205,5	205,5	205,5	205,5
f	2,435	1,659	1,194	1,05	0,488	0,465	0,403	0,381	2,839	2,08	1,542	1,385	0,856	0,794	0,698	0,604	0,893	0,608	0,528	0,507
MP	6,55	11,182	13,36	18,467	8,862	17,939	24,233	31,299	5,394	9,048	11,491	14,617	8,136	13,884	18,01	20,6	14,63	19,202	24,175	30,331
$\mu$	0,045	0,077	0,092	0,1272	0,0611	0,1236	0,1669	0,2156	0,0372	0,0623	0,0792	0,1007	0,0561	0,0957	0,1241	0,1419	0,0801	0,1323	0,1666	0,2090
K	40,8	29,2	26,1	21,1	33,8	21,5	17,5	14,6	45,7	33,4	28,7	24,6	35,7	25,4	21,4	19,6	28,5	20,5	17,5	14,9
E	0,9104	0,8869	0,8783	0,8615	0,8975	0,863	0,8462	0,8331	0,9176	0,8967	0,8836	0,8737	0,9010	0,8762	0,8626	0,8555	0,8851	0,8592	0,8462	0,8328
$\bar{U}_b'$	102,94	143,83	161	199,05	124,26	195,35	240	287,7	91,9	125,75	146,34	170,73	117,65	165,35	196,26	214,28	147,37	204,9	240	282,88
K							20,44	20,44								20,44			20,44	20,44
$\alpha$							0,4232	0,4232								0,4232			0,4232	0,4232
E							0,859	0,859								0,859			0,859	0,859
$\mu'$							0,1817	0,1817								0,1817			0,1817	0,1817
$y_1$							15,24	15,24								15,24			15,24	15,24
$\bar{U}_a'$							2273,5	2273,5								2273,5			2273,5	2273,5
$M_1$							19,357	19,357								19,357			19,357	19,357
$\Delta M$							4,876	11,942								1,243			4,818	10,974
A'							6,71	16,42								1,71			6,624	15,1
ARs	4,76	8,32	10,1	14,18	6,53	13,75	18,54	23,8	3,89	6,48	8,59	11,1	5,97	10,48	13,81	15,83	8,69	14,78	18,5	23,1
ARc	4,12	6,74	7,16	9,99	2,2	4,56	4,22	4,23	3,44	5,64	6,83	8,55	3,71	6,32	7,67	7,71	5,59	7,26	7,59	8,9



175

calcul des armatures Longitudinales:

Poutre "L<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>" (sous S<sub>12</sub>)

Soll	(N <sup>max</sup> et M <sup>corr</sup> )										(N <sup>min</sup> et M <sup>corr</sup> )									
	Long					Transv					Long					Transv				
Sens	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N <sub>IV</sub>	3,853	10,934	19,806	30,684	44,676	7,305	17,28	28,45	42,72	57,72	-0,048	-1,222	-4,202	-8,686	-13,27	1,602	2,052	2,45	-4,036	-5,07
M	5,058	7,674	10,015	10,77	15,71	1,958	4,53	10,37	12,077	15,86	9,484	7,674	8,419	8,93	13,05	3,979	6,016	10,37	12,077	14,52
E <sub>0</sub>	1,31	0,701	0,515	0,35	0,377	0,268	0,268	0,367	0,282	0,275	0,16	5,98	2,00	1,03	0,98	2,48	2,87	4,82	10,99	2,86
σ <sub>b</sub>	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	204,	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	1,45	0,84	0,645	0,49	0,517	0,408	0,408	0,504	0,422	0,415	87,3	6,12	2,14	1,17	1,12	2,62	3,02	4,96	11,13	3,00
M <sub>f</sub>	5,58	9,19	12,77	15	21,54	2,98	6,94	14,34	18,02	23,95	4,49	7,84	8,99	10,16	14,86	4,19	6,29	10,66	12,29	15,21
u	0,057	0,094	0,131	0,154	0,221	0,031	0,071	0,147	0,185	0,246	0,063	0,081	0,092	0,104	0,153	0,043	0,064	0,109	0,125	0,156
k	35,2	25,7	20,7	18,5	14,4	50,5	30,8	19,1	16,3	13,3	41,8	28,3	26,1	24,1	12,6	41,8	32,9	23,4	21,4	18,4
E	0,9004	0,8771	0,8599	0,8508	0,8299	0,8237	0,8908	0,8534	0,8403	0,8233	0,9120	0,884	0,878	0,872	0,852	0,912	0,8936	0,869	0,8626	0,8503
σ <sub>b</sub>	119,3	163,42	202,89	227,02	291,7	83,17	136,36	219,9	257,66	315,8	100,4	148,18	100,9	174,3	225,8	100,4	127,65	179,5	196,26	228,3
R	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	20,44	20,44	20,44	20,44
α				0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232					0,423					0,4232
ε				0,859	0,859			0,859	0,859	0,859					0,859				0	0,859
u'				0,1817	0,1817			0,1817	0,1817	0,1817					0,1817					0,1817
y <sub>1</sub>				13,33	13,33			13,33	13,33	13,33					13,33					13,33
σ <sub>0</sub>				2273,2	2273,2			2273,2	2273,2	2273,2					2273,2					2273,2
M <sub>4</sub>				12,968	12,968			12,968	12,968	12,96					12,968					12,968
ΔM				2,032	8,57			1,372	5,052	10,98					1,892					5,432
A'				3,19	13,46			2,15	7,93	17,25					2,97					8,53
A <sub>fs</sub>	4,68	7,92	11,22	13,31	18,69	2,43	5,88	12,57	15,71	20,74	3,47	6,7	7,73	8,92	13,02	3,47	5,30	9,26	10,71	116,02
A <sub>fc</sub>	3,76	5,32	6,51	5,83	8,77	0,70	1,77	5,8	5,53	7,00	3,48	7,00	8,73	10,74	16,18	3,1	4,81	8,75	10,96	17,25



calcul des armatures Longitudinales

Poteau "L<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>" (sous SP<sub>2</sub>)

SOLL	(N <sup>max</sup> et M <sup>Corr</sup> )										(N <sup>min</sup> et M <sup>Corr</sup> )									
	Long					Transv					Long					Transv				
Niv	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	4,79	11,627	19,89	26,82	39,06	10,97	22,36	35,94	49,73	64,46	3,145	7,33	14,24	14,61	18,26	3,12	3,68	2,15	4,076	2,23
M	6,12	10,26	10,7	15,12	17,64	0,52	2,815	8,91	5,67	9,69	5,1	3,64	12,84	12,6	14,7	2,67	4,92	7,45	9,206	12,00
E <sub>0</sub>	1,277	0,882	0,537	0,564	0,452	0,047	0,223	0,247	0,114	0,15	1,62	0,492	0,901	0,862	0,805	0,855	1,34	3,46	2,25	5,38
U <sub>b</sub> '	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	130,5	175,38	205,5	170	191,3	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	1,417	1,022	0,677	0,704	0,592	0,127	0,263	0,327	0,254	0,29	1,76	0,632	1,18	1,002	0,945	0,995	1,48	3,6	2,33	5,52
Mf	6,78	11,82	13,46	18,88	23,12	2,051	6,03	13,908	12,63	18,69	5,53	4,67	16,82	14,64	17,25	3,2044	5,44	7,74	9,74	12,3
u	0,069	0,122	0,138	0,194	0,237	0,0221	0,062	0,143	0,125	0,192	0,057	0,048	0,173	0,1505	0,177	0,032	0,056	0,073	0,100	0,126
K	31,3	21,7	19,9	15,2	13,7	63,5	33,5	19,5	20,9	18,1	35,2	39,2	17,1	18,8	16,8	49,8	35,6	28,8	24,7	21,2
E	0,8920	0,8638	0,857	0,838	0,826	0,936	0,897	0,855	0,861	0,849	0,900	0,908	0,844	0,852	0,843	0,923	0,901	0,886	0,874	0,862
U <sub>b</sub> '	134,2	193,5	211	265,8	306,56	66,14	125,4	215,4	201	232	119,3	107	245,6	223,4	250	84,33	118	145,2	170	198,11
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	32,18	23,95	20,44	24,7	21,35	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	0,378	0,406			0,423	0,423	0,423					
E			0,859	0,859	0,859			0,859	0,874	0,864			0,859	0,859	0,859					
u'			0,182	0,182	0,182			0,182	0,165	0,174			0,182	0,182	0,182					
u <sub>1</sub>			13,33	13,33	13,33			13,33	11,96	12,79			13,33	13,33	13,33					
U <sub>0</sub> '			2273,2	2273,2	2273,2			2273,2	1800	2084,2			2273,2	2273,2	2273,2					
M <sub>1</sub>			12,97	12,97	12,97			12,97	9,75	11,58			12,97	12,97	12,97					
ΔM			0,492	5,912	10,15			0,94	2,88	7,12			3,85	1,672	4,28					
A'			0,773	2,29	15,95			1,47	5,71	12,18			6,05	2,63	6,72					
AP <sub>S</sub>	5,74	10,39	11,83	16,44	20,04	1,65	5,081	12,21	10,88	16,17	4,64	3,9	14,68	12,84	15,05	2,54	4,56	6,61	8,42	10,78
AP <sub>E</sub>	4,6	7,41	7,1	10,05	10,74	-0,95	-0,38	3,65	-0,96	0,827	3,89	2,13	11,29	9,36	10,7	1,79	3,68	6,09	7,45	10,25



calcul des armatures Longitudinales:

Poteau "Lg-T" (sous SP<sub>2</sub>)

Soll	(N <sup>max</sup> , M <sup>corr</sup> )										(N <sup>min</sup> , M <sup>corr</sup> )									
	Long					Transv					Long					Transv				
Sens	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	3,667	9,695	19,905	31,36	42,999	11,278	26,56	43,84	61,85	80,39	-0,662	-2,113	-4,67	-8,474	-12,45	5,93	13,26	19,69	25,85	32,00
M	4,217	6,605	8,97	9,475	13,48	4,71	8,25	12,68	14,804	15,07	3,478	5,635	6,033	8,097	12,36	4,20	7,90	10,66	12,51	14,4
E <sub>0</sub>	1,375	0,681	0,451	0,302	0,313	0,417	0,3104	0,289	0,239	0,187	5,25	2,66	1,29	0,955	0,992	0,708	0,595	0,541	0,484	0,441
σ <sub>b</sub> '	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	205,5	205,5	205,5	205,5
f	1,51	0,82	0,59	0,442	0,453	0,557	0,45	0,429	0,37	0,327	5,39	2,8	1,43	1,095	1,113	0,848	0,735	0,681	0,624	0,581
M <sub>f</sub>	4,64	7,95	11,76	13,86	19,47	6,28	11,96	18,8	23,44	26,28	3,57	5,91	6,68	9,28	14,1	5,028	9,74	13,4	16,13	18,59
μ	0,047	0,082	0,121	0,142	0,200	0,064	0,122	0,193	0,241	0,270	0,036	0,061	0,068	0,095	0,145	0,052	0,100	0,137	0,165	0,191
K	39,6	22,1	21,8	19,6	16,5	32,9	21,7	15,8	13,5	12,4	46,6	33,8	31,5	25,6	19,3	37,4	24,6	20,1	17,6	18,4
E	0,9084	0,984	0,8641	0,8550	0,9413	0,8956	0,8638	0,8377	0,8246	0,8175	0,9188	0,8975	0,8925	0,8768	0,8542	0,9046	0,8737	0,8576	0,8466	0,8502
σ <sub>b</sub> '	106,1	149,5	192,66	214,3	254,5	127,16	193,5	265,8	311,13	338,7	90,12	124,3	133,33	164	217,6	112,3	170,73	208,05	238,6	228,16
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	20,44	20,44	20,44	20,44
α				0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232					0,4232			0,4232	0,4232	0,4232
E				0,859	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	0,1817
γ <sub>4</sub>				13,33	13,33			13,33	13,33	13,33					13,33			13,33	13,33	13,33
σ <sub>al</sub>				2273,2	2273,2			2273,2	2273,2	2273,2					2273,2			2273,2	2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>				12,968	12,968			12,968	12,968	12,968					12,968			12,968	12,968	12,968
ΔM				0,89	6,502			5,83	10,47	13,31					1,13			0,432	3,16	5,622
A'				1,400	10,21			9,16	16,45	20,91					1,77			0,68	4,96	8,83
AP <sub>g</sub>	3,86	6,79	10,28	12,16	16,94	5,30	10,46	16,4	20,31	22,73	2,94	4,98	5,66	8,00	12,40	4,20	8,43	11,77	14,1	16,2
AP <sub>c</sub>	3,13	4,49	5,55	4,70	6,7	2,61	4,14	5,93	5,58	3,58	3,1	5,48	6,77	10,00	15,33	2,79	5,27	7,1	7,95	8,57



calcul des armatures Longitudinales

Poteau "Le-T<sub>2</sub>" (Sous SP<sub>2</sub>)

Soll	(N <sup>max</sup> , M <sup>Contr</sup> )										(N <sup>min</sup> , M <sup>Contr</sup> )									
	Long					Transv					Long					Transv				
Sens	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	3,202	6,42	12,24	17,951	23,71	18,045	38,64	60,61	83,93	106,88	1,583	3,224	4,955	6,665	8,276	2,49	17,83	26,15	33,69	40,17
M	7,08	11,31	14,71	17,06	22,65	5,414	9,77	13,33	15,85	20,26	5,9	9,707	12,59	13,87	19,11	5,96	9,7	13,045	14,87	18,59
E <sub>0</sub>	2,21	1,76	1,201	0,95	0,953	0,300	0,253	0,22	0,188	0,189	3,72	3,01	2,54	2,08	2,31	0,628	0,540	0,498	0,44	0,462
σ <sub>b</sub>	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	198,8	199	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5	205,5
f	2,37	1,92	1,36	1,11	1,11	0,46	0,413	0,38	0,348	0,349	3,88	3,17	2,7	2,24	2,47	0,788	0,704	0,658	0,60	0,622
M <sub>f</sub>	7,58	12,36	16,65	19,92	26,45	8,3	15,95	23,04	29,20	37,3	6,14	10,22	13,37	14,93	20,44	7,47	12,55	17,21	20,21	24,98
μ	0,052	0,0848	0,114	0,137	0,182	0,057	0,109	0,158	0,201	0,257	0,042	0,070	0,092	0,103	0,104	0,051	0,086	0,118	0,139	0,178
K	27,4	27,5	22,7	20,1	16,5	35,2	23,4	18,2	15,3	12,9	42,6	31,1	26,1	24,3	24,1	37,8	27,3	22,2	19,9	17,1
E	0,9046	0,8824	0,8674	0,8576	0,8413	0,9004	0,8698	0,8494	1,835	0,8208	0,913	0,8915	0,8783	0,8728	0,8721	0,9053	0,8818	0,856	0,856	0,8442
σ <sub>b</sub>	112,3	153	185	209	254,9	119	179,5	230	274,5	325,6	98,6	135	161	173	174,3	111,11	154	189,2	211	245,6
K	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	21,12	21,10	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44	20,44
α				0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232									0,4232	0,4232
E				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
γ <sub>1</sub>				15,24	15,24			2273,2	2199,0	22019									15,24	15,24
σ <sub>a</sub>				2273,2	2273,2			2273,2	2199	22019									2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>				19,354	19,354			19,351	18,72	18,74									19,35	19,35
ΔM				0,56	7,09			3,68	10,47	19,53									0,853	5,62
A				0,77	9,47			5,06	14,82	25,32									1,17	7,72
AP <sub>S</sub>	9,54	9,23	12,69	15,32	20,02	6,10	12,12	17,60	22,85	29,15	4,45	7,58	10,06	11,31	15,5	5,45	9,41	13,27	15,54	19,1
AP <sub>C</sub>	4,78	7,70	9,78	11,04	14,37	1,8	2,93	3,21	2,86	3,7	4,2	6,81	8,88	9,73	13,57	3,20	5,17	7,1	7,51	9,52



calcul des armatures Longitudinales

(sous S.P<sub>2</sub>)

Soll	(N <sup>corr</sup> , M <sup>max</sup> ) poteau L <sub>1</sub> -T <sub>1</sub>					(N <sup>corr</sup> , M <sup>max</sup> ) poteau L <sub>1</sub> -T <sub>2</sub>									
	transv					long									
sens	transv					long					transv				
Miv	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	5,26	16,08	28,43	42,72	57,70	4,79	11,62	19,59	26,82	39,06	9,89	17,31	33,17	49,05	36,47
M	6,01	8,397	10,37	12,073	15,86	6,12	10,26	12,94	16,17	17,64	6,758	7,84	10,33	10,85	14,55
e <sub>0</sub>	1,14	0,521	0,362	0,292	0,274	1,27	0,882	0,656	0,603	0,451	0,76	0,433	0,311	0,221	0,39
σ <sub>b</sub> '	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	1,28	0,66	0,504	0,422	0,414	1,41	1,022	0,726	0,743	0,591	0,9	0,593	0,451	0,361	0,53
M <sub>2</sub>	6,73	10,63	14,33	19,03	23,89	6,75	11,88	15,56	19,92	23,08	8,001	10,26	14,95	17,7	19,33
μ	0,069	0,109	0,147	0,185	0,245	0,069	0,122	0,16	0,204	0,237	0,082	0,105	0,153	0,182	0,2112
K	32,4	23,4	19,1	16,3	13,3	31,4	24,7	19,06	15,8	13,7	28,1	23,9	18,6	16,5	13,5
E	0,8922	0,8696	0,8534	0,8408	0,8233	0,8922	0,8632	0,8495	0,8377	0,8255	0,8894	0,8715	0,8512	0,8413	0,8246
σ <sub>b</sub> '	134	179,5	219,9	267,66	315,8	134	139,5	233,33	265,8	306,6	149,5	175,7	225,8	254,5	311,1
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
α			0,4232	0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232
E			0,859	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	0,1817
μ <sub>1</sub>			13,33	13,33	13,33			13,33	13,33	13,33			13,33	13,33	13,33
σ <sub>b</sub> '			2273,2	2273,2	2273,2			2273,2	2273,2	2273,2			2273,2	2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>			12,968	12,968	12,968			12,968	12,968	12,968			12,968	12,968	12,968
ΔM			1,36	5,06	10,92			2,59	6,95	10,11			1,92	4,73	6,33
A'			2,14	7,95	17,15			4,069	10,92	15,88			3,11	7,43	9,99
A <sub>fs</sub>	5,7	9,24	12,86	16,71	20,7	5,72	10,39	13,61	15,52	20,00	6,84	8,89	13,1	15,4	16,82
A <sub>fc</sub>	4,45	5,41	5,10	5,51	6,95	4,57	7,63	8,96	9,14	10,7	4,72	4,77	5,20	3,75	8,13



Calcul des armatures longitudinales

(Sous SF<sub>2</sub>)

Soll	(N <sup>corr</sup> , M <sup>max</sup> ) Potem (L <sub>2</sub> -T <sub>1</sub> )					(N <sup>corr</sup> , M <sup>max</sup> ) Potem (L <sub>2</sub> -T <sub>2</sub> )									
	trans					Long					trans V				
Sens	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
NV	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	7,88	23,23	43,84	61,85	55,10	3,202	5,28	10,62	17,95	21,42	17,01	31,46	45,29	53,89	67,53
M	5,966	9,688	12,79	15,021	16,92	7,108	11,73	15,53	17,06	23,21	8,396	12,21	15,705	18,33	25,35
E <sub>0</sub>	0,757	0,413	0,29	0,242	0,31	2,21	2,22	1,46	0,95	1,08	0,49	0,388	0,35	0,34	0,388
σ <sub>b</sub>	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	0,897	0,553	0,43	0,382	0,44	2,37	2,38	1,62	1,11	1,24	0,65	0,543	0,51	0,5	0,544
M <sub>f</sub>	7,068	12,84	18,85	23,63	24,74	7,57	12,56	17,20	19,92	26,56	11,05	17,24	23,09	26,94	36,76
μ	0,072	0,132	0,109	0,243	0,289	0,052	0,081	0,119	0,137	0,183	0,076	0,118	0,159	0,185	0,253
K	30,3	20,6	15,8	13,4	11,8	37,4	27,3	22,2	20,00	16,4	22,5	22,2	18,1	16,3	13,00
E	0,8896	0,8596	0,8371	0,8239	0,8134	0,9046	0,8818	0,856	0,8571	0,8408	0,8876	0,856	0,8489	0,8403	0,8214
σ <sub>b</sub>	138,6	204	265,82	313,4	355,9	112,3	184	198,2	210	256,1	142,4	199,2	232	257,67	323
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
α			0,4232	0,4232	0,4232				0,4232	0,4232			0,4232	0,4232	0,4232
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 <sub>1</sub>			13,33	13,33	13,33				15,24	15,24			15,24	15,24	15,24
σ <sub>a</sub>			2273,2	2273,2	2273,2				2273,2	2273,2			2273,2	2273,2	2273,2
M <sub>1</sub>			12,968	12,968	12,968				19,356	19,356			19,356	19,356	19,356
ΔM			5,88	10,66	11,69				0,564	7,204			3,73	7,58	12,401
A <sub>1</sub>			9,24	16,75	18,36				0,775	9,903			5,12	10,42	23,92
A <sub>f</sub>	6,00	11,29	16,41	20,47	21,35	5,54	9,42	13,28	15,2	26,26	8,23	17,32	17,6	20,5	27,85
A <sub>f</sub>	4,13	5,76	5,97	5,75	8,23	4,78	8,16	10,76	11,05	15,2	4,18	5,83	6,89	7,71	11,76



Tableaux récapitulatifs du Ferrailage

Poteau: L5-T11

Soll	SP1			SP2		A <sup>min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sup>max</sup> <sub>RPA</sub>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage	
	Niv	A <sup>min</sup> <sub>Long</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Trans</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Total</sub>	A=A <sup>1</sup> <sub>Long</sub>				A=A <sup>1</sup> <sub>Trans</sub>	Long
4	0,73	2,38	3,11	3,16	4,46	12,25	49	12,31	2(3T14)	2(3T14)
3	2,02	5,92	7,94	4,97	5,84	12,25	49	15,14	2(2T16+1T14)	2(3T16)
2	3,6	10,46	14,06	6,58	5,64	12,25	49	18,72	2(2T20+1T14)	2(2T20+1T14)
1	1,51	15,04	16,55	10,77	9,95	12,25	49	33,17	2(2T20+2T16)	2(4T16)

Poteau: L5-T10

Soll	SP1			SP2		A <sup>min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sup>max</sup> <sub>RPA</sub>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage	
	Niv	A <sup>min</sup> <sub>Long</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Trans</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Total</sub>	A=A <sup>1</sup> <sub>Long</sub>				A=A <sup>1</sup> <sub>Trans</sub>	Long
4	0,50	2,81	3,31	3,67	4,91	12,25	49	14,2	2(2T16+1T14)	2(2T16+1T14)
3	1,19	6,42	7,61	6,42	5,75	12,25	49	18,72	2(2T20+1T14)	2(2T20+1T14)
2	1,9	11,23	14,13	7,4	4,63	12,25	49	18,72	2(2T20+1T14)	2(2T20+1T14)
1	2,58	15,39	17,97	6,60	6,60	12,25	49	18,72	2(2T20+1T14)	2(2T20+1T14)

Poteau: L6-T11

Soll	SP1			SP2		A <sup>min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sup>max</sup> <sub>RPA</sub>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage	
	Niv	A <sup>min</sup> <sub>Long</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Trans</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Total</sub>	A=A <sup>1</sup> <sub>Long</sub>				A=A <sup>1</sup> <sub>Trans</sub>	Long
4	0,36	3,21	3,57	3,19	4,33	12,25	49	12,31	2(3T14)	2(3T14)
3	0,88	2,82	3,70	5,74	6,32	12,25	49	18,72	2(2T20+1T14)	2(2T20+1T14)
2	1,48	4,42	5,90	8,1	6,1	12,25	49	21,79	2(2T20+2T14)	2(2T20+1T14)
1	0,60	6,02	6,62	12,95	13,79	12,25	49	43,47	2(3T20+2T16)	2(4T20+1T16)

Poteau: L6-T10

Soll	SP1			SP2		A <sup>min</sup> <sub>RPA</sub>	A <sup>max</sup> <sub>RPA</sub>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage	
	Niv	A <sup>min</sup> <sub>Long</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Trans</sub>	A <sup>min</sup> <sub>Total</sub>	A=A <sup>1</sup> <sub>Long</sub>				A=A <sup>1</sup> <sub>Trans</sub>	Long
4	0,64	4,1	4,74	4,12	5,59	16	64	18,48	2(4T14)	2(4T14)
3	0,90	2,63	3,13	6,74	7,26	16	64	22,24	2(2T16+2T14)	2(4T16)
2	0,92	3,99	4,91	7,16	7,67	16	64	24,12	2(4T16)	2(4T16)
1	1,33	5,35	6,68	9,99	16,42	16	64	45,73	2(4T20)	2(4T20+2T16)

N.B: Les poteaux de l'infrastructure auront le même ferrailage que ceux du niveau juste au-dessus



## Tableaux récapitulatifs du Ferrailage

Poteau: L<sub>1</sub>-T<sub>1</sub>

Soll	SP <sub>1</sub>			SP <sub>2</sub>		F <sub>RPA</sub> <sup>min</sup>	F <sub>RPA</sub> <sup>max</sup>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage		
	Niv	A <sub>Long</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Trans</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Total</sub> <sup>min</sup>	A=A' <sub>Long</sub>				A=A' <sub>Trans</sub>	Long	Transv
	5	9,734	2,89	3,624	3,77	4,45	12,25	49	12,3	2(3T14)	2(3T14)
	4	1,978	5,92	7,898	7,00	5,41	12,25	49	20,36	2(2T16+2T14)	2(4T14)
	3	3,61	10,47	14,08	8,73	8,75	12,25	49	24,89	2(2T20+2T14)	2(2T20+2T14)
	2	1,52	15,14	16,66	10,74	10,96	12,25	49	37,7	2(4T20)	2(4T20)
	1	1,94	5,72	7,66	16,18	17,25	16	64		2(6T20)	2(6T20)

Poteau: L<sub>1</sub>-T<sub>2</sub>

Soll	SP <sub>1</sub>			SP <sub>2</sub>		F <sub>RPA</sub> <sup>min</sup>	F <sub>RPA</sub> <sup>max</sup>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage		
	Niv	A <sub>Long</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Trans</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Total</sub> <sup>min</sup>	A=A' <sub>Long</sub>				A=A' <sub>Trans</sub>	Long	Transv
	5	0,43	2,96	3,45	4,6	4,72	12,25	49	18,48	2(4T14)	2(4T14)
	4	1,18	6,62	7,8	7,63	4,77	12,25	49	22,29	2(4T16)	2(2T16+2T14)
	3	1,88	11,14	13,02	11,29	6,09	12,25	43	31,29	2(4T20)	2(2T20+2T14)
	2	2,57	15,74	18,31	10,9	7,45	12,25	49	31,29	2(4T20)	2(2T20+2T14)
	1	3,27	5,87	9,14	15,95	12,18	16	64	50,26	2(6T20)	2(4T20)

Poteau: L<sub>2</sub>-T<sub>1</sub>

Soll	SP <sub>1</sub>			SP <sub>2</sub>		F <sub>RPA</sub> <sup>min</sup>	F <sub>RPA</sub> <sup>max</sup>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage		
	Niv	A <sub>Long</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Trans</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Total</sub> <sup>min</sup>	A=A' <sub>Long</sub>				A=A' <sub>Trans</sub>	Long	Transv
	5	0,356	1,22	1,57	3,13	4,13	12,25	49	18,48	2(4T14)	2(4T14)
	4	1,14	2,82	3,96	5,48	5,76	12,25	49	18,48	2(4T14)	2(4T14)
	3	2,75	4,42	7,17	6,77	9,24	12,25	49	28,7	2(4T16)	2(2T20+2T14)
	2	4,48	6,023	10,5	10	16,75	12,25	49	44,76	2(4T20)	2(2T25+2T20)
	1	1,78	7,63	9,61	15,33	20,94	16	64	52,82	2(5T20)	2(4T20)

Poteau: L<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>

Soll	SP <sub>1</sub>			SP <sub>2</sub>		F <sub>RPA</sub> <sup>min</sup>	F <sub>RPA</sub> <sup>max</sup>	A <sub>adop</sub>	Ferrailage		
	Niv	A <sub>Long</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Trans</sub> <sup>min</sup>	A <sub>Total</sub> <sup>min</sup>	A=A' <sub>Long</sub>				A=A' <sub>Trans</sub>	Long	Transv
	5	0,66	4,1	4,76	4,78	4,18	16	64	18,48	2(4T14)	2(4T14)
	4	1,47	2,62	4,09	8,16	5,83	16	64	24,89	2(2T20+2T14)	2(4T14)
	3	0,865	3,98	4,84	10,76	7,1	16	64	31,29	2(4T20)	2(2T20+2T14)
	2	1,29	5,34	6,63	11,04	14,87	16	64	43,78	2(4T20)	2(5T20)
	1	1,71	6,706	8,42	15,16	25,32	20,25	81	64,39	2(2T25+2T20)	2(4T20)



\* Armatures transversales:

1) Vérification de la résistance à l'effort tranchant:

$$\tau_b = \frac{nT}{b \cdot z} < \bar{\tau}_b = 0,155b_{28} = 0,15 \cdot 293 = 40,91 \text{ kg/cm}^2$$

T: effort tranchant de calcul

z: =  $7h/8$ , b = largeur du poteau

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

$$\lambda = \frac{lc}{i} = lc / \sqrt{I/B}$$

I: moment d'inertie de la section

B: surface de la section

Remarque:

L'effort tranchant T a été choisi comme suit:

$$T = \max(T_e^{\max}, T_t^{\max})$$

$T_e^{\max}$ : effort tranchant longitudinal max pour tous les niveaux

$T_t^{\max}$ : effort tranchant transversal max dans tous les niveaux

Bloc	BLOC A				BLOC B			
	L5 T11	L5 T10	L6 T11	L6 T10	L1 T1	L1 T2	L2 T1	L2 T2
lc (m)	2,464	2,464	2,464	2,464	2,464	2,464	2,464	2,464
I (m <sup>4</sup> )	125.10 <sup>5</sup>	125.10 <sup>5</sup>	125.10 <sup>5</sup>	213.10 <sup>5</sup>	125.10 <sup>5</sup>	125.10 <sup>5</sup>	125.10 <sup>5</sup>	213.10 <sup>5</sup>
B (m <sup>2</sup> )	0,1225	0,1225	0,1225	0,160	0,1225	0,1225	0,1225	0,16
i	1,01.10 <sup>1</sup>	1,01.10 <sup>1</sup>	1,01.10 <sup>1</sup>	1,15.10 <sup>1</sup>	1,01.10 <sup>1</sup>	1,01.10 <sup>1</sup>	1,01.10 <sup>1</sup>	1,15.10 <sup>1</sup>
λ	24,4	24,4	24,4	21,43	24,4	24,4	24,4	21,43
n	2	2	2	2	2	2	2	2
T (t)	4,596	4,283	5,956	8,063	5,66	7,15	6,55	8,75
z (cm)	27,56	27,56	27,56	31,5	27,56	27,56	27,56	31,5
τ <sub>b</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )	9,53	8,88	12,35	12,8	11,73	14,82	14,41	15,87
$\bar{\tau}_b$ (kg/cm <sup>2</sup> )	40,91	40,91	40,91	40,91	40,91	40,91	40,91	40,91

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

2) écartement des armatures transversales:

on disposera dans chaque section des cadres et des étriers pour les quels on calculera les espacements qu'on comparera à l'espacement admissible et on optera pour un espacement.



\* espacement admissible:

$$t \leq \min(10\phi_{lmin}; 15cm) \rightarrow \text{(Zone nodale)}$$

$$\bar{t} \leq 12\phi_{lmin} \rightarrow \text{Zone Courante}$$

- espacement théorique des armatures et:  $t = \frac{A_c \bar{\sigma}_{at}}{T_c}$

- La longueur de recouvrement doit être:

$$l_d = \begin{cases} \geq 50\phi \\ \phi \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_d} = \phi \cdot \frac{2800}{1,25 \phi \cdot \bar{\sigma}_d} = 42,18 \phi \rightarrow \text{don on prend } l_d \geq 50\phi \end{cases}$$

- La quantité d'acier minimale est donnée par:  $A_c^{min} = 0,004 \cdot t \cdot b$

Bloc	pot	NIV	2T	3	A <sub>c</sub>	nbre de cadres et étriers	t	Zone Courante		Zone nodale	
								E	t <sub>adp</sub>	E	t <sub>adp</sub>
Bloc A	L5 T11	4	3,28	27,56	2,01	(1 cadre + 1 étrier) φ8	40,54	16,8	15	14	12
		3	5,754	"	"	"	22,95	16,8	15	14	12
		2	6,872	"	"	"	19,34	16,8	15	14	12
		1	9,192	"	"	(2 cadres) φ8	14,46	19,2	12	15	12
	L5 T10	4	2,992	"	"	(1 cadre + 1 étrier) φ8	44,44	16,8	15	14	12
		3	5,288	"	"	"	25,14	"	15	14	12
		2	6,872	"	"	"	19,35	"	15	14	12
		1	8,566	"	"	"	15,52	"	15	14	12
	L6 T4	4	5,01	"	"	"	26,54	"	15	14	12
		3	8,858	"	"	"	15,01	"	12	14	12
		2	9,98	"	"	"	13,32	"	12	14	12
		1	11,942	"	3,01	(2 cadres + 1 étrier) φ8	16,72	19,2	12	15	12
L6 T10	4	6,962	31,5	3,14	(2 cadres) φ10	37,91	16,8	15	14	12	
	3	11,074	"	"	"	21,44	16,8	15	14	12	
	2	14,39	"	"	"	16,5	19,2	12	15	12	
	1	16,126	"	"	"	14,72	19,2	12	15	12	
Bloc B	L1 T1	5	3,32	27,56	2,01	(1 cadre + 1 étrier) φ8	40,54	16,8	12	14	12
		4	6,10	"	"	(2 cadres) φ8	25,79	"	12	14	12
		3	8,24	"	"	"	16,13	"	12	14	12
		2	9,68	"	"	"	13,73	24	12	15	12
		1	11,32	"	4,02	(2 cadres + 2 étriers) φ8	23,48	24	12	15	12
	L1 T2	5	4,48	"	2,01	(2 cadres) φ8	29,67	16,8	15	14	12
		4	9,00	"	"	"	14,77	16,8	12	14	12
		3	12,15	"	"	"	10,94	16,8	10	14	10
		2	14,16	"	"	"	9,39	16,8	9	14	9
		1	16,30	"	2,01	"	9,30	24	9	15	9
	L2 T1	5	4,58	"	2,01	(2 cadres) φ8	29,02	16,8	15	14	12
		4	8,44	"	"	"	15,75	16,8	15	14	12
		3	11,36	"	"	"	11,70	19,2	10	14	10
		2	13,36	"	"	"	9,95	24	9	15	9
		1	13,90	"	3,01	(2 cadres + 1 étrier) φ8	14,32	24	12	15	12
	L2 T2	5	5,52	31,50	3,14	(2 cadres) φ10	43,00	16,8	15	14	12
4		9,92	"	"	"	23,92	16,8	15	14	12	
3		13,74	"	"	"	17,27	16,8	15	14	12	
2		17,34	"	"	"	13,68	24	12	15	12	
1		17,50	"	"	"	13,56	24	12	15	12	

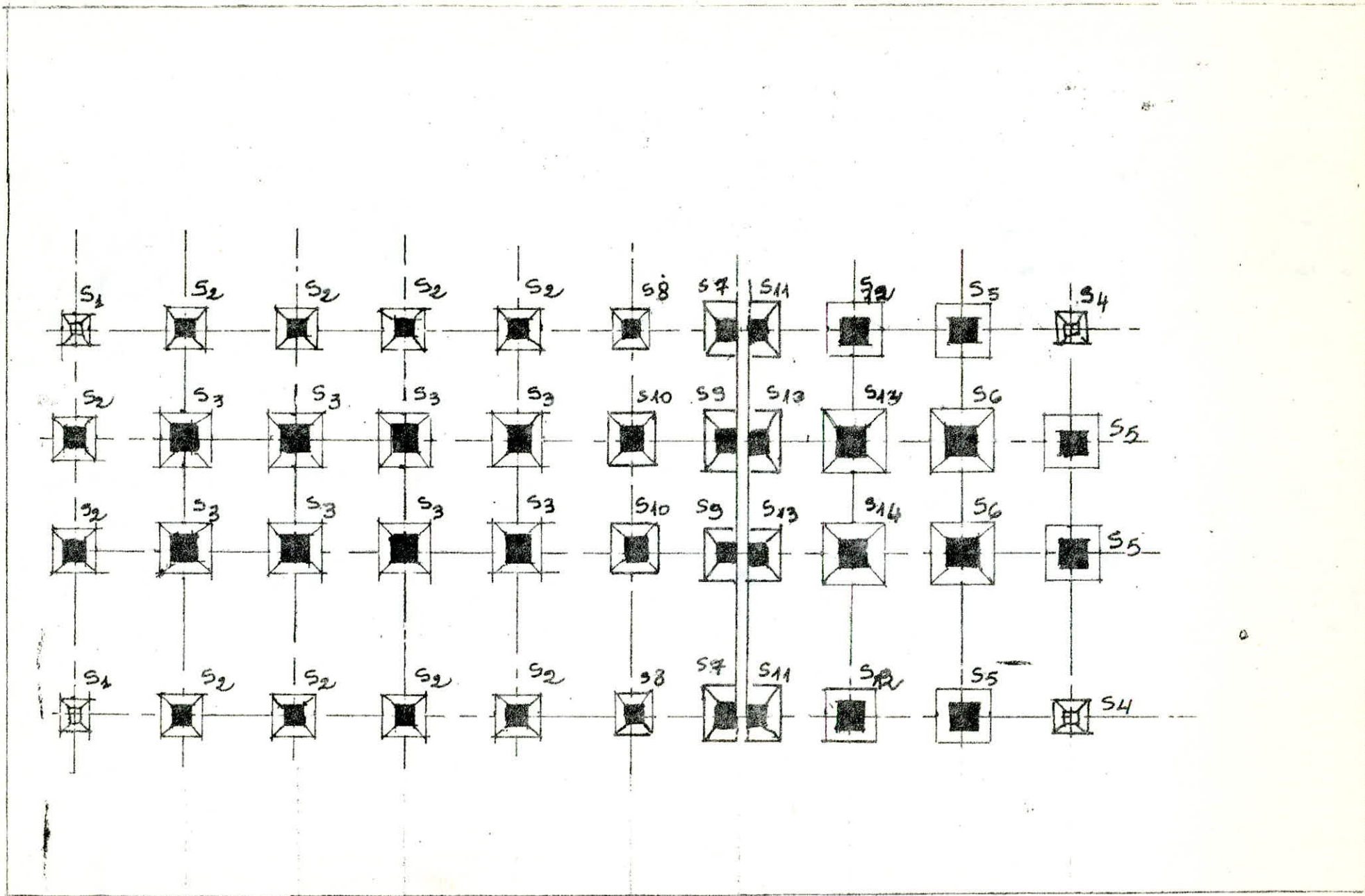


## CALCUL DES FONDATIONS

Les fondations que nous allons étudier sont des fondations superficielles.

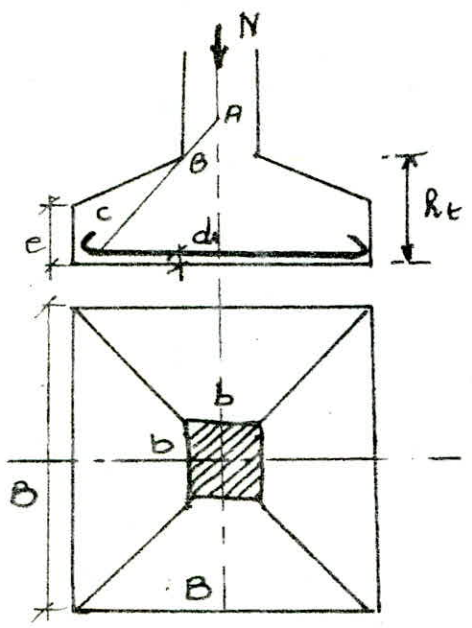
- La contrainte du sol est de 2 bars =  $200 \text{ kg/cm}^2$  à 1,5 m d'encrage.
- on aura à calculer 2 types de fondations:
  - \* semelle isolée sous 1 poteau
  - \* semelle excentrée (isolée)
- choix de ces semelles:
  - semelle isolée: ce type de semelle a été choisi du fait que les poteaux sont suffisamment espacés et à ne pas craindre l'interférence des contraintes.
  - semelle excentrée: ce type a été choisi pour les raisons suivantes:
    - 1) les poteaux sur ces semelles sont voisins au joint de dilatation donc on ne peut continuer la longueur de la semelle du côté du joint.
    - 2) nos 2 blocs (A, B) sont dénivelés l'un par rapport à l'autre, ce qui nous empêche de concevoir une semelle sous 2 poteaux.
- Le calcul se fait sous:  $N = \max(1,5 N_{(SP1)}, N_{(SP2)}^{\max})$
- un béton de propriété de 100m sera coulé sous la fondation.





1) Semelles isolées:

- Les semelles isolées sont supposées rigides.
- on considère des semelles homogènes de poteaux.
- La semelle est constituée d'un tronç de pyramide.



$N$ : charge transmise au sol.  
 $\bar{\sigma}_s$ : contrainte admissible du sol.  
 $B_x, B_y$ : dimensions de la base de la semelle.  
 $h_t$ : hauteur de la semelle.  
 $e$ : épaisseur de la semelle.  
 $b_x, b_y$  côté du poteau.

- on doit vérifier que:

$$\frac{N}{B_x B_y} \leq \bar{\sigma}_s; \quad h_t \geq \frac{B_x - b_x}{4} + d_t$$

- on utilisera pour le calcul la méthode des bielles qui consiste à admettre que l'effort  $N$  se transmet par l'intermédiaire de bielles obliques du béton, qui commencent au point A (point de rencontre de l'axe du poteau avec la droite joignant le point C au centre du crochet de la barre au point B où la semelle rejoint le parement du poteau).

- Les efforts de traction dans les aciers sont:

Dans notre cas il s'agit de semelles carrées:

Dans les deux sens on aura:  $F_x = F_y = \frac{N(B-b)}{8(h_t-d_t)}$   
 $A_x = A_y = \frac{F}{\bar{\sigma}_a}$

- semelle S1:  $N = 40,005 \text{ t}$ .

semelle carrée:  $B_x^2 \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s} = \frac{40,005 \cdot 10^3}{2,04} = 19610$

$B_x = B_y = 140,1$

on choisit  $B_x = B_y = \underline{145 \text{ cm}}$



hauteur de la semelle :  $d_1 = 5 \text{ cm}$

$$h_t \geq \frac{B-b}{4} + d_1 = \frac{145-35}{4} + 5 = 32,5$$

on prend  $h_t = 35 \text{ cm}$ .

- épaisseur de la semelle :  $e \geq 6\phi + 6$  soit pour ds  $\phi 20$   
on a  $e \geq 18 \text{ cm}$  on prend  $e = 20 \text{ cm}$ .

-  poids propre de la semelle :

$$N_0 = \left( B e + \frac{(B+b) \cdot (h_t - e)}{2} \right) B \cdot 2,5$$

$$= \left( 145 \cdot 20 + \frac{(145+35)(35-20)}{2} \right) 145 \cdot 2,5 = 1,35 \text{ t}$$

effort normal total transmis en sol :  $N_t = 40 + 1,35 = 41,35 \text{ t}$

$$\frac{N_t}{\bar{\sigma}_s} = \frac{41,35}{2,04} = 20\,269,6 < 21\,025$$

Le sol peut supporter l'effort qui lui est transmis.

Détermination des armatures :

$$A_x = A_y = \frac{N_t(B-b)}{8 R \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{41,35(145-35)}{8 \cdot 30 \cdot 2800} = 6,99 \text{ cm}^2$$

(on adoptera 7 T12 = 7,96 cm<sup>2</sup>).

N.B. : Le calcul de autres semelles s'effectue de même présente dans le tableau suivant :

Sem	section	N(t)	B(cm)	h <sub>t</sub>	e	Poids Propre	N <sub>total</sub>	N/ $\bar{\sigma}_s$	A <sub>x</sub> =A <sub>y</sub>	Ø
S <sub>2</sub>	35 <sup>2</sup>	68,87	190	45	20	3,14	72,01	vérifié	12,45	9 T14
S <sub>3</sub>	40 <sup>2</sup>	93,07	225	50	25	4,81	97,88	/	17,7	9 T16
S <sub>4</sub>	40 <sup>2</sup>	48,72	160	35	20	1,88	50,6	/	9,04	9 T12
S <sub>5</sub>	40 <sup>2</sup>	83,55	210	50	25	4,19	87,74	/	14,79	10 T14
S <sub>6</sub>	45 <sup>2</sup>	111,71	245	55	25	6,16	117,86	/	20,52	11 T16

2) Semelles excentrées

une semelle est excentrée lorsque la résultante des efforts verticaux ne coïncide pas avec le centre de gravité de la semelle.

- si la semelle est assez rigide et adossée à un mur mitoyen on peut admettre une répartition linéaire (triangulaire) la longueur "B" sera uniquement  $b = \frac{3}{2} \cdot a$

L'effort normal appliqué à cette semelle est:

$$N = 50,6 \text{ t}$$

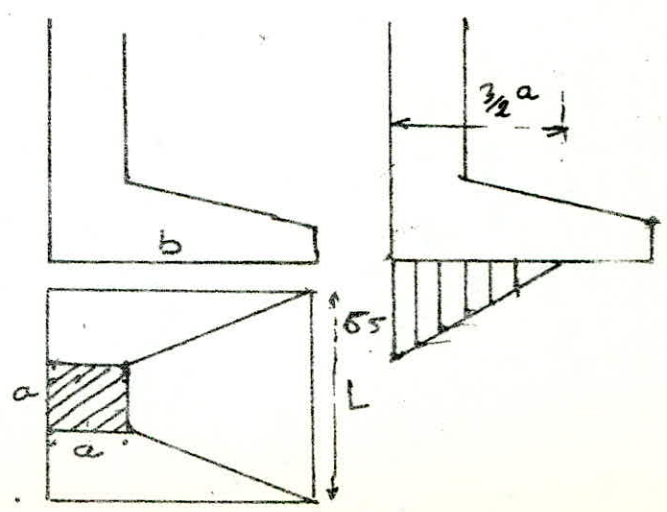
si on choisit une longueur  $L = 210 \text{ cm}$ :

$$\sigma_{\text{sal}} = \frac{N}{L(a \cdot 3/2)} = 4,016 \text{ kg/cm}^2 > 2,04 \text{ kg/cm}^2$$

donc il est inutile d'augmenter "B" car toute la partie de la semelle au delà de  $b = \frac{3}{2} a$  est inutile.

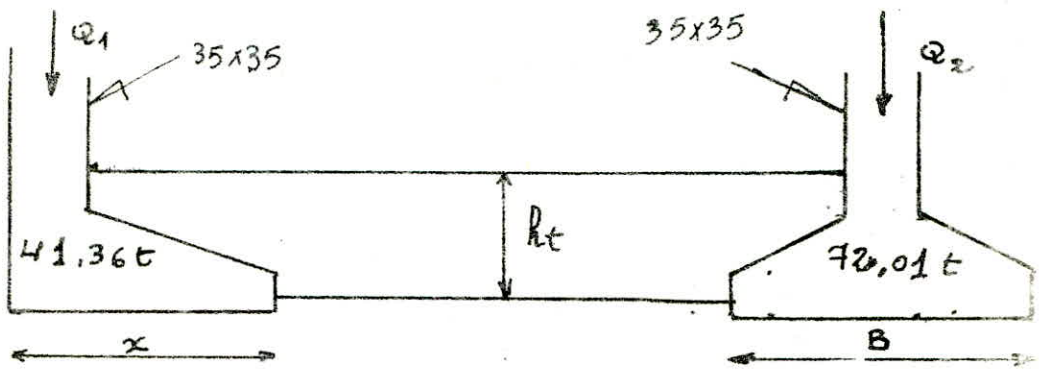
pour éviter une telle répartition de contrainte, on procède à la confection d'une poutre de redressement liant la semelle excentrée à la semelle centrée voisine.

Le procédé entraîne un redressement de la semelle excentrée et amène une répartition uniforme de contraintes sous cette dernière cette contrainte est moitié de celle qui aurait existé en l'absence de la poutre de redressement avec une semelle de dimensions identiques.





\* La semelle excentrée est:



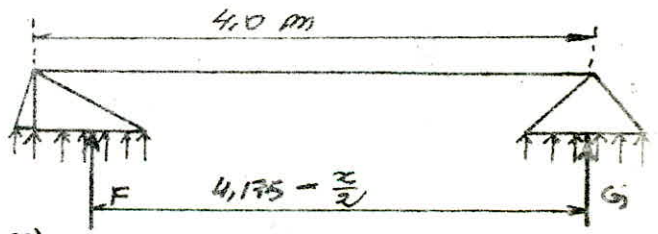
1<sup>re</sup> semelle : sous face X.B  $Q_1 = 41,36t$   
 2<sup>e</sup> semelle (à droite), sous face B.B  $Q_2 = 72,01t$   
 $\bar{q}_s = 2,04 \text{ kg/cm}^2$

• Calcul des efforts:

on suppose que la proutre de redressement amène des réactions uniformes dans le sol au niveau des deux semelles.

1) équilibre statique:

on écrit l'équilibre des moments / G on a:



$$41,36 \cdot 4 = 20 \cdot B \cdot \left(4,175 - \frac{x}{2}\right)$$

Les contraintes sont en  $t/m^2$  et les dimensions et distance (cm)

pour  $B = 190 \text{ cm} \Rightarrow 19x^2 - 158,6x + 165,44 = 0$

d'où  $x = 1,22 \text{ cm}$  soit  $x = 125 \text{ cm}$

$$F = 20 \cdot 1,9 \cdot 1,25 = 47,5 t$$

de plus  $\Sigma$  projections de forces = 0

$$\Rightarrow G = 113,37 - 47,5 = 65,87 t$$

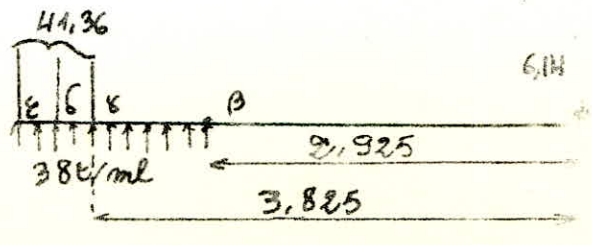
2) efforts tranchants:

$$\beta = -6,14 t$$

$$\delta = -6,14 + 38(1,25 - 0,35) = 28 t$$

$$\delta = -6,14 - 20,68 + 40,85 = 14,03 t$$

$$\epsilon = 0$$



Moments:

$$\beta : M = 6,14 \cdot 2,925 = 17,96 \text{ tm}$$

$$\gamma : = 6,14 \cdot 3,8 - 38 \frac{(0,9)^2}{2} = 8,1 \text{ tm}$$

$$\delta : 38 \frac{(0,175)^2}{2} + 41,36 \cdot \frac{0,087}{2} = 2,39 \text{ tm}$$

• coffrage de la poutre:

$$M_{\max} = 19 \text{ tm} = 19 \cdot 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$\text{on a } M_{rb} = K_b b h^2$$

$$\text{avec } K = \frac{56 \cdot \kappa (1 - \kappa/3)}{2}$$

si l'on fait travailler le béton et l'acier à leur maximum:

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

$$\alpha = 0,423 \rightarrow \kappa = 24,9$$

si on prend  $b = 35 \text{ cm}$ .

$$19 \cdot 10^5 = 24,9 \cdot 35 h^2 \Rightarrow h_{\min} = \sqrt{\frac{19 \cdot 10^5}{24,9 \cdot 35}} = 46,7$$

on prend  $h = 50 \text{ cm}$   $h_t = 55 \text{ cm}$ .

mais nous devons vérifier la contrainte de cisaillement  $\tau_b$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{28 \cdot 10^3 \cdot 8}{35 \cdot 750} = 18,28 > \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a}\right) \bar{\sigma}_b = 14,6$$

donc on doit augmenter "h" prenons  $h = 65 \text{ cm} \rightarrow h_t = 70 \text{ cm}$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 19 \cdot 10^5}{2800 \cdot 35 \cdot 65^2} = 0,0688 \rightarrow \kappa = 31,5$$

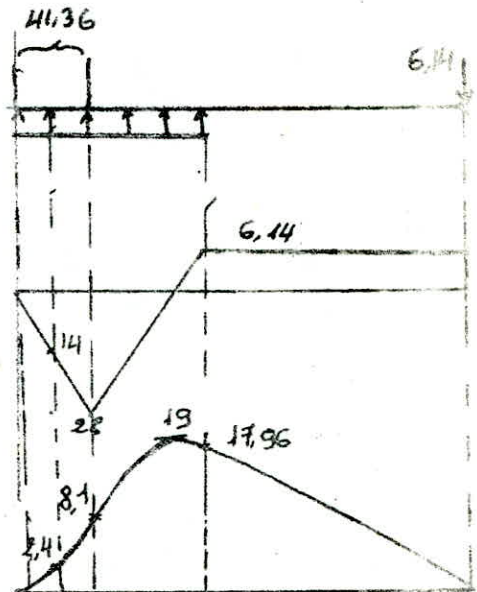
$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = \frac{2800}{31,5} = 88,88 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_{b0}$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{88,9}{2800}\right) 5,9 = 18,9$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{28 \cdot 10^3 \cdot 8}{35 \cdot 765} = 14,1 < 18,9$$

donc le choix est bon on prendra  $h_t = 70 \text{ cm}$ .

pour les semelles on prend  $h = 50 \text{ cm}$   $h_t = 55 \text{ cm}$





Les semelles doivent de toute façon avoir :

$$h \geq \left( \frac{B-b}{4} = \frac{190-35}{4} = 38,75 \right) < 50 \text{ cm}$$

\* La détermination de l'armature se fera indépendamment pour les semelles :

• Semelle X.B :  $A = \frac{Q_1 (b-35)}{8 R \bar{\sigma}_a} = \frac{49,5 \cdot 10^3 \cdot (190-35)}{8 \cdot 65 \cdot 2800} = 5,06 \text{ cm}^2$

on prend 7 T10 = 5,49

• semelle B.B :  $A = \frac{Q_2 (B-35)}{8 R \bar{\sigma}_a} = 7,012 \text{ cm}^2$

on prend 7 T12 = 7,96 cm<sup>2</sup>

\* poutre :

- armature supérieures :

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \cdot 19 \cdot 10^5}{2800 \cdot 35 \cdot 65^2} = 0,0688 \rightarrow \begin{cases} K = 31,5 \\ \epsilon = 0,8925 \end{cases}$$

$$A_s = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon R} = \frac{19 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8925 \cdot 65} = 11,7 \text{ cm}^2$$

on adoptera : 5 T20 = 15,7 cm<sup>2</sup>

on prend A<sub>inf</sub> = 3 T10

- Vérification :

a) effort tranchant : on doit vérifier que :

$$A_s \bar{\sigma}_a \geq T + M/\lambda, \quad M: \text{pris avec son signe (en } \beta)$$

on peut écrire :  $A \geq (T + M/\lambda) / \bar{\sigma}_a = (6140 + \frac{1800000}{56,87}) / 2800 = 13,5 \text{ cm}^2$

13,5 < 15,7 (vérifié)

b) entreînement des armatures :

$$\tau_d = \frac{T}{n p \lambda} ; \quad T_{\max} = 28 \text{ t} ; \quad n=5 \quad p: 6,28$$

$$\tau_d = \frac{28000}{5 \cdot 6,28 \cdot 56,87} = 15,68 < \bar{\tau}_0 = 2 \psi_d \bar{\sigma}_0 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

donc les armatures choisis sont bon.

\* calcul des armatures transversales:

en pratique on pourrait ne prévoir que deux écartements.

Pour  $T = 28t$  .  $A = 5T20 = 15,7 \text{ cm}^2$

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 15,7}{35 \cdot 65} = 0,69 \Rightarrow \begin{cases} K = 26,3 \\ E = 0,8789 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} = \frac{810000}{15,7 \cdot 0,879 \cdot 65} = 903 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{903}{26,3} = 34,33 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot g} = \frac{28000}{35 \cdot 56,87} = 14,06 \leq 3,5 \cdot \bar{\sigma}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

on utilise ds armature  $\perp$  à la ligne moyenne.

- espacement ds cadres:

$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_a}{T}$  on prend 1 cadre + 1 étrier en  $T10$  ;  $\bar{\sigma}_a t = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$$t = \frac{3,14 \cdot 56,87 \cdot 2800}{28000} = 17,86 \text{ cm}$$

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot h = 0,2 \cdot 65 = 13 \text{ cm} \\ h \left( 1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b} \right) = 65 \left( 1 - 0,3 \frac{14,06}{68,5} \right) = 54 \text{ cm} \end{array} \right.$$

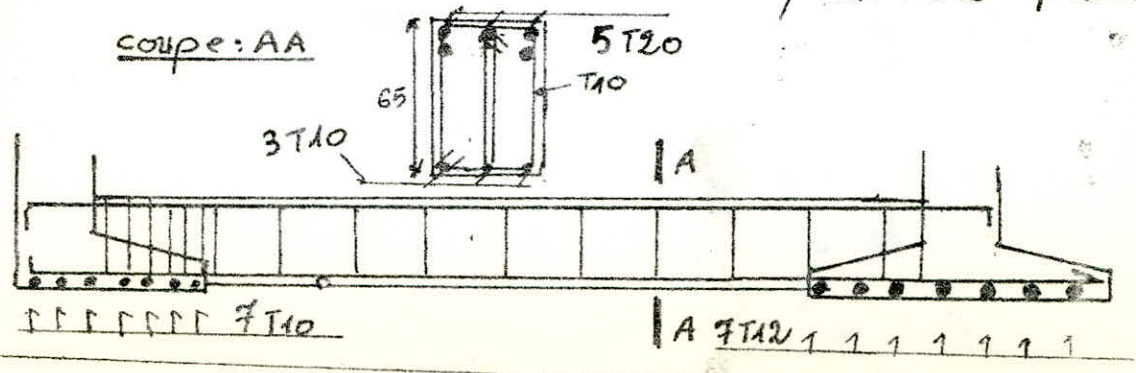
on prendra un espacement de ( $t = 17 \text{ cm}$ ) le long de la semelle excentrée.

pour ( $T = 6,14t$ ) on trouve  $\tau_b = \frac{T}{b \cdot g} = \frac{6140}{35 \cdot 56,87} = 3,1 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 13 \\ 65 \left( 1 - 0,3 \frac{3,1}{68,5} \right) = 54 \text{ cm} \end{array} \right.$$

on adopte un écartement  $t = 40 \text{ cm}$  pour la 2<sup>e</sup> partie.

coupe: AA





## LONGRINES

Les Longrines seront calculées conformément à l'article (4.2.33 RPA 81). Les Longrines doivent pouvoir équilibrer une force axiale de Compression ou de traction au moins égales à 10% (pour les terrains meubles) de la plus grande charge verticale.

dans notre cas la plus grande charge verticale est

$$N^{max} = 117,86 \text{ t}$$

$$\Rightarrow N = \frac{N^{max}}{10} = 11,78 \text{ t. on prendra des Longrines (35x35)}$$

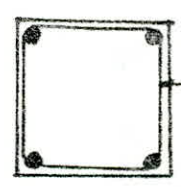
• en Compression:

$$\sigma_b' = \frac{11,78 \cdot 10^3}{35 \cdot 35} = 13,1 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b$$

$$A_e' = \frac{1}{15} \left( \frac{11,78 \cdot 10^3}{\bar{\sigma}_b} - 35 \cdot 35 \right) < 0$$

• en traction:  $A_e \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{11780}{2800} = 4,21 \text{ cm}^2$

on prend 4 T14 (A = 6,16 cm<sup>2</sup>)



φ8 avec un espacement e = 150mm

• condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot 35 \cdot 32 \cdot \frac{5,9}{2800} = 1,63 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{vérifiée}$$

## VOILE PERIPHERIQUE

Prescription (R.P.A 81):

Les ossatures au dessous de niveau de base, formées de poteaux courts (raides secondaires) doivent comporter un voile périphérique continu entre le niveau des fondations

et le niveau de base en zone II et III.

Le voile doit avoir les caractéristiques minimales ci-dessus :

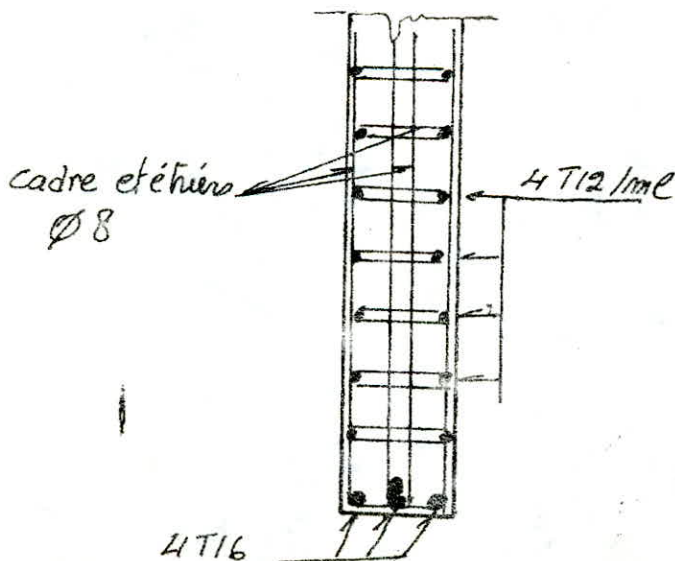
- épaisseur  $\geq 15\text{cm}$
- armature longitudinales filants supérieur et inférieurs de section  $\geq 0,2\%$  de la section transversale totale du béton avec recouvrement  $\geq 50\phi$ , equerre de renforcement dans les angles.
- armatures longitudinales de peau de section  $\geq 2\text{cm}^2$  par face et par ml de hauteur

Ferraillage :  $h = 1,80\text{m}$   $e = 20\text{cm}$

$$A_l = \frac{0,2 \cdot 180 \cdot 20}{100} = 7,2\text{ cm}^2$$

soit 4T16 ( $A = 8,04\text{cm}^2$ )

$A_l$  de peau  $\geq 2\text{cm}^2/\text{ml}$   $\rightarrow$  4T12 ( $A = 4,52\text{cm}^2$ ) par face et par face





## bibliographie

- Règles techniques C.C.B.A 68
- Règles parasismiques RPA 81
- Bulletin du CTC n° 5 1980
- Le calcul et La vérification des ouvrages en B.A (P. Charon)
- Cours de béton III (Belazougki)
- Traité de béton armé tome 4 (A. Guerrin)
- Aide mémoire de béton armé (V. Davidovici)
- Aide mémoire de résistance de matériaux (Goulet)

