

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

38/85

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

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

DEPARTEMENT : GENIE-CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

BATIMENT ADMINISTRATIF

R + 7

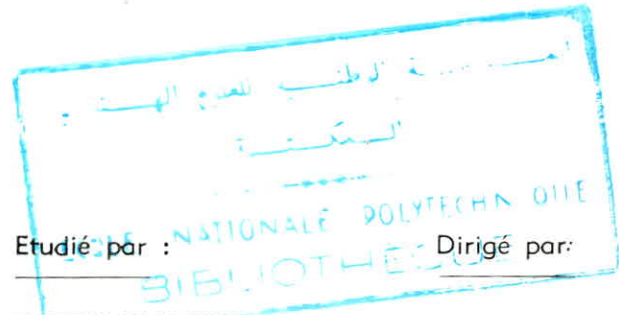
Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par:

TAZEN El-Hadi

ZOUAD Abdelkader



Promotion : Janvier 1985

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

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

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

DEPARTEMENT : GENIE-CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

BATIMENT ADMINISTRATIF

R + 7



Proposé par :

Etudié par :

Dirigé par:

TAZEN El-Hadi

ZOUAD Abdelkader

Promotion : Janvier 1985



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENTS

Nous tenons à présenter nos plus sincères remerciements.

- A - M^{lle} Sahraoui Samira. pour ses encouragements
M^{re} Randani Mohamed pour son aide si précieuse
M^{re} Dahdoune Youcef pour sa collaboration
si amicale.

notre sympathie et profonde reconnaissance à
M^{re} Touati Ahmed Yâzid pour l'assistance
technique qui nous a assurée.

El Hadji - Abdelkader

DEDICACES

Je dedie cet ouvrage

À . . . la mémoire de mon père

ma mère

mes frères TouFFIK et Omar

ainsi que tous mes amis (ies)

El Hadi



DEDICACES

je dedie ce Travail

A

Ma mère,
mon père,
mes frères et soeurs,
tous mes cousins et cousines,
ainsi qu'à tous mes amis(es)

Abdelkader

TABLE DES MATIERES

Introduction

Presentation de l'ouvrage	1
caracteristiques des materiaux	2
charges et surcharges	3

Calcul des éléments

Acrotère	4
poutrelles	6
escaliers	12
palier extérieur	15

BLOC_A

predimensionnement	18
calcul des efforts sous charges verticales	21
calcul des rigidités	28

Etude au séisme

Introduction	36
calcul des efforts sismiques	41

Superposition des sollicitations

57

Ferraillage des poutres

65

Ferraillage des poteaux

75

BLOC_B

predimensionnement	90
calcul des efforts sous charges verticales	91
calcul des rigidités	96

Etude au séisme

104

Superposition des sollicitations

121

Ferraillage des poutres

128

Ferraillage des poteaux

136

Calcul des fondations

142

Verification au renversement

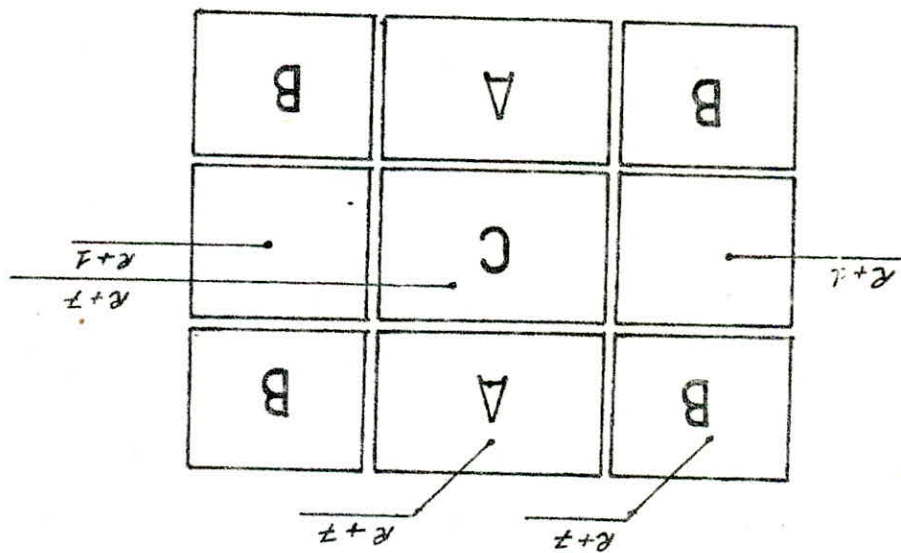
153

Longrine - Voile peripheriques

154

Présentation de l'ouvrage

Le projet de Bin Oulfiolle qui nous a été confié par le BERGEG consiste à étudier la structure résistante d'un bâtiment RDC + 3 étages. On a donc un usage bureaux. Le bâtiment sera implanté dans la région d'ALGER (Zone II) et comportera 5 blocs séparés par des joints de dilatation.



Les blocs (A, B, C) ont une hauteur de 31,95 m chacun. Le système de contreventement est assuré par une structure mixte composée de poteaux-poutres. Notre bâtiment est ancré à 2,5 m en profondeur dans votre dalle, une dalle frotte forme le plancher du RDC hauteur des niveaux contrainte = 3,75 m. Le cote d'ancrage est de bloc A.

Tous au travail du sol. D'après les renseignements fournis par le BERGEG, les conditions de notre sol ont été estimées à 3,5 bars à 3 mètres de profondeur (terrain rocheux, non remanié).

Béton armé : conforme aux CBA 88 et à tous règlements en vigueur en Algérie. Limite de béton comprendra :
 - 400 f de sable $D_s < 5 \text{ mm}$
 - 800 f de gravillons $D_s < 25 \text{ mm}$
 - 350 Kg de ciment CPN 325
 - 125 f de sable

Acier : on utilisera de l'acier doux - haute adhérence.

Plancher : à l'exception du plancher du RDC constitué d'une dalle pleine de 15 cm d'épaisseur, tous les autres niveaux seront constitués de plancher à corps creux.

Caracteristiques des materiaux

Beton : contraintes admissibles

contraintes	$\bar{\sigma}'_{b0}$		$\bar{\sigma}'_b$		$\bar{\sigma}_b$	
	bars	kg/cm ²	bars	kg/cm ²	bars	kg/cm ²
Sous SP1	67,5	68,85	135	137,7	5,8	5,9
Sous SP2	101,25	103,275	202,5	206,55	8,7	8,85

Aciers : $\bar{\sigma}_a = f_a \sigma_{em}$; $f_a = 1/3$ sous SP1 ; $f_a = 1$ sous SP2

nature	ronds fins		haute adhérences				
	FeE24		FeE40 $\phi \leq 20$		FeE40 $\phi \geq 20$		
nuance σ	bars	kg/cm ²	bars	kg/cm ²	bars	kg/cm ²	
Gen	2350	2400	4120	4200	3920	4000	
$\bar{\sigma}_a$	SP1	1567	1600	2747	2800	2613	2667
	SP2	2350	2400	4120	4200	3920	4000

Sollicitations pondérées

- G : sollicitations dues à la charge permanente.
- P : sollicitations dues aux surcharges d'exploitations, y compris les majorations éventuelles pour l'effet dynamique.
- V : sollicitations dues aux surcharges climatiques normales.
- W : sollicitations dues aux surcharges climatiques extrêmes.
- T : sollicitations dues aux effets de la température et au retrait ?
- SI : sollicitations dues au séisme.

Sollicitation totale pondérée du 1^{er} genre : $S_1 = G + 1,2P + T$

$$S_1 = G + P + V + T$$

Sollicitation totale pondérée du 2^{ème} genre : $S_2 = G + 1,5P + 1,5V + T$

$$S_2' = G + P + \gamma_w W + T$$

$$S_2'' = G + P + T + SI$$

$$\delta_w = 1,1 - 0,5 (P_{3max})/G \quad \text{si } P_{3max} < 0,2G$$

$$\delta_w = 1 \quad \text{dans le cas contraire.}$$

P_{3max} = la sollicitation maximale développée par les surcharges d'exploitations

Charges et surcharges

charges permanentes :
plancher terrasse :

5cm gravier	90	kg/m^2
Etanchéité multiconche	10	"
pare-vapeur	5	"
4cm de liège	16	"
pare-vapeur	5	"
forme de pente 10cm	200	"
table de compression + hourdi	330	"
enduit et plâtre 2cm	30	"
	<hr/>	
	$G_r = 706$	kg/m^2

plancher étage courant :

carrelage	44	kg/m^2
mortier de pose	40	"
sable	36	"
table de compression + hourdi	330	"
Enduit + plâtre	30	"
Cloisons	75	"
	<hr/>	
	$G_{ec} = 555$	kg/m^2

plancher RDC

carrelage	44	kg/m^2
mortier de pose	40	"
sable	36	"
dalle pleine BA 15cm	375	"
Cloisons	75	"
	<hr/>	
	$G_{RDC} = 570$	kg/m^2

Surcharges :

bâtiment à usage administratif :

- Terrasse inaccessible	100	kg/m^2
- plancher étage courant	250	"
- plancher RDC	400	"

Calcul de l'acrotère

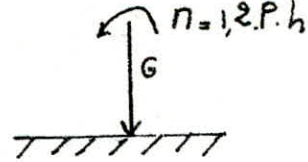
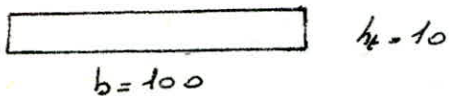
L'acrotère est assimilée à une console encastree dans le plancher terrasse.

Elle est nourrie à son poids propre (G) et à la surcharge due à la main courante. soit $G + 1,2P$

$$G = 0,10 \times 1 \times 2,5 \times 1 = 0,25 \text{ t/ml}$$

$$P = 0,1 \text{ t/ml}$$

schéma statique:



notre élément est nourri à :

$$1 \text{ effort normal } N = G = 0,25 \text{ t/ml}$$

$$1 \text{ moment fléchissant } M = 1,2 \times 0,1 \times 1 = 0,12 \text{ t.m/ml}$$

l'excentricité e_0 est :

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{0,12 \cdot 10^5}{0,25 \cdot 10^3} = 48 \text{ cm}$$

$$e_1 = \frac{h}{6} = \frac{10}{6} = 1,67 \text{ cm}$$

} $e_0 > e_1$ Section partiellement comprimée.

Calcul du moment résistant du Béton :

$$M_{Rb} = \frac{1}{2} b h^2 \bar{\sigma}_b \bar{\epsilon} = 1,608 \text{ tm}$$

Calcul du moment par rapport aux aciers tendus

$$M_a = N \cdot e_a \quad e_a = \text{distance du Cdb des aciers tendus au centre de pression.}$$

$$e_a = e_0 + \left(\frac{h}{2} - d\right) = 48 + \left(\frac{10}{2} - 2\right) = 51 \text{ cm.}$$

$$M_a = 0,25 \times 0,51 = 0,128 \text{ tm/ml}$$

$$M_{Rb} > M_a \Rightarrow A' = 0 \text{ pas d'acier comprimé.}$$

Calcul des aciers tendus.

on calculera la section sous l'effet du moment M_a en flexion simple. puis on déduit la section en flexion composée.

$$A = A_1 - \frac{N}{\bar{\sigma}_a}$$

$$\gamma = \frac{15 M_a}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 0,128 \cdot 10^5}{2800 \times 100 \times 8^2} = 0,0107 \quad \begin{array}{l} \text{Tableau} \\ \text{charon.} \end{array} \quad \begin{array}{l} \sigma = 0,9537 \\ K = 93. \end{array}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{93} = 30,1 < \bar{\sigma}_b' = 137,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_1 = \frac{M_a}{\bar{\sigma}_a \cdot b} = \frac{9,12 \cdot 10^5}{0,9557 \cdot 2800 \cdot 3} = 9,60 \text{ cm}^2 \Rightarrow A = 0,51 \text{ cm}^2$$

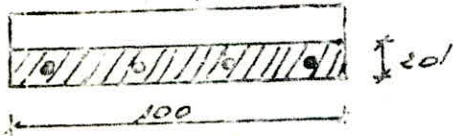
La section obtenue étant faible, on adoptera donc la section d'armature minimale imposée par la condition de non fragilité (Art 5.2 CCBA 68)

$$A \geq 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} = 0,69 \cdot 100 \cdot 3 \frac{5,9}{4200} = 9,78 \text{ cm}^2$$

on prend 4T16/ml (espacement de 25 cm) $A = 1,13 \text{ cm}^2$

Verifications

Verification à la fissuration.



$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,13}{2 \times 2 \times 100} = 2,82 \cdot 10^{-3}$$

$$\sigma_1 = k \frac{\eta}{\phi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f}$$

$$\sigma_2 = 24 \sqrt{\frac{\eta}{\phi} \cdot k \cdot \bar{\sigma}_b}$$

$k = 10^6$ (fissuration préjudiciable : l'acrotère étant soumise aux intempéries)

$$\eta = 1,6 \text{ (HA)} \quad \phi = 6 \text{ mm} \quad \text{donc} \quad \sigma_1 = 731,37 \text{ bars}$$

$$\sigma_2 = 2984,76 \text{ bars} = 3044,4 \text{ kg/cm}^2$$

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

Verification au cisailisme local:

D'après le R.P.A 84 Art 3.39: l'acrotère est vérifiée sous l'action de la force horizontale.

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

$$Z I = 0,6 \text{ (Zone II groupe 2) RPA 84 P.36}$$

$$C_p = 0,8 \text{ console Tableau n}^\circ 4$$

$$W_p = 250 \text{ kg. poids de l'acrotère:}$$

$$\left. \begin{array}{l} Z I = 0,6 \\ C_p = 0,8 \\ W_p = 250 \text{ kg} \end{array} \right\} F_p = 120 \text{ kg}$$

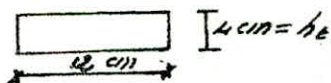
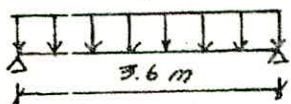
$F_p = 120$ donc on n'a pas à refaire le ferrailage

le cisailisme local est vérifié:

Calcul des poutrelles

les poutrelles seront calculées sous le 1^{er} Genre: G+1,2P
elles sont considérées comme simplement appuyées avant coulage
et continues sur plusieurs appuis après coulage.
surface revenant à chaque poutrelle: $S = 0,65 \cdot L$ $L =$ portée.

a) avant coulage
on calcule le talon préfabriqué, supportant:
son poids propre
le poids propre des corps creux
surcharge due à l'ouvrier.



Poids propre de la poutrelle: $0,12 \times 0,04 \times 2500 = 12 \text{ kg/ml}$
 poids propre du corps creux: $71,5 \text{ kg/ml}$
 surcharge majorée: 78 kg/ml
 $q = 161,5 \text{ kg/ml}$

renforcement des poutrelles:

methode de Pierre Charon:

$d = 2 \text{ cm}$ $h = h_t - 2 = 2 \text{ cm}$.

$M^{max} = M_0 = \frac{qL^2}{8} = \frac{161,5 \times 3,6^2}{8} = 261,6 \text{ Kg.m}$

$T^{max} = q \frac{L}{2} = 306,85 \text{ Kg}$

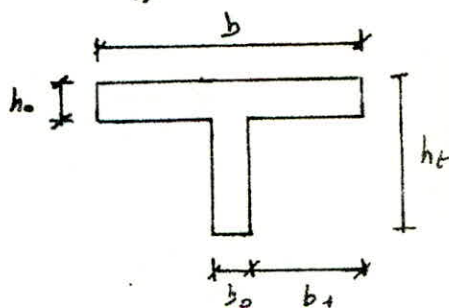
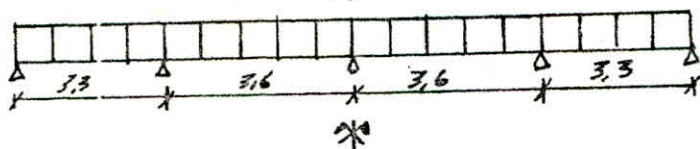
$\gamma = \frac{15 M_0}{\sigma_a b h^2} = 2,916 \rightarrow (E = 0,6988, K = 1,6)$

$\sigma'_s = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2800}{1,6} = 1750 > \bar{\sigma}'_s = 137,7 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' \neq 0$

ne pouvant pas placer les aciers comprimés, car la section du béton est trop petite, on prévoit des échafaudages

b) Après coulage:

schéma statique:



Détermination de la largeur b (Art 23.31 CC/BA68)

$L' = 0,53 \text{ m}$ distance entre faces de nervures voisines

$L = 3,2 \text{ m}$ distance entre nus des appuis.

$h_0 = 4 \text{ cm}$ hauteur de la table de compression.

$b_1 = \frac{b - b_0}{2} \leq \frac{L'}{2} = 26,5 \text{ cm}$

$b_1 \leq \frac{L'}{10} = 32 \text{ cm}$

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

on prend:

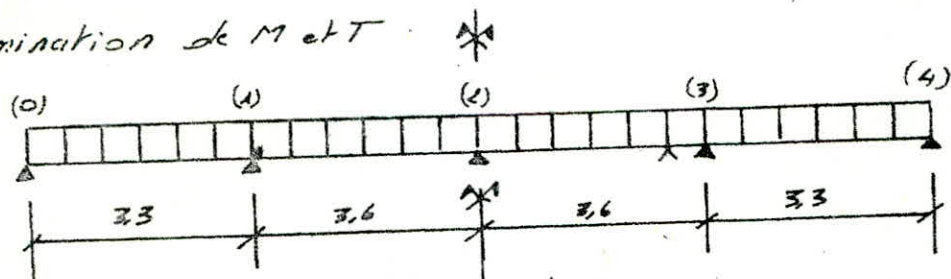
$b_1 = 25 \text{ cm}$

$b = 2b_1 + b_0 = 62 \text{ cm}$

comme nos poutrelles sont des éléments flexion-portant dans
un sens unique :

- $K = 1,5 \cdot 10^6$ fixation non préjudiciable.
- $P \leq 20$
- les éléments solidaires ont une même réaction constante
- les travées ne sont pas hétérogènes $0,8 \leq \frac{p_i}{p_{i+1}} \leq 1,25$

détermination de M et T



$M_0 = M_4$ moment sur appuis de rive

$M_1 = M_3$

théorème des 3 moments

$$M_0 p_1 + 2(p_1 + p_2) M_1 + p_2 M_2 = -6 \left[\frac{q p_1^3}{24} - \frac{q p_2^3}{24} \right] \text{ avec}$$

$$M_0 = M_4$$

$$p_1 = p_4$$

$$p_2 = p_3$$

$$M_1 = M_3$$

$$\text{donc : } \rightarrow M_1 + 0,26 M_2 = -1,59$$

$$\rightarrow M_1 + 2 M_2 = -3,249$$

$$\Rightarrow \begin{cases} M_1 = -1,769 \\ M_2 = -9 \end{cases} \text{ avec } q = 6 + 1,2P$$

Terrasse : $(706 + 1,2 \times 100) \times 0,65 = 536,9$
 étage courant : $(555 + 1,2 \times 250) \times 0,65 = 555,75$

	Étage Courant	Terrasse
$q = 6 + 1,2P$ kg/m	555,75	536,9
M_1 (kg.m)	-978,12	-944,94
M_2 (kg.m)	-555,75	-536,9

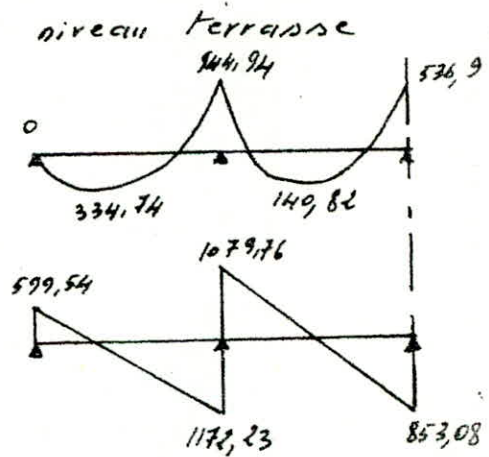
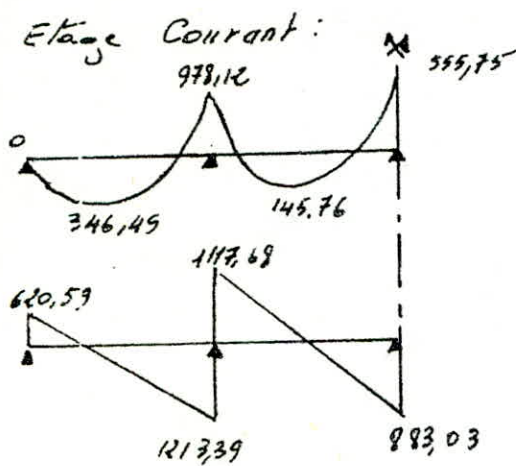
les moments entravés sont établis par les relations :

$$M(x) = y(x) + M_i + \frac{M_{i+1} - M_i}{p} \cdot x \quad \text{avec } y(x) = \frac{q}{2} x^2 - \frac{q x^2}{2}$$

$$\text{donc l'effort tranchant : } T(x) = \frac{dM}{dx} = \frac{q}{2} - qx + \frac{M_{i+1} - M_i}{p}$$

$$T(x) = 0 \Rightarrow x = \frac{p}{2} + \frac{M_{i+1} - M_i}{q}$$

Travée	x (m)	$M(x)$ Étage (kg.m)	$M(x)$ Terr (kg.m)	$T(x=0)$	$T(x=3,3)$ $x=3,6$	$T(x=0)$	$T(x=3,3)$ $x=3,6$
0-1 $p=3,3$	1,12	346,49	334,74	620,59	-1213,39	599,54	-1172,23
1-2 $p=3,6$	0,01	145,76	140,82	117,68	-883,03	1079,76	-853,08



Calcul des armatures longitudinales

plancher étage courant:

$$M_t = M_{\max} = 346,49 \text{ kgm}$$

$$M_a = M_{\max} = 978,12 \text{ kg,12}$$

$$h_0 = 4 \text{ cm}$$

$$h_t = 24$$

$$b = 62 \text{ cm}$$

$$b_0 = 12 \text{ cm}$$

$$\bar{\sigma}'_b = 137,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$d = 2 \text{ cm}$$

$$h = h_t - d = 22 \text{ cm}$$

Méthode Pierre Charon:

en travée:

$$\gamma = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0061 \rightarrow (k = 126, \kappa = 0,1064, E = 0,9645)$$

$\gamma = \kappa h = 0,1064 \times 22 = 2,34 \text{ cm} < h_0 = 4 \text{ cm} \Rightarrow$ l'axe neutre tombe dans la table: le coté ne fera pas une section rectangulaire de largeur b et de hauteur h_t :

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = 22,2 < \bar{\sigma}'_b \text{ donc } A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 0,58 \text{ cm}^2 \text{ on prend } 2T8 \quad A = 1,00 \text{ cm}^2$$

sur appuis:

$$\gamma = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0902 \rightarrow (k = 26,4; \kappa = 0,3623; E = 0,8792)$$

$\gamma = \kappa h = 7,97 > h_0$ moment négatif: la table de compression sera tendue: section rectangulaire: b_0, h_t

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} = 106,06 < \bar{\sigma}'_b \quad A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 1,81 \text{ soit } 2T12 \quad A = 2,26 \text{ cm}^2$$

Vérifications

Vérification des contraintes:

	A cm ²	$\bar{\omega} = \frac{100A}{bh}$	k	E	$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{AEh}$	$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa}$
TRAVÉE	1,00	0,0732	94	0,9641	1651	18
APPUIS	2,26	0,856	23	0,8684	2266	99

Vérifiée
Vérifiée

Condition de non fragilité :

entravée $A \geq 0,69 \frac{\bar{\sigma}_k}{\bar{\sigma}_{en}} b h = 1,32$ non vérifiée

donc en
ciclople 2T10
 $A = 1,57 \text{ cm}^2$

en appui $A \geq 0,26 \text{ cm}^2$ vérifiée.

condition de non fissuration :

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{A}{2b_0 d} = \frac{1,57}{2 \times 12 \times 2} = 0,0327$$

$\eta = 1,6$ acier HA

$K = 1,5106$ fissuration peu préjudiciable

$$\bar{\omega}_f = 0,0327$$

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

$$\phi = 10 \text{ mm}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= 5915,23 \text{ bars} \\ &= 6033,53 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 &= 2584,89 \text{ bars} \\ &= 2636,58 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned} \right\}$$

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

donc la fissuration n'est pas à craindre.

Vérification de l'adhérence : (art 29. CCBA68)

$$\bar{T}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b \quad \left| \quad \bar{T}_d = 2 \times 1,5 \times 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2\right.$$

$$\psi_d = 1,5 \text{ (HA)}$$

$$T_{max} = 1213,39 \text{ kg} \quad \left| \quad \bar{T}_d = \frac{T_{max}}{\pi p s} = \frac{1213,39}{2 \times \pi \times 1 \times \frac{7}{8}} = 10,03 < \bar{T}_d\right.$$

Vérifié

Vérification de la flèche : (art 58,4 CCBA68)

$$\frac{h_t}{p} \geq \frac{1}{15} \frac{\pi L}{M_0}$$

$$M_t = 346,49 \text{ kg.m}$$

$$M_0 = 9 \frac{L^2}{8} = 756,51 \text{ kg.m}$$

on a vérifié que :

$$\bar{\omega}_0 = \frac{A}{b_0 h} < \frac{36}{6en}$$

$$\text{et } \frac{h_t}{p} \geq \frac{1}{22,5}$$

$$\frac{h_t}{p} \geq \frac{1}{15} \cdot \frac{346,49}{756,51} = 0,031 \quad h_t \geq 10,1 \text{ cm vérifié}$$

$$h_t \geq \frac{1}{22,5} = 16 \text{ cm vérifié}$$

$$\bar{\omega}_0 = \frac{A}{b_0 h} < \frac{36}{6en} \Rightarrow A < \frac{36}{6en} b_0 h = 2,26 \text{ cm}^2 \text{ vérifié}$$

Calcul des armatures transversales :

$$\text{on a : } T_{max} = 1213,39 \text{ kg}$$

on utilisera des armatures perpendiculaires à la ligne moyenne pour cela on doit vérifier :

$$\tau_b \leq 3,5 \bar{\sigma}_b \quad \text{si} \quad \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$$

$$\tau_b \leq \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_b}\right) \bar{\sigma}_b \quad \text{si} \quad \bar{\sigma}'_b \leq \sigma'_b \leq 2 \bar{\sigma}'_b$$

$$\text{avec} \quad \tau_b = \frac{T_{\max}}{b_0 \cdot z} \quad z = \frac{7}{8} \cdot h = \frac{7}{8} \cdot 22 = 19,25 \text{ cm}$$

$$\tau_b = \frac{1213,39}{12 \cdot 19,25} = 5,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\gamma = \frac{1517}{\bar{\sigma}'_b \cdot b_0 \cdot h^2} = 0,0902 \rightarrow k = 26,4 \quad \sigma'_b = 106,06 > \bar{\sigma}'_b = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{d'où} \quad \tau_b \leq \left(4,5 - \frac{106,06}{68,85}\right) 5,9 = 17,46 \text{ Verifiée, } \tau_b \leq \bar{\tau}_b$$

on choisit un cadre $\phi 5 \Rightarrow A_t = 0,39 \text{ cm}^2$ (muance Fe E24)

Contraintes admissibles de traction:
on suppose qu'il n'y a pas reprise de bétonnage:

$$\bar{\sigma}_{at} = \rho_{at} \cdot \bar{\sigma}_{en} \quad \rho_{at} = \max\left(\frac{1}{3}; 1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\sigma}_b}\right) = 0,9$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 0,9 \times 2400 = 2160 \text{ kg/cm}^2$$

Ecartements des armatures transversales.

l'écartement est donné par:

$$t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T_{\max}} = \frac{0,39 \cdot 19,25 \cdot 2160}{1213,39} = 13,4 \text{ cm}$$

de plus t ne doit pas dépasser $\bar{t} = \max(t_1, t_2)$ art 25.12 - CCBA68

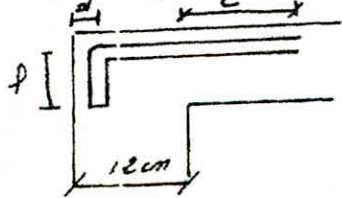
$$t_1 = h \left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right) = 22 \left(1 - 0,3 \frac{5,25}{5,9}\right) = 16 \text{ cm}$$

$$t_2 = 0,2h = 0,2 \times 22 = 4,4 \text{ cm}$$

$t = 13 \text{ cm} < \bar{t} = 16 \text{ cm}$ donc on prend $t = 13 \text{ cm}$

pour la terrasse, et les étages courants le premier cours sera à $\frac{1}{2}$ de l'appui pour les autres on applique la suite de Caquot.

Calcul du crochet:



$$c = \frac{2T}{b_0 \bar{\sigma}'_b} = 2,94 \text{ cm}$$

$$\rho_a = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b} \quad \text{avec} \quad \bar{\sigma}_a = \frac{T_1}{6,28} = 193,2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rho_a = \frac{1,2}{4} \frac{193,2}{17,46} = 3,3 \text{ cm}$$

$$\text{largeur d'appui: } 3,3 + 2,94 + 2 = 8,2 \text{ cm}$$

$$L = h_0 - 8,2 = 12 - 8,2 = 3,8 \text{ cm}$$

$$L + 1,89 \rho = \rho_a + 5,2 \phi \Rightarrow \rho = 3 \text{ cm}$$

ferrailage de la table de compression: Art 58.2. CCBA68

La table de compression sera armée par un treillis soudé dont les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser

20 cm pour les armatures perpendiculaires aux nervures
33 cm pour les armatures parallèles aux nervures

on adoptera un treillis soudé de 20x20 ($\phi 5$)
d'où $5 \phi 5 / m^2 \rightarrow A = 0,98 \text{ cm}^2$

$\phi \leq 6 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2$
ce treillis sera en mesure de:

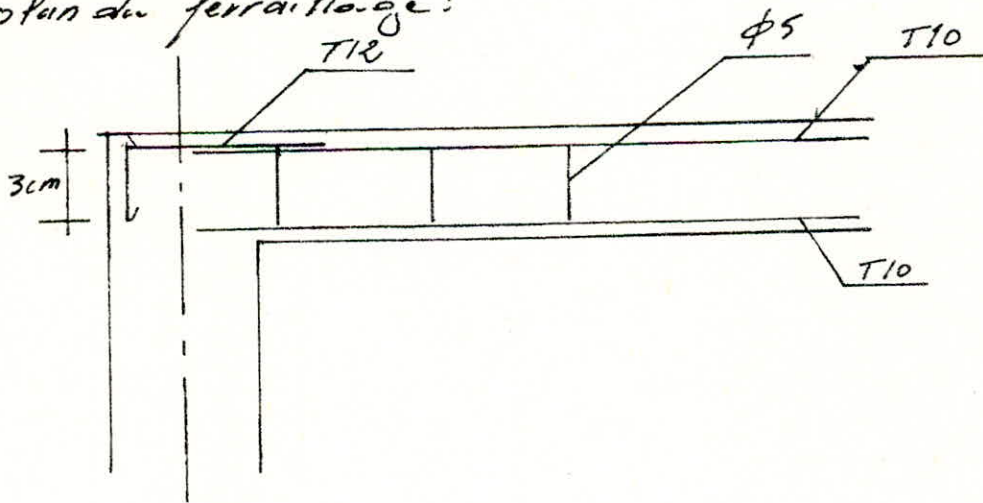
- limiter les risques de fissuration par retrait
- résister aux efforts des charges appliquées sur des surfaces réduites

l'écartement entre axe des nervures étant compris entre 50 et 80 cm ($L_n = 65 \text{ cm}$)

Armature \perp aux nervures: $A_{\perp ner} \geq \frac{43 f_n}{\sigma_{en}} = 0,52 \text{ cm}^2$ vérifiée

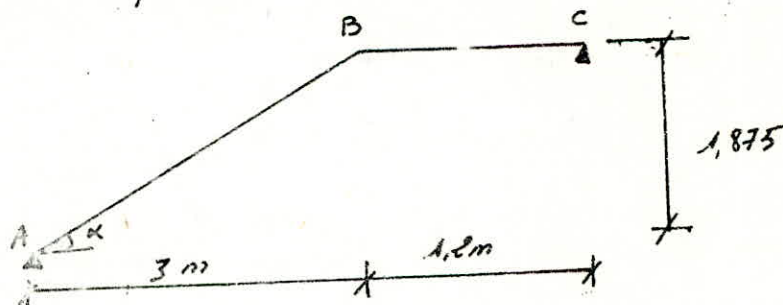
Armature \parallel aux nervures: $A_{\parallel ner} \geq \frac{A_{\perp ner}}{2} = 0,49 \text{ cm}^2$ vérifiée

plan du ferrailage:



Calcul des escaliers

Il se compose d'une paillasse et d'un palier intermédiaire situé à mi-étage



$$\tan \alpha = \frac{1,875}{3,00} = 0,63 \Rightarrow l_1 = AB = \frac{3,00}{\cos \alpha} = 3,54 \text{ m.}$$

prédimensionnement:
épaisseur de la paillasse et du palier:

$$\frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20} \quad \text{avec } l = A.B.C = 4,74 \text{ m} \Rightarrow 0,16 \leq e \leq 0,24$$

on prend une épaisseur $e = 16 \text{ cm}$
pour notre escalier on a: 10 marches avec une largeur $g = 30 \text{ cm}$
11 contre-marches avec une hauteur $h = 17 \text{ cm}$

Condition de BLONDEL

- $g > h$ vérifiée

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

$$\text{or } g + 2h = 0,3 + 2 \times 0,17 = 0,64 \text{ vérifié}$$

Charges et surcharges:

le calcul se fait par mètre de projection horizontal et pour un mètre d'embranchement:

Paillasse:

les dimensions des marches étant faible devant la portée de la paillasse on peut admettre que son poids propre est uniformément reparti:

- poids paillasse: $471,7 \text{ kg/m}^2$
- poids des marches: $187,0 \text{ kg/m}^2$
- revêtement: $84,0 \text{ kg/m}^2$
- garde-corps: $10,0 \text{ kg/m}^2$

$$G = 752,7 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Surcharge d'exploitation } 1,2 \times 400 = 480 \text{ kg/m}^2$$

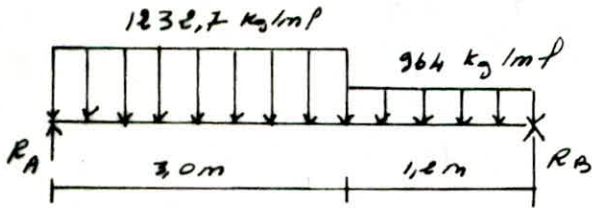
$$q_1 = G + 1,2P = 1232,7 \text{ kg/m}^2$$

palier:

- poids propre de la dalle: 400 kg/m^2
- revêtement: 84 kg/m^2
- surcharge majorée: 480 kg/m^2

$$q_2 = 964 \text{ kg/m}^2$$

Schema statique :



$$R_A = 2542,6 \text{ kg}$$

$$R_B = 2312,3 \text{ kg}$$

Determination des efforts :

$$0 \leq x \leq 1,2 \text{ m} \quad M(0) = 0 \text{ m}$$

$$M(1,2) = 3468,8 \text{ kg m}$$

$$T(0) = -2312,3 \text{ kg}$$

$$T(1,2) = -1155,5 \text{ kg}$$

$$1,2 \leq x \leq 4,2 \quad M(1,2) = 3468,8 \text{ kg m}$$

$$M(4,2) = 0 \text{ kg m}$$

$$T(1,2) = -1155,5 \text{ kg}$$

$$T(4,2) = 2542,6 \text{ kg}$$

Moment max : $T(x) = 0$ pour $x = 4,14 \text{ m} \Rightarrow M^{\text{max}} = 2623 \text{ kg m}$

Calcul des Armatures : $h = 16 \text{ cm}$ de 2 cm $b = 100 \text{ cm}$
on tient compte des semi-encastrement aux appuis :

En travée : $M_t = 0,75 M_0(x) = 3586,9 \text{ kg m}$

avec $M_0 = \frac{PL^2}{8}$ $P = 2169,6 \Rightarrow M_0 = 4782,6 \text{ kg m}$

$\gamma = 0,098$ $K = 25,1$ $E = 0,8753$ $\bar{\sigma}_b' = 111,5 \text{ kg/cm}^2$ donc les armatures comprimées ne sont pas nécessaires.

$A = \frac{M}{E h \bar{\sigma}_a} = 10,45 \text{ cm}^2 \Rightarrow$ on adopte 10 T12 $A = 11,31 \text{ cm}^2$

$A_{\text{répartition}} = \frac{A}{4} = 2,82 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4 \text{ T10} = 3,14 \text{ cm}^2$

En appuis : $M_a = 0,5 M_0(x) = 2391,3 \text{ kg m}$

$\gamma = 0,0654$ $E = 0,8945$ $K = 32,4$ $\bar{\sigma}_b' = 86,4 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow A' = 0$

$A = 6,81 \text{ cm}^2 \Rightarrow 9 \text{ T10}$ $A = 7,06 \text{ cm}^2$

Dans l'autre sens 4 T8 $A = 2,01 \text{ cm}^2$

Verification des contraintes.

entravée $A = 11,31 \text{ cm}^2$ $\bar{\omega} = 100 \frac{A}{bh} = 0,8$ $K = 23,9$ $E = 0,8715$

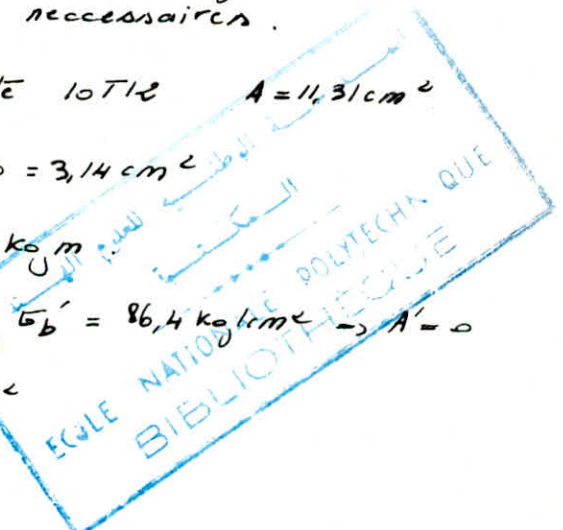
$\bar{\sigma}_a = \frac{M_a}{A E h} = 2600 < 2800 \text{ kg/cm}^2$ vérifiée

$\bar{\sigma}_b' = \frac{2600}{23,9} = 108,78 < \bar{\sigma}_b = 137,7 \text{ kg/cm}^2$

en appuis : $A = 7,06 \text{ cm}^2$ $\bar{\omega} = 0,5043$ $E = 0,8932$ $K = 31,8$

$\bar{\sigma}_a = 2709 < 2800 \text{ kg/cm}^2$ vérifiée

$\bar{\sigma}_b' = 85,17 < \bar{\sigma}_b$ vérifiée



Vérification à la non fragilité :

$$A_s \geq 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \times 100 \times 14 \times \frac{5,9}{4200} = 1,35 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

Vérification de la flèche :

$$\frac{A}{bh} \leq \frac{43}{600} \quad A \leq \frac{43 \times 100 \times 14}{4200} = 14,3 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

Vérification de la contrainte de cisaillement :

$$T^{\max} = 2542,6 \text{ kg}$$

$$s = \frac{7}{8} h = 12,25 \text{ cm}$$

$$\tau_b = \frac{T^{\max}}{b s} = 2,07 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\sigma}_b = 6,78 \text{ kg/cm}^2 \text{ (cas des aciers)}$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$ donc les armatures transversales ne sont pas nécessaires, on dispose des aciers de construction T6 avec $t = 25 \text{ cm}$

Vérification de l'effort tranchant à l'appui :

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{s}$$

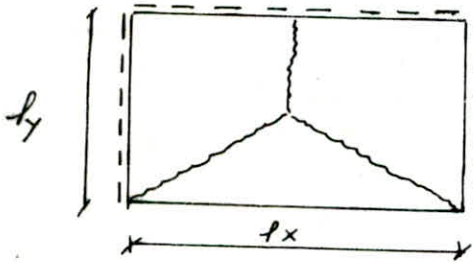
$$\left. \begin{array}{l} A \bar{\sigma}_a = 19768 \text{ kg} \\ T + \frac{M}{s} = 2542,6 \text{ kg} \end{array} \right\} \text{ vérifiée}$$

donc la section d'acier suffit pour équilibrer l'effort tranchant :

Calcul du palier extérieur

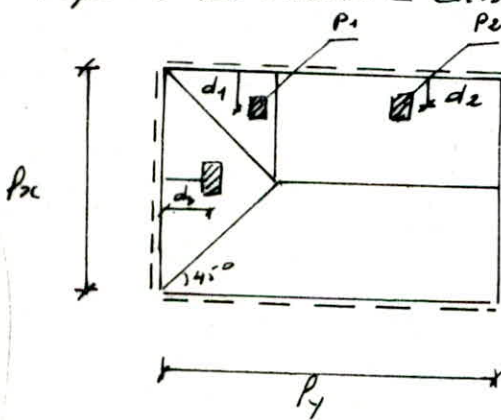
ce palier est constitué de dalles appuyées sur 3 cotés:
d'épaisseur $e = 20 \text{ cm}$.

Détermination des efforts :



la charge par m^2 de dalle est : $q = 920 \text{ kg/m}^2$

D'après la théorie des lignes de ruptures on aura :



$$p = 920 \text{ kg/m}^2$$

dans notre cas on a toujours

$$l_y \geq \frac{l_x}{2}$$

$$M_x = P_1 d_1 + P_2 d_2 \quad \text{avec} \quad P_1 = \frac{1}{2} \left(\frac{l_x}{2} \cdot \frac{l_x}{2} \right) p = \frac{p l_x^2}{8} \quad d_1 = \frac{l_x}{6}$$

$$P_2 = \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right) \frac{l_x}{2} \cdot p \quad d_2 = \frac{l_x}{4}$$

$$M_x = p \frac{l_x^2}{8} \left(l_y - \frac{l_x}{2} \right) + \frac{p l_x^3}{48}$$

$$M_y = P_3 d_3 = \frac{1}{2} l_x \cdot \frac{l_x}{2} p = \frac{p l_x^3}{24} \quad d_3 = \frac{l_x}{6}$$

l_x m	l_y m	M_x tm	M_y tm	γ_x	ϵ_x	K_x	γ_y	ϵ_y	K_y	A_x cm ²	A_y cm ²
2,3	3,2	1,48	0,47	0,0106	0,9539	93,5	0,0024	0,9773	205	3,08 7T8	0,95 6T8
3,0	3,2	2,28	1,04	0,0126	0,9500	85,0	0,0054	0,9664	134	4,76 10T8	2,14 6T8
3,3	3,2	2,63	1,38	0,0130	0,9490	83,0	0,0071	0,9618	116	5,5 11T8	2,95 6T8
4,45	3,2	3,91	3,38	0,0145	0,9465	78,5	0,0175	0,9419	71,0	8,2 13T8	7,12 15T8
6,3	3,2	4,85	9,59	0,0127	0,9498	84,5	0,0496	0,9064	38,4	10,13 22T8	20,99 42T8

Vérification de la condition de non fragilité

$$A_x \geq 0,69 b h \frac{\sigma - \rho}{2} \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cn}} \quad \rho = \frac{f_c}{f_y}$$

$$A_y \geq 0,69 b h \frac{1 + \rho}{4} \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cn}}$$

a)	$A_x \geq 2,57 \text{ cm}^2$	$A_y \geq 2,40 \text{ cm}^2$
b)	$A_x \geq 2,78 \text{ cm}^2$	$A_y \geq 2,70 \text{ cm}^2$
c)	$A_x \geq 2,79 \text{ cm}^2$	$A_y \geq 2,84 \text{ cm}^2$
d)	$A_x \geq 2,37 \text{ cm}^2$	$A_y \geq 3,34 \text{ cm}^2$
e)	$A_x \geq 0,17 \text{ cm}^2$	$A_y \geq 4,14 \text{ cm}^2$

Vérifiée

Vérification des contraintes:

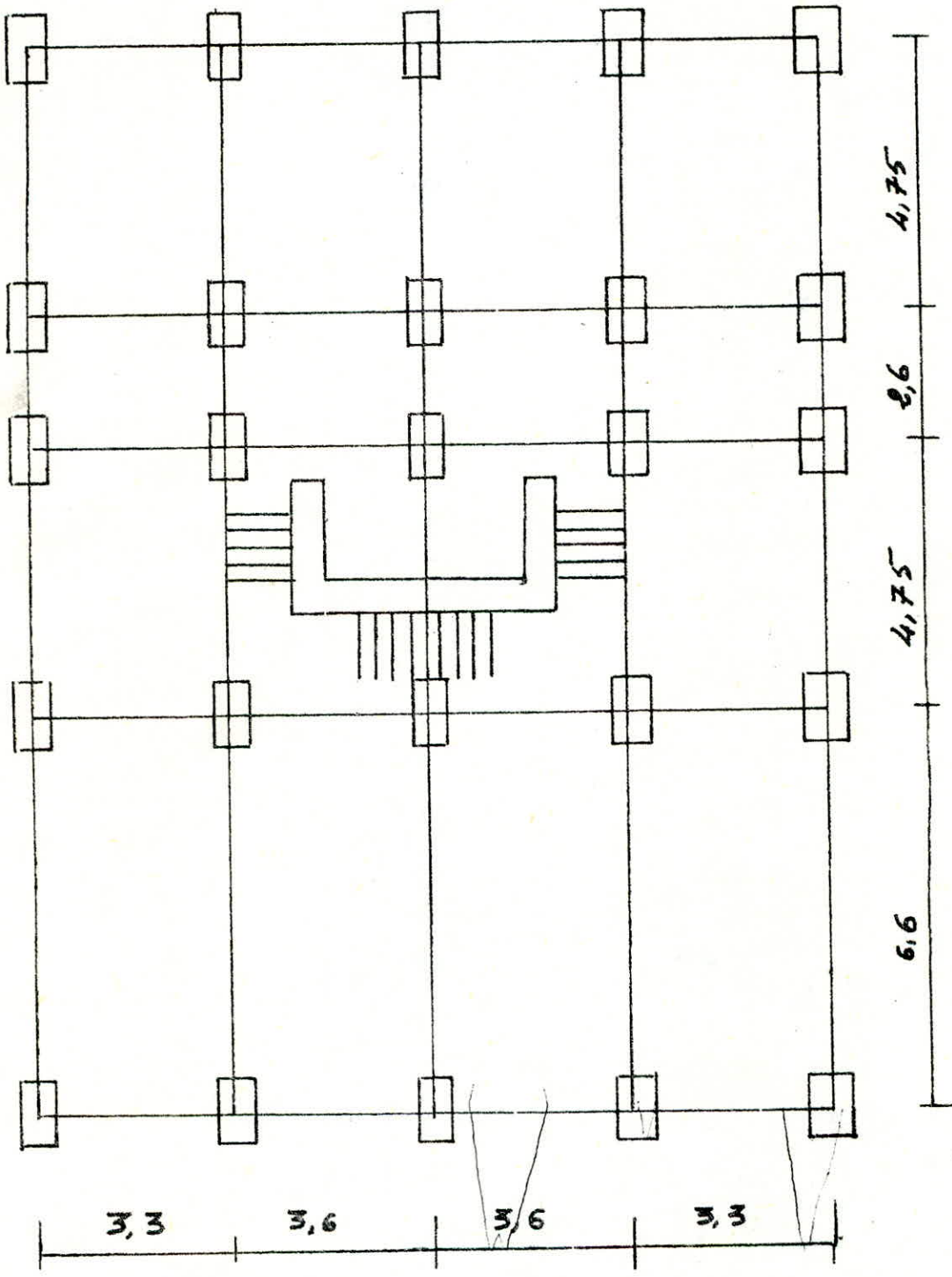
a)	$\sigma_{ax} = 2456 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma_{ay} = 887 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma'_{bx} = 27 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma'_{by} = 5 \text{ kg/cm}^2$
b)	$\sigma_{ax} = 2398 \text{ "}$	$\sigma_{ay} = 1987 \text{ "}$	$\sigma'_{bx} = 29 \text{ "}$	$\sigma'_{by} = 15 \text{ "}$
c)	$\sigma_{ax} = 2512 \text{ "}$	$\sigma_{ay} = 2649 \text{ "}$	$\sigma'_{bx} = 31 \text{ "}$	$\sigma'_{by} = 23 \text{ "}$
d)	$\sigma_{ax} = 2691 \text{ "}$	$\sigma_{ay} = 2349 \text{ "}$	$\sigma'_{bx} = 35 \text{ "}$	$\sigma'_{by} = 34 \text{ "}$
e)	$\sigma_{ax} = 2570 \text{ "}$	$\sigma_{ay} = 2290 \text{ "}$	$\sigma'_{bx} = 31 \text{ "}$	$\sigma'_{by} = 61 \text{ "}$

Toutes les contraintes sont vérifiées

Vérification de la flèche

$$\frac{A}{bh} < \frac{\sigma_0}{\bar{\sigma}_{cn}} \quad \text{Vérifiée pour toutes les dalles}$$

VUE EN PLAN



PREDIMENSIONNEMENT POUTRES & POTEAUX

PRedimensionnement des poutres

Poutres longitudinales

$$L = 6,6 \text{ m} \quad \frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10} \Rightarrow 44 \leq h_t \leq 66 \text{ cm} \quad h_t = 50 \text{ cm}$$

$$\text{Largeur de poutre: } 0,3h_t \leq b \leq 0,7h_t \Rightarrow 15 \leq b \leq 35 \quad b = 30 \text{ cm}$$

$$h_t = 50 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm}$$

Poutres transversales

$$L = 3,6 \text{ m} \quad \frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10} \Rightarrow 24 \leq h_t \leq 35 \quad h_t = 35 \text{ cm}$$

$$\text{Largeur de poutre: } 0,3h_t \leq b \leq 0,7h_t \Rightarrow 10,5 \leq b \leq 24,5 \quad b = 25 \text{ cm}$$

$$h_t = 35 \text{ cm} \quad b = 25 \text{ cm}$$

PRedimensionnement des poteaux

Le predimensionnement des poteaux se fera conformément à la règle préconisée par le RPA81.

$$A = b_1 \times b_2 \geq k \frac{N'}{\sigma_{c28}} \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} k = 4 \text{ en zone II} \\ N' = \text{Effort Normal} \\ \sigma_{c28} = \text{résistance nominale} \\ \text{à la compression à 28j} \end{array}$$

La descente de charge portera sur les poteaux de la file la plus sollicitée à savoir la file (I.4), et ceci en tenant compte de la dégression des surcharges.

$$\text{Surface de plancher: } \left(\frac{4,75 + 2,6}{2} - 0,25 \right) (3,6 - 0,3) = 11,3 \text{ m}^2$$

$$\text{Surface de charge: } \frac{4,75 + 2,6}{2} \times 3,6 = 13,23 \text{ m}^2$$

Charges permanentes

$$\begin{array}{l} \text{Terrasse: plancher: } 0,706 \times 11,3 = 7,98 \text{ t} \\ \text{poutres: } 2,5 \times 0,3 \times 0,5 \times \left(\frac{4,75 + 2,6}{2} \right) + 2,5 \times 0,25 \times 0,35 \times (3,6 - 0,3) \\ = 2,1 \text{ t} \end{array}$$

$$G = 10,08 \text{ t}$$

Etage Courant:

Plancher: $0,555 \times 11,3 = 6,27t$
 poutre: $2,1t$

$G_T = 8,37t$

Surcharges

Terrasse: P.S = $0,1 \times 13,23 = 1,32t$

Etage courant: $P(\alpha).S = 0,25 \times 13,23 \times \alpha = 3,308\alpha t$

α : coefficient de reduction des surcharges qui prend les valeurs suivantes en fonction du niveau. n.

niveau	T	VII	VI	V	IV	III	II	I
α	1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5

Remarque: Les cloisons interieur [$0,075 t/m^2$] sont considérées comme surcharge permanente.

nous supposons que notre structure est formée de poteaux de sections $40 \times 40 \text{ cm}^2$ (minimum exigé par le R.P.A 81: (25×25 en zone II) art 4.2.11)

Poids d'un poteau /niv : $h = 3,75 \text{ m} = \text{cte} : G_{pot} = 1,5t$

niv	G/niv [t]	$1,2 P/niv$ [t]	$G+1,2P/niv$ [t]
T	11,58	1,584	13,164
VII	9,87	3,97	13,840
VI	9,87	3,57	13,440
V	9,87	3,18	13,050
IV	9,87	2,78	12,650
III	9,87	2,38	12,250
II	9,87	1,98	11,85t
I	9,87	1,98	11,850
		$\Sigma =$	102,094

Déterminer la section du poteau au niveau I :

$$A \geq \frac{R_N'}{f_{c28}} = \frac{4 \times 10^2,94 \cdot 10^3}{275} = 1498 \text{ cm}^2$$

Doit $A = 40 \times 50 \text{ cm}^2 = 2000 \text{ cm}^2$.

$$a = 40 \text{ cm} \quad b = 50 \text{ cm}^2$$

Vérification des prescriptions relatives au coffrage RPA81

a) $\min(A, B) \geq 25 \text{ cm}$ (zone II) (Vérifiée)

b) $\frac{1}{3} \leq \frac{A}{B} \leq 3$

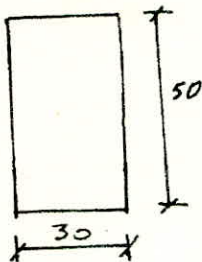
$\frac{A}{B} = \frac{50}{40} = 1,25$ (Vérifiée)

c) $\min(A, B) \geq \frac{h}{20}$

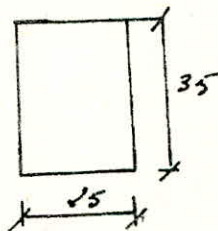
$\min(A, B) = 40 \geq \frac{375}{20} = 18,75$ (Vérifiée)

Poutres :

longitudinales



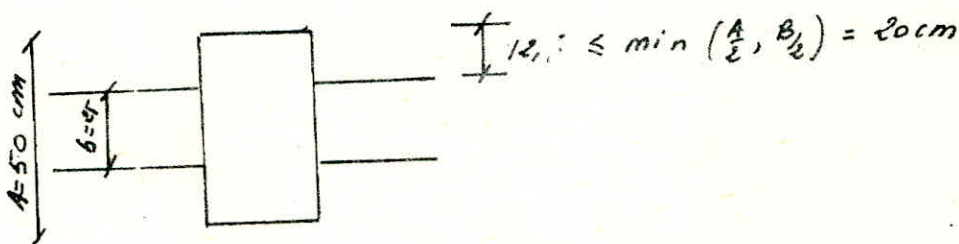
transversales



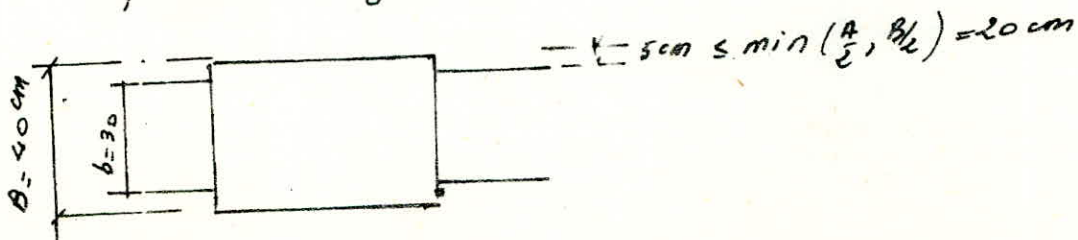
a) $b = 25 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm}$ (Vérifiée)

b) $\frac{a}{b} = \frac{50}{30} = 1,67 < 3$ (Vérifiée)

c) poutres transversales :



poutres longitudinales :



Calcul Des Efforts

Sous Charges Verticales

La méthode de calcul que nous utilisons, pour la détermination des efforts dans les portiques sous l'action des charges verticales est celle de M^{re} CAQUOT méthode exposée dans le CCBA68 en Annexe A.

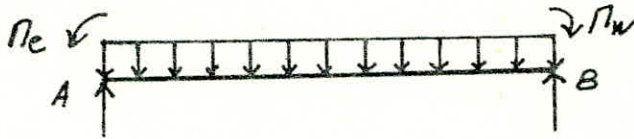
Efforts Tranchants Dans les poteaux:
Efforts normaux dans les poutres:

Par simplification, on ne fait pas état dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux, ni des efforts normaux dans les poutres. (CC.B.A68. Annexe A. A15)

Efforts tranchants Dans les poutres:

Méthode de calcul:

Conformément à l'annexe A13 CCBA68, les efforts tranchants sont calculés en considérant la travée indépendante, et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée:



$$\sum M^e/B = 0 \Rightarrow R_A = q \frac{l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$

$$\text{d'où pour } x=0 \quad T = q \frac{l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$

$$x=l \quad T = \frac{M_e - M_w}{l} - q \frac{l}{2}$$

Efforts normaux Dans les poteaux:

Les réactions aux appuis (i-1) et (i) donnent les efforts de compression dans les poteaux:

$$N_{i-1} = T_{(i-1).e} - T_{(i-1).w}$$

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

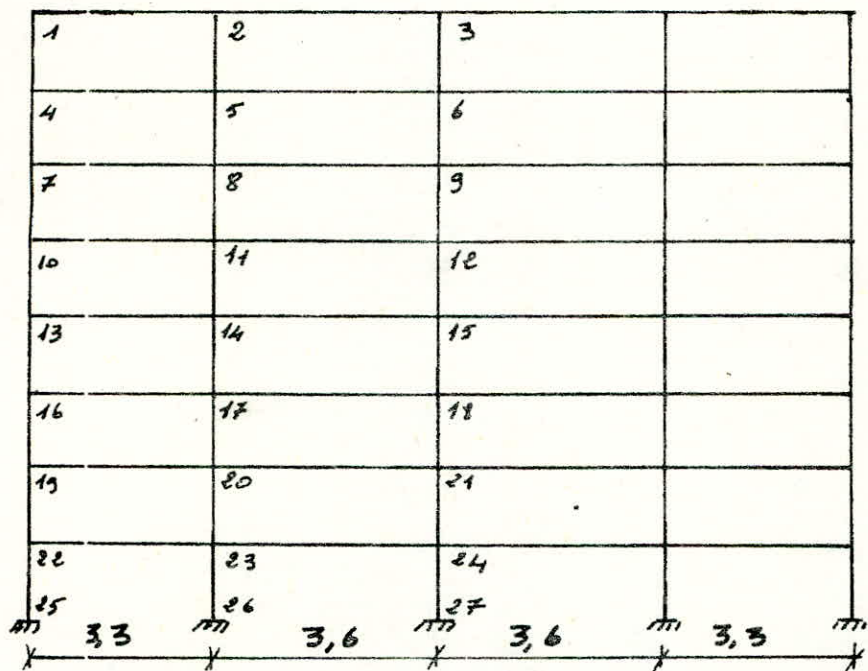
Les efforts tranchants $T_{(i-1).e}$, $T_{(i-1).w}$, $T_{i.e}$, $T_{i.w}$ sont pris en valeurs algébriques:

$N > 0$ compression

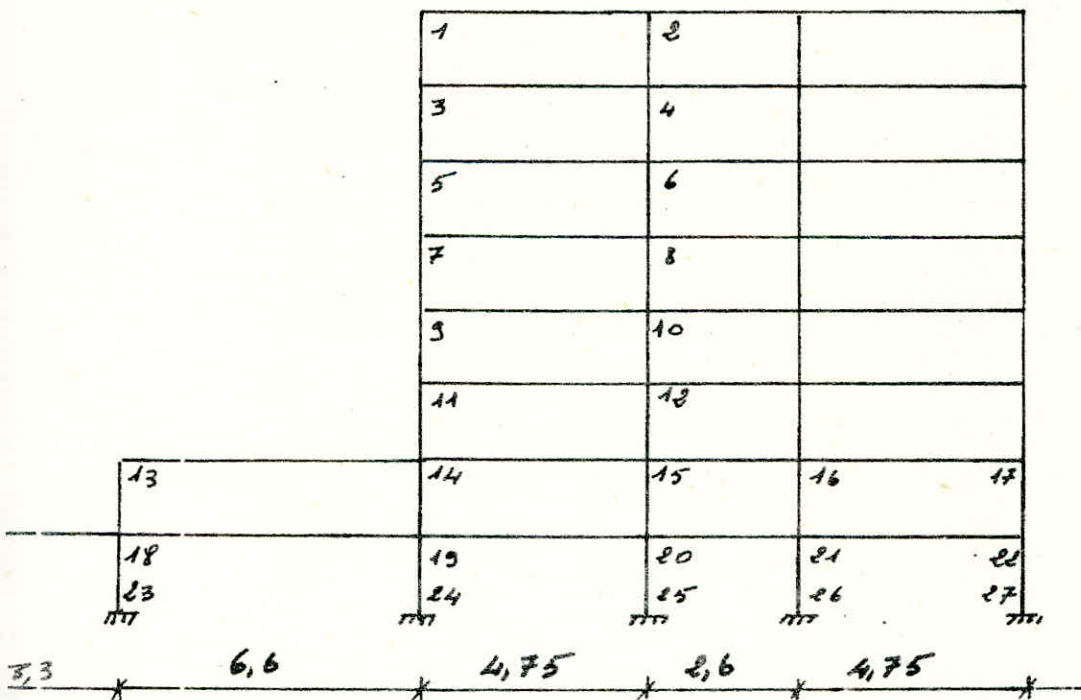
$N < 0$ traction.

Shemas des portiques

Transversal :



Longitudinal.



Caracteristiques geometriques

Portique transversal:

Nœuds	L _w (m)	L _e (m)	h _n , h ₀ (m)	I _n , I ₀ (10 ⁴ m ⁴)	I _e , I _n (10 ⁴ m ⁴)	L'w (m)	L'e (m)	h'n (m)	h'n (m)	k _w	k _e	k _n	k ₀	D	α
1	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	/	3	/	3,85	/	8,89	12,74	0,8
2	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	/	3	3,85	3,49	/	8,89	16,63	0,8
3	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	/	3	3,49	3,49	/	8,89	15,87	0,8
4	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3,375	3	/	3,85	7,9	8,89	20,64	0,8
5	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3,375	3	3,85	3,89	7,9	8,89	24,13	0,8
6	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3,375	3	3,49	3,49	7,9	8,89	23,77	0,8
7	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
8	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
9	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,75	0,8
10	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
11	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
12	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,75	0,8
13	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
14	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
15	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,75	0,8
16	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
17	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
18	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,75	0,8
19	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
20	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
21	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,63	0,8
22	/	2,9	3,75	26,67	8,93	/	2,32	3	3	/	3,85	8,89	8,89	24,63	0,8
23	2,9	3,2	3,75	26,67	8,93	2,32	2,56	3	3	3,85	3,49	8,89	8,89	25,12	0,8
24	3,2	3,2	3,75	26,67	8,93	2,56	2,56	3	3	3,49	3,49	8,89	8,89	24,75	0,8

charges verticales revenant au portique:

- Surface revenant au portique: $S = 0,65 \times 13,8 = 8,97 \text{ m}^2$

- charges permanentes:

niveau terrasse: plancher: $0,706 \times 0,65 = 0,459 \text{ t/m}^2$
 poutre: $0,25 \times 0,35 \times 2,5 = 0,219 \text{ t/m}^2$
 $G = 0,678 \text{ t/m}^2$

niveau étage courant: plancher: $0,555 \times 0,65 = 0,361 \text{ t/m}^2$
 poutre: $= 0,219 \text{ t/m}^2$
 $G = 0,58 \text{ t/m}^2$

- Surcharges:

niveau terrasse: $P = 0,1 \times 0,65 = 0,065 \text{ t/m}^2$
 niveau Etage courant: $P = 0,25 \times 0,65 = 0,163 \text{ t/m}^2$

Sous G

Moments aux appuis											Efforts Tranchants			
niveau	noeud	L _w [m]	L _e [m]	q _c q _w [kN/m]	M _e [kNm]	M _w [kNm]	M _e [kNm]	M _w [kNm]	M _n [kNm]	M _s [kNm]	Travée	q [kN/m]	T _{x=0}	T _{x=L}
T	1	/	2,32	0,678	0,465	/	0,30	/	0	0,3	1-2	0,678	0,81	-1,15
	2	2,32	2,56	0,678	0,523	0,429	0,501	0,451	0	0,051	2-3	0,678	1,06	-1,10
	3	2,56	2,56	0,678	0,523	0,523	0,523	0,523	0	0	3-2'	0,678	1,08	-1,08
VII	4	/	2,32	0,58	0,367	/	0,299	/	0,141	0,158	4-5	0,58	0,69	-0,99
	5	2,32	2,56	0,58	0,447	0,367	0,436	0,38	0,026	0,029	5-6	0,58	0,90	-0,94
	6	2,56	2,56	0,58	0,447	0,447	0,447	0,447	0	0	6-5'	0,58	0,92	-0,92
VI, V	7 10 13 16 19 22	/	2,32	0,58	0,367	/	0,302	/	0,151	0,151	7-8	0,58	0,69	-0,99
	IV, III	8 11 14 17 20 23	2,32	2,56	0,58	0,447	0,367	0,436	0,38	0,028	0,028	8-9	0,58	0,90
II, I		9 12 15 18 21 24	2,56	2,56	0,58	0,447	0,447	0,447	0,447	0	0	9-8'	0,58	0,92

Sous P

Moments aux appuis											Efforts Tranchants			
niveau	noeud	L _e (m)	L _w (m)	q _c q _w [kN/m]	M _e [kNm]	M _w [kNm]	M _e [kNm]	M _w [kNm]	M _n [kNm]	M _s [kNm]	Travée	q [kN/m]	T _{x=0}	T _{x=L}
T	1	2,32	/	0,065	0,041	/	0,029	/	0	0,029	1-2	0,065	0,09	-0,12
	2	2,56	2,32	0,065	0,050	0,041	0,048	0,043	0	0,005	2-3	0,065	0,07	-0,08
	3	2,56	2,56	0,065	0,050	0,050	0,050	0,050	0	0	3-2'	0,065	0,07	-0,07
VII	4	2,32	/	0,163	0,103	/	0,072	/	0	0,072	4-5	0,163	0,19	-0,27
	5	2,56	2,32	0,163	0,123	0,103	0,122	0,107	0,007	0,008	5-6	0,163	0,26	-0,26
	6	2,56	2,56	0,163	0,126	0,126	0,126	0,126	0	0	6-5'	0,163	0,26	-0,26
VI, V	7 10 13 16 19 22	2,32	/	0,163	0,103	/	0,085	/	0,042	0,042	7, 8	0,163	0,19	-0,29
IV, III	8 11 14 17 20 23	2,56	2,32	0,163	0,126	0,103	0,123	0,107	0,008	0,008	8-9	0,163	0,25	-0,26
II, I	9 12 15 18 21 24	2,56	2,56	0,163	0,126	0,126	0,126	0,126	0,0	0,0	9-8'	0,163	0,26	-0,26

Caracteristiques géométriques

Portique Longitudinal.

numéro	L _w (m)	L _c (m)	h _n , h ₀ (m)	I _n , I ₀ 10 ⁴ m ⁴	I _c , I _w 10 ⁶ m ⁴	L' _w (m)	L _c (m)	h' _n (m)	h' ₀ (m)	K _w	K _c	K _n	K ₀	D	α
1	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	/	3	/	9,19	/	13,89	23,08	0,8
2	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	/	3	9,19	18,6	/	13,89	41,68	0,8
3	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	3,375	3	/	9,19	12,34	13,89	35,40	0,8
4	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3,375	3	9,19	18,6	12,34	13,89	54,04	0,8
5	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	3	3	/	19,9	13,89	13,89	36,96	0,8
6	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,61	13,89	13,89	55,57	0,8
7	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	3	3	/	9,19	13,89	13,89	36,96	0,8
8	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,6	13,89	13,89	55,57	0,8
9	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	3	3	/	9,19	13,89	13,89	36,96	0,8
10	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,6	13,89	13,89	55,57	0,8
11	/	4,25	3,75	11,67	31,25	/	3,4	3	3	/	9,19	13,89	13,89	36,96	0,8
12	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,6	13,89	13,89	55,57	0,8
13	/	6,1	3,75	11,67	31,25	/	4,88	/	3	/	6,404	/	13,89	80,29	0,8
14	6,1	4,25	3,75	11,67	31,25	4,88	3,4	3,375	3	6,404	9,19	13,89	13,89	43,37	0,8
15	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,6	13,89	13,89	55,57	0,8
16	2,1	4,25	3,75	11,67	31,25	1,68	3,4	3	3	18,6	9,19	13,89	13,89	55,57	0,8
17	4,25	/	3,75	11,67	31,25	3,4	/	3	3	9,19	/	13,89	13,89	36,96	0,8
18	/	6,1	3,75	11,67	31,25	/	4,88	3	3	/	6,404	13,89	13,89	94,18	0,8
19	6,1	4,25	3,75	11,67	31,25	4,88	3,4	3	3	6,404	9,19	13,89	13,89	43,37	0,8
20	4,25	2,1	3,75	11,67	31,25	3,4	1,68	3	3	9,19	18,6	13,89	13,89	55,57	0,8
21	2,1	4,25	3,75	11,67	31,25	1,68	3,4	3	3	18,6	9,19	13,89	13,89	55,57	0,8
22	4,25	/	3,75	11,67	31,25	3,4	/	3	3	9,19	/	13,89	13,89	36,96	0,8

Charges Verticales revenant au portique :

- Surface revenant au portique : $S = \frac{3,3 + 3,6}{2} \times 18,7 = 64,51 \text{ m}^2$

- Charges permanente :

niveau terrasse : plancher : $0,706 \times 3,45 = 2,436 \text{ t/m}^2$
poutre : $0,5 \times 0,3 \times 2,1 = 0,315 \text{ t/m}^2$
 $G = 2,811 \text{ t/m}^2$ niveau étage courant : plancher : $0,555 \times 3,45 = 1,915 \text{ t/m}^2$
poutre : $= 0,375 \text{ t/m}^2$
 $G = 2,29 \text{ t/m}^2$

- Surcharges

niveau terrasse : $P = 0,1 \times 3,45 = 0,345 \text{ t/m}^2$ niveau étage courant : $P = 0,25 \times 3,45 = 0,863 \text{ t/m}^2$

Sous G

Moments aux appuis											Efforts tranchants			
niv	noeud	L'e (m)	L'w (m)	q _e q _w t/m ²	M _e tm	M _w tm	M _c tm	M _w tm	M _n tm	M _s tm	Travée	q t/m ²	T _{x=0} t	T _{x=l} t
T	1	3,4	/	2,84	3,86	/	2,32	/	0,0	2,34	1-1	2,84	5,5	-6,56
	2	1,68	3,4	2,84	0,943	3,86	2,21	3,22	0,0	-0,9975	2-2'	2,84	2,980	-2,98
VII	3	3,4	/	2,29	3,11	/	2,306	/	1,086	1,221	3-4	2,29	4,49	-5,24
	4	1,68	3,4	2,29	0,76	3,114	1,571	2,71	-0,538	-0,605	4-4'	2,29	2,405	-2,405
VI V	5 7 9 11	3,4	/	2,29	3,11	/	2,34	/	1,17	1,17	5-6	2,29	4,5	-5,23
IV III	6 8 10 12	1,68	3,4	2,29	0,76	3,114	1,55	2,72	-0,588	-0,588	6-6'	2,29	2,4	-2,4
II	13	4,88	/	2,29	6,416	/	4,39	/	0,0	4,39	13-14	2,29	6,36	-7,6
	14	3,4	4,88	2,29	3,114	6,41	3,81	5,32	-1,05	-1,05	14-15	2,29	5,89	-3,84
	15	1,68	3,4	2,29	0,76	3,114	1,549	2,75	-0,588	-0,588	15-16	2,29	2,4	-2,4
	16	3,4	1,68	2,29	3,114	0,76	2,72	1,549	0,588	0,588	16-17	2,29	5,231	-4,50
	17	/	3,4	2,29	/	3,14	/	2,34	1,17	1,17	/	/	/	/
I	18	4,88	2w1 3,05	2,29	6,41	2w1 8,02	6,717	/	-0,653	-0,653	18-19	2,29	7,70	-6,26
	19	3,4	4,88	2,29	3,11	5,60	3,64	5,24	0,80	-0,80	19-20	2,29	5,73	-3,99
	20	1,68	3,4	2,29	0,76	3,114	1,55	2,72	-0,588	-0,588	20-21	2,29	2,40	-2,40
	21	3,4	1,68	2,29	3,114	0,76	2,72	1,55	0,588	0,588	21-22	2,29	5,23	-4,15
	22	/	3,4	2,29	/	3,114	/	2,34	1,17	1,17	/	/	/	/

Calcul des rigidités

le calcul des efforts sous les charges horizontales se fera par la méthode de MUTO.
exposé de la méthode: voir Bulletin etc s.

Conditions d'application de cette méthode.

- elle est applicable pour les bâtiments à étages rigides dans leur plan ayant une structure composée portiques autostables reprenant la totalité des charges horizontales et verticales.
- les charges sont supposées concentrées aux niveaux des planchers
- le diagramme de répartition des charges en élévation est rectangulaire (cas du vent) ou triangulaire (séisme)
- la rigidité $\frac{I}{P}$ des poutres ne doit pas être trop faible devant la rigidité $\frac{I}{P}$ des poteaux
- la rigidité $\frac{I}{P}$ des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop différentes (rapport 0,5-2)
- la rigidité d'un poteau ne doit pas trop varier entre 2 étages adjacents 0,5-2
- absence de variation brusque de rigidité entre 2 niveaux adjacents
- les poteaux dont $\bar{k} < 0,2$ doivent être considérés comme ne faisant pas partie de l'ossature résistante aux charges horizontales

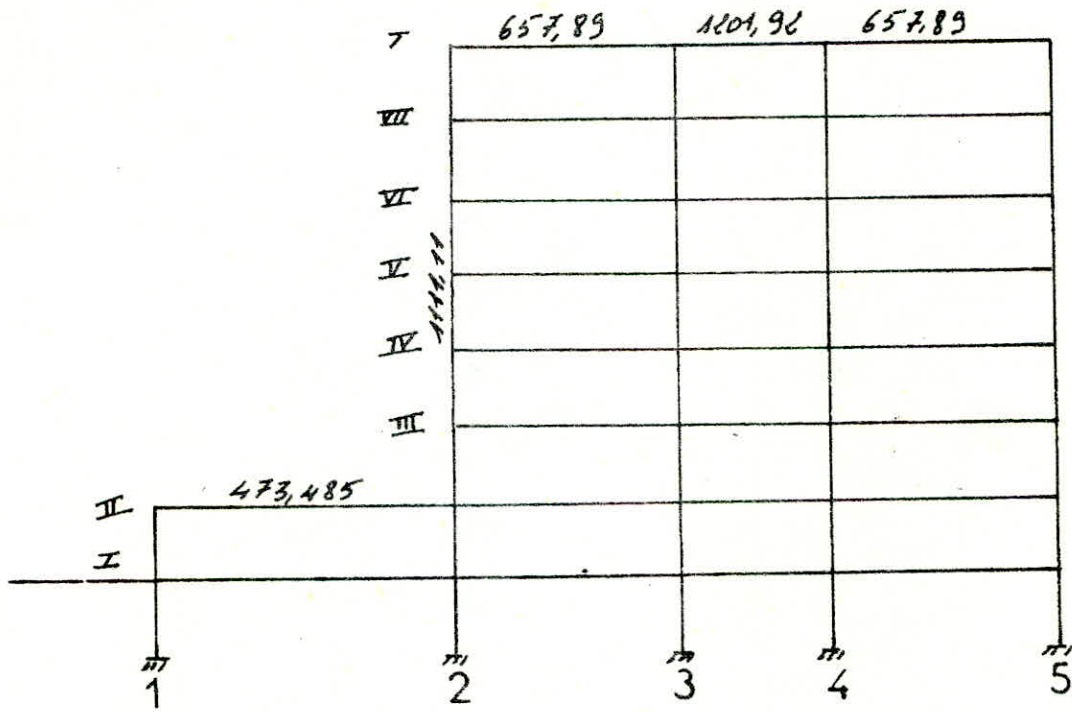
- Principe de la méthode:

on distribue l'effort tranchant d'étage aux différents portiques proportionnellement à leur rigidité de niveau puis on distribue cet effort tranchant de niveau du portique aux différents poteaux composant le portique proportionnellement à leur rigidité, et enfin à partir des efforts tranchants sollicitant les poteaux on déduit les contraintes dans les poteaux et les poutres.

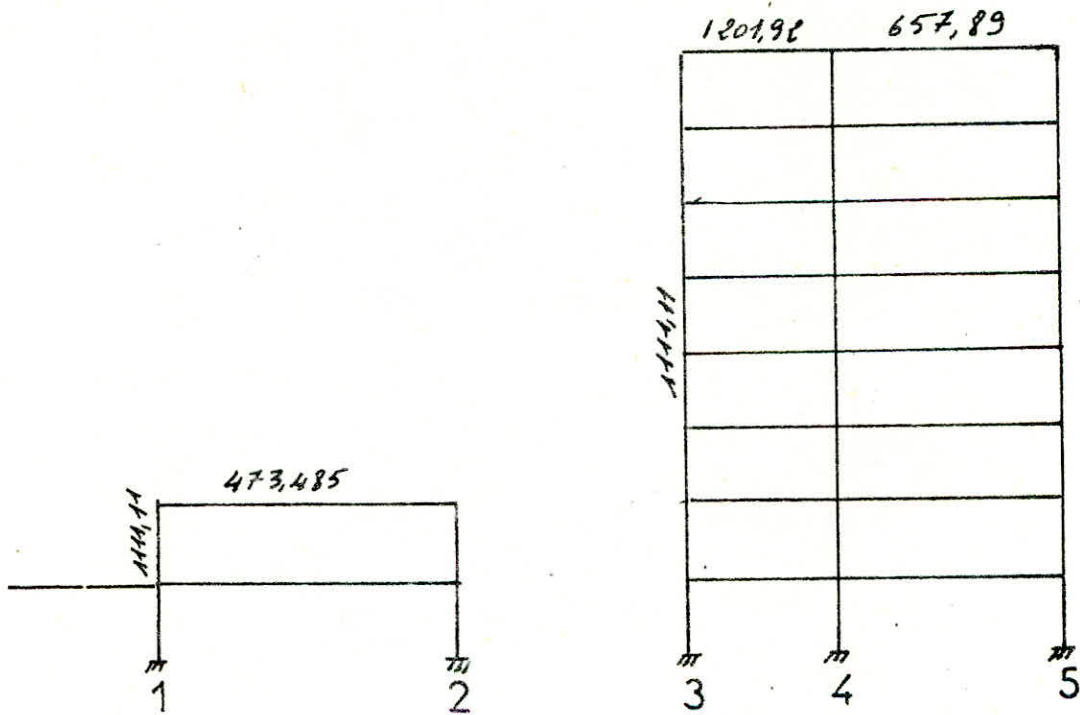
Étapes de calcul

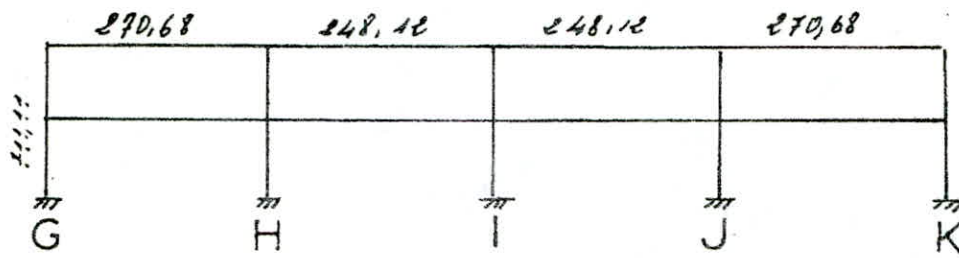
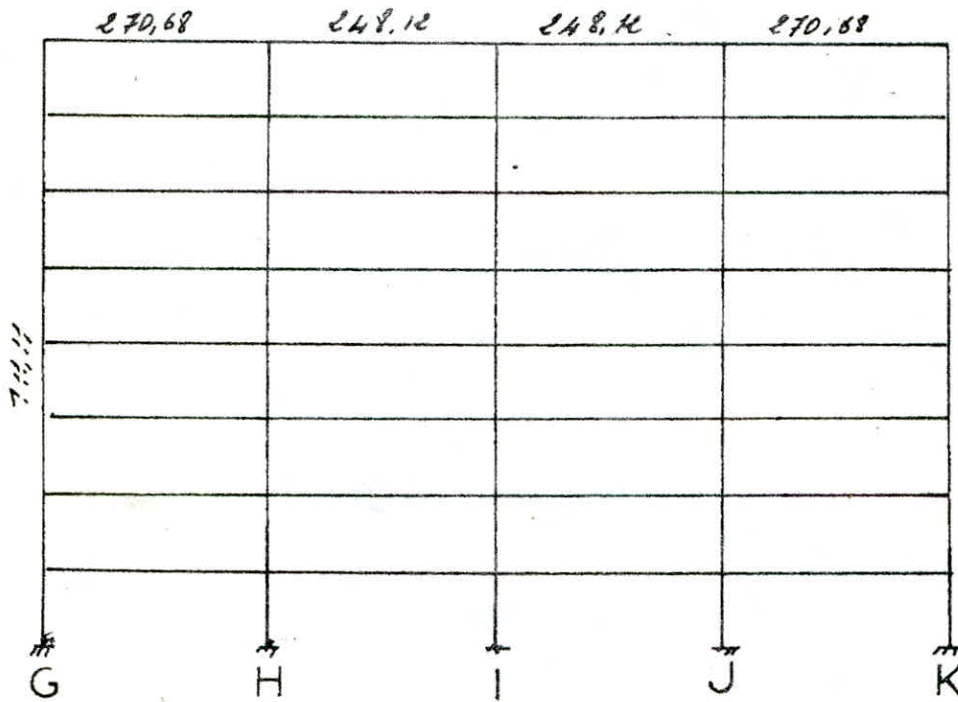
- 1 - calcul des rigidités linéaires des poteaux et des poutres
- 2 - calcul des coefficients \bar{k} dans les sens x et y
- 3 - calcul des coefficients de correction a_j des rigidités des poteaux dans les deux sens.
- 4 - calcul des rigidités des poteaux corrigées $a_j k_j$ dans les deux sens.
- 5 - calcul de la quantité $D_j = \sum_{i=1}^{i=n} a_j k_j$ pour chaque niveau des différents portiques.
- 6 - calcul des rigidités de niveau R_{jx}, R_{jy}
- 7 - Détermination du centre de torsion et la rigidité de torsion R_{jt}
- 8 - calcul des efforts tranchants de niveau T revenant à chaque portique.
- 9 - calcul des moments dans les poutres et poteaux
- 10 - calcul des efforts tranchants et des efforts normaux.

Portique longitudinal - GG - HH - JJ - KK -



Portique longitudinal - II -



Portique transversal 11Portique transversal 22-33-44-55

Rigidités relatives de niveau des portiques.

Portique transversal (1,1)

niv	pile de poteau	\bar{k}	α	$K_p = \frac{I}{h}$ cm ³	αK_p cm ³	$D_J = \sum \alpha K_p$	$R_{Sy} = \frac{K E D_J}{h^2} (k_0, k_0)$
R-I	G, K	0,38	0,37	711,11	263,11	1479,11	48664,37
	H, J	0,73	0,45	711,11	310,0		
	I	0,70	0,44	711,11	312,29		
I-II	G, K	0,38	0,16	711,11	113,78	796,45	26204,10
	H, J	0,73	0,27	711,11	192,0		
	I	0,70	0,26	711,11	184,39		

Portique transversal (2,2), (3,3), (4,4), (5,5)

niv	β Pole poteau	\bar{K}	a	K_p cm ³	$a K_p$ cm ³	$D_J = \sum a K_p$	$R_{Jy} = \frac{12}{h^3} E D_J$ kg/cm ²
R-I	G,K	0,38	0,37	711,11	263,11	1479,11	48664,37
	H,J	0,73	0,45	711,11	320,0		
	I	0,70	0,44	711,11	312,89		
I-T	G,K	0,38	0,16	711,11	113,78	796,45	26204,10
	H,J	0,73	0,27	711,11	192,0		
	I	0,70	0,26	711,11	184,89		

Portique Longitudinal (I,I)

niv	β de poteau	\bar{K}	a	K_p cm ³	$a K_p$ cm ³	$D_J = \sum a K_p$	$R_{Jy} = \frac{12}{h^3} E D_J$ kg/cm ²
R-I	1	0,43	0,38	1111,1	422,22	844,44	27783,03
	2	0,43	0,38	1111,1	422,22		
I-II	1	0,43	0,18	1111,1	200,0	400,00	13160,45
	2	0,43	0,18	1111,1	200,0		
R-I	3	1,08	0,51	1111,1	566,67	1688,89	55566,37
	4	1,67	0,59	1111,1	655,5		
	5	0,59	0,42	1111,1	466,67		
I-T	3	1,08	0,35	1111,1	388,89	1155,56	38019,22
	4	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	5	0,59	0,23	1111,1	255,56		

Portique longitudinal: (G,G), (H,H), (J,J), (K,K)

niv	file de poteau	\bar{k}	α	$K_p = \frac{I}{h^3}$	αK_p cm ³	$D_j = \sum \alpha K_p$	$R_{Tj} = \frac{12 E D_j}{h_j^3}$ kg/1000
R-I	1	0,43	0,38	1111,1	424,2	2755,55	90660,68
	2	1,02	0,50	1111,1	555,56		
	3	1,67	0,59	1111,1	655,55		
	4	1,67	0,59	1111,1	655,55		
	5	0,59	0,42	1111,1	466,67		
I-II	1	0,43	0,18	1111,1	200,0	1855,56	61050,00
	2	1,02	0,34	1111,1	377,78		
	3	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	4	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	5	0,59	0,23	1111,1	255,56		
II-III	2	0,81	0,29	1111,1	322,22	1600,0	52641,79
	3	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	4	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	5	0,59	0,23	1111,1	255,56		
III-T	2	0,59	0,23	1111,1	255,56	1533,34	50448,60
	3	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	4	1,67	0,46	1111,1	511,11		
	5	0,59	0,23	1111,1	255,56		

Rigidite d'etage $\cdot J \sim R_J$

Dans le sens x

$$R_{J,x} = L R_{Jx}(6,6) + R_{Jx}(I,I)$$

J	R_{Jx} (Kg/cm)
I	4459992,12
II	295379,67
III	248586,38
IV	239813,62
V	239813,62
VI	23981,362
VII	239813,62
T	239813,62

Dans le sens y

$$R_{J,y} = L R_{Jy}(6,6) + R_{Jy}(I,I)$$

J	R_{Jy} (Kg/cm)
I	243321,85
II	131020,50
III	104816,40
IV	104816,40
V	104816,40
VI	104816,40
VII	104816,40
T	104816,40

Determination du centre de masse

Les coordonnées du centre de masse sont données par application des formules classiques :

$$X_G = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i}$$

$$Y_G = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

on a une symétrie dans le sens y donc les tables suivants :

Centre de masse niveau Terrasse :

Element	m_i [t]	X_{G_i} [m]	$m_i \cdot X_{G_i}$ [tm]
poutre trans	11,04	12,90	142,24
poutre long	20,92	13,20	276,14
poteaux	18,75	12,9	241,88
plancher	68,13	13,87	944,96
Σ	118,84	13,51	1605,40

centre de masse niveau Etage courant (III → VII)

Element	m_i [t]	X_{G_i} [m]	$m_i \cdot X_{G_i}$ [tm]
poutre trans	11,04	12,90	142,24
poutre long	20,92	13,20	276,14
poteaux	37,50	12,9	483,75
plancher	55,86	13,87	774,78
Σ	125,32	13,38	1677,09

centre de masse niveau Etage courant (II)

Element	m_i [t]	X_{G_i} [m]	$m_i \cdot X_{G_i}$ [tm]
poutre tran	13,78	10,39	143,17
poutre long	33,27	9,62	463,23
poteau	42,21	11,49	484,99
plancher	68,28	12,41	847,35
Σ	157,54	12,19	1920,90

Centre de masse niveau étage courant (I)

Element	m_i [t]	x_{Gi} [m]	$m_i x_i$ [tm]
poutre trans	13,78	10,39	143,17
poutre long	33,27	9,62	320,06
poteaux	46,88	10,37	486,15
plancher	95,30	9,6	914,88
parlier	20,36	-1,23	-25,04
Σ	209,59	8,78	1839,21

Rigidite relative de torsion

a) Centre de torsion:

- Sens transversal: Vu la forme symetrique de notre construction, on prendra en compte la torsion accidentelle s :

$$5\%L = \frac{5 \times 13,8}{100} = 0,675 \text{ m}$$

- Sens longitudinal: le centre de torsion est calculé par rapport aux axes Ox et Oy extérieurs des portiques: (1,1) et (K-K)

Les coordonnées x_{CT} et y_{CT} sont données par

$$x_{CT} = \frac{\sum R_{ij}^{(t)} x_i^{(t)}}{R_{\Sigma y}}$$

$$y_{CT} = \frac{\sum R_{ij}^{(p)} y_j^{(p)}}{R_{\Sigma x}}$$

niv	centre de masse	centre de torsion	différet [m]	5% L (m)
I	8,78	10,37	1,59	0,675
II	12,19	10,37	1,82	0,675
III \rightarrow VII	13,88	12,90	0,48	0,675
T	13,51	12,90	0,61	0,675

Coordonnées des portiques

par rapport au centre de torsion:

niveau I :

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{66}	Y_{77}	Y_{88}	Y_{99}	Y_{100}
-10,12	-3,52	1,23	2,83	8,58	7,575	4,275	0,675	-2,925	-6,225

niveau II

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{66}	Y_{77}	Y_{88}	Y_{99}	Y_{100}
-10,12	-3,52	1,23	2,83	8,58	7,575	4,275	0,675	-2,925	-6,225

niveau III \rightarrow T

	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{66}	Y_{77}	Y_{88}	Y_{99}	Y_{100}
	-6,05	-1,3	1,3	6,05	7,575	4,275	0,675	-2,925	-6,225

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

$$R_{j\theta} = \sum_{k=1}^n R_{jY}^{(k)} (X_j^{(k)})^2 + \sum_{p=1}^{n'} R_{jX}^{(p)} (Y_j^{(p)})^2$$

où X_j et Y_j sont les coordonnées des portiques :

niveau	$R_{j\theta}$	$kg \cdot cm$
I	17180000,15	10^4
II	10810233,03	10^4
III \rightarrow T	7439899,45	10^4

Etude du seisme

Détermination des charges soumises
à l'action sismique

Les charges soumises à l'action sismique sont supposées concentrées au niveau des planchers, la charge sismique est :

$$W = G + P/2$$

G = poids propre

$P/2$ = une fraction des surcharges

poids de la structure :

niveau	W [t]	$P/2$ [t]	S (m ²)	$W + P/2$ [t]
Terr	154,51	6,64	132,78	161,149
III → VII	159,37	16,59	132,78	175,969
II	231,37	27,98	223,86	259,359
I	255,98	33,67	269,4	289,659
R.D.C	79,65	44,77	223,86	124,421

$$W_1 = 1714,43 \text{ t}$$

Calcul des forces sismiques

RPA 81 Art 31

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

Détermination des différents paramètres :

$$A = 0,15 \text{ (groupe II zone II)}$$

$$D = 2 \sqrt{\frac{0,5}{T}} \text{ sol meuble}$$

$$B = \frac{1}{4} \text{ portique auto stable}$$

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^{q=6} P_q \quad Q_{\text{long}} = 1,3$$

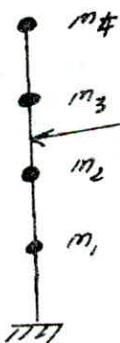
$$Q_{\text{trans}} = 1,1$$

Valeur de pénalité P_q (RPA81 page 24)

q	CRITERE	Valeur de P_q			
		observé		non observé	
		Long	Trans	Long	Trans
1	cond min des files portées		0	0,1	
2	surabondance en plan	0,1	0		
3	Symétrie en plan	0	0		
4	régularité en élévation			0,1	0,1
5	contrôle de qualité const			0	0
6	contrôle de qualité matériau			0	0

— Etude modale —

pour les bâtiments à étages tel que le notre, on pourra choisir un système de masses m_1, m_2, \dots concentrées au niveau de chaque plancher :



Support d'inertie variable ou constante et de masse négligeable

$m_i =$ masses des différents planchers "i"

Ce système présente autant de degrés de liberté qu'il y a de masses concentrées

Méthode d'HOLZER transformée

cette méthode numérique est une application directe de la méthode HOLZER utilisée normalement dans le calcul dynamique des machines-outils.

le principe de cette méthode est le suivant : on suppose l'existence d'un portique transversal faisant partie d'une structure à étages et "rangées de poteaux" à chaque niveau k se trouve une masse concentrée m_k lors d'un choc imposé la structure exécute un mouvement oscillatoire autour de sa position d'équilibre statique.

selon sa forme fondamentale, pendant ce mouvement, chaque point de la structure aura une pulsation $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ donc une fréquence f_1, f_2 et f_3 donc une période T_1, T_2, T_3 .

Comme suite à l'existence des masses m_k , à chaque étage niveau agissant les forces F_k lesquelles auront comme valeurs maximales:

$$F_k = m_k \cdot \omega_i^2 \cdot x_k$$

avec $x_k = x_{k+1} - \Delta_{k,k+1}$

on détermine la pulsation ω_i par:

$$\omega_i^2 = \varphi_i \frac{R_0}{m_0} \quad \text{avec } R_0 = \frac{12EI_0}{l_0^3}$$

I_0 et l_0 étant des valeurs de références arbitrairement choisies pour déterminer la pulsation ω_i , on doit passer par des tableaux de calcul de rigidité.

ces dernières (ω_i) seront obtenus par un processus itératif.

Forme propre des niveaux ϕ_i

Longitudinal:

	ϕ_8	ϕ_7	ϕ_6	ϕ_5	ϕ_4	ϕ_3	ϕ_2	ϕ_1
1 st Mode	1	0,9610	0,8927	0,7918	0,6621	0,5083	0,3359	0,1477
2 ^{eme} Mode	1	0,6942	0,2338	-0,2934	-0,7367	-0,9694	-0,9248	-0,4955
3 ^{eme} Mode	1	0,2418	-0,5788	-0,9891	-0,6992	0,0878	0,08115	0,6887

Transversal:

	ϕ_8	ϕ_7	ϕ_6	ϕ_5	ϕ_4	ϕ_3	ϕ_2	ϕ_1
1 st Mode	1	0,9539	0,8792	0,7692	0,6286	0,4628	0,2785	0,1194
2 ^{eme} Mode	1	0,6402	0,1545	-0,3794	-0,7948	-0,9622	-0,8293	-0,4215
3 ^{eme} Mode	1	0,1479	-0,6384	-0,9527	-0,5630	0,2428	0,8692	0,6151

Verification de l'orthogonalité:

$$\sum_{i=1}^8 m_i x_i y_i = 0$$

avec m_i = masse du niveau i

$$x_i = \phi \left\{ \begin{array}{l} \text{longitudinal} \\ \text{transversal} \end{array} \right\} \begin{array}{l} 1^{\text{st}} \text{ Mode} \\ 2^{\text{eme}} \text{ Mode} \end{array}$$

longitudinal:

$$\begin{aligned} & 161,149 \times 1 \times 1 \\ & 175,969 \times 0,9610 \times 0,6942 \\ & 175,969 \times 0,8927 \times 0,2338 \\ & 175,969 \times 0,7918 \times (-0,2934) \\ & 175,969 \times 0,6621 \times (-0,7367) \\ & 175,969 \times 0,5083 \times (-0,9694) \\ & 259,359 \times 0,3359 \times (-0,9248) \\ & 289,659 \times 0,1477 \times (-0,4955) \end{aligned}$$

$$\Sigma = 0,083$$

transversal:

$$\begin{aligned} & 161,149 \times 1 \times 1 \\ & 175,969 \times 0,9539 \times 0,6402 \\ & 175,969 \times 0,8792 \times 0,1545 \\ & 175,969 \times 0,7692 \times (-0,3794) \\ & 175,969 \times 0,6286 \times (-0,7948) \\ & 175,969 \times 0,4628 \times (-0,9622) \\ & 259,359 \times 0,2785 \times (-0,8293) \\ & 289,659 \times 0,1194 \times (-0,4215) \end{aligned}$$

$$\Sigma = 0,44$$

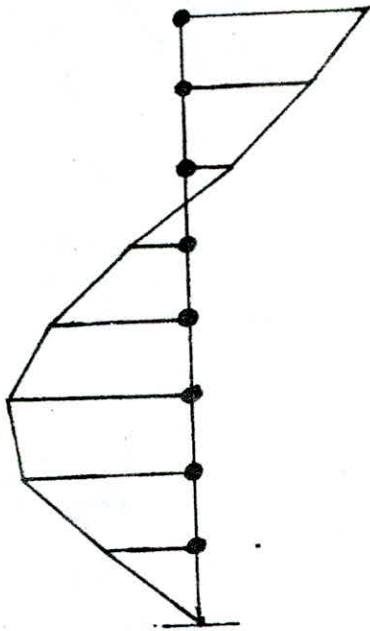
interprétation des tableaux précédents :



longitudinalement :
1^{er} mode

$$\omega_1 = 9,0741 \text{ rad/s}$$

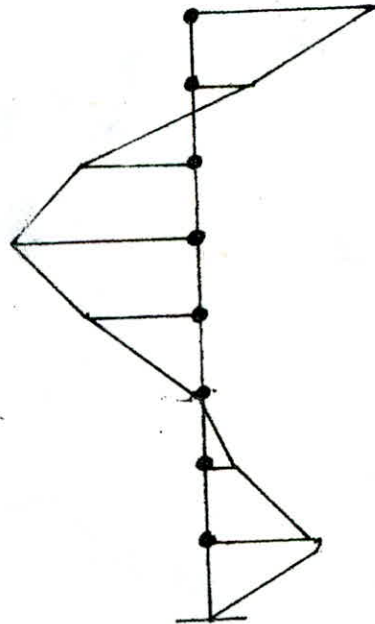
$$T_1 = 0,6924 \text{ s}$$



2^{eme} mode

$$\omega_2 = 25,4246 \text{ rad/s}$$

$$T_2 = 0,2471 \text{ s}$$



3^{eme} mode ..

$$\omega_3 = 40,0365 \text{ rad/s}$$

$$T_3 = 0,1570 \text{ s}$$

Remarque :

donc le sens longitudinal $T < 0,7 \text{ s}$
ne s'impose pas

l'analyse modale

Transversalement :

1^{er} mode

$$\omega_1 = 8,1099 \text{ rad/s}$$

$$T_1 = 0,7748 \text{ s}$$

2^{eme} mode

$$\omega_2 = 22,6594 \text{ rad/s}$$

$$T_2 = 0,2773 \text{ s}$$

3^{eme} mode

$$\omega_3 = 34,8689 \text{ rad/s}$$

$$T_3 = 0,1802 \text{ s}$$

Determination des forces laterales

Sens transversal:
Méthode de calcul: Après la détermination des périodes propres et des formes propres on détermine le facteur de contribution de chaque mode, qui est:

$$\Gamma = \frac{\sum_{k=1}^n W_k \phi_{ki}}{\sum_{k=1}^n W_k \phi_{ki}^2}$$

avec i rang du mode
 k indice d'étage
 n nbre total d'étage
 W_k poids total de l'étage k
 ϕ_{ki} = forme propre de l'étage k et du mode de vibration i

- Détermination du facteur d'amplification dynamique moyen:

A chaque période T_i correspond un facteur d'amplification dynamique D_i donné par le spectre de réponse RPA84.

- Evaluation des forces sismiques:

L'effort au niveau k pour le mode i est donné par:

$$F_{ki} = \Gamma_i \cdot W_k \cdot A \cdot D_i \cdot B \cdot Q \cdot \phi_{ki}$$

et la sollicitation résultante des modes considérés est donnée par:

$$F_k = \sqrt{\sum_i F_{ki}^2}$$

Sens transversal:

niv	1 ^{er} mode	2 ^{em} mode	3 ^{em} mode	Forme quadratique
1	19,196	32,0887	39,8062	54,614
2	21,089	34,956	40,9235	57,805
3	16,404	24,189	8,2954	30,381
4	16,665	19,873	-12,719	28,887
5	-16,534	-9,9657	-7,787	20,816
6	-16,249	-3,8728	-1,722	16,793
7	-15,832	-11,814	2,549	19,762
8	-14,148	-9,814	7,336	18,6035

Sens longitudinal:

La force latérale totale V doit être distribuée sur toute la hauteur du bâtiment selon:

$$V = F_t + \sum_{i=1}^n F_i \quad \text{Art 3.7A}$$

F_t = force concentrée au sommet de la structure

$$F_t = 0,07TV \quad \text{Art 3.7B} \quad \text{avec } F_t < 0,25V$$

$$\text{et } F_t = 0 \text{ si } T \leq 0,7s$$

La partie restante de la force totale V doit être distribuée sur la hauteur selon:

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

application:

$$V = 0,15 \cdot \frac{1}{4} \cdot 1,3 \cdot 1,7343 \cdot 1714,43 = 144,95t$$

$$T = 0,665 < 0,7 \Rightarrow F_t = 0 \quad V = \sum_{j=1}^n F_j \quad \text{avec } F_j = V \cdot \frac{W_j h_j}{\sum W_j h_j}$$

longitudinal

Transversal.

niv	W_j [t]	h_j [m]	$W_j h_j$ (tm)	F_{jx} (t)	F_{jx}^c (t)	F_{jy} (t)	F_{jy}^c [t]
T	164,149	31,95	5148,74	28,807	28,807	18,603	18,603
IV	175,969	27,95	4918,25	27,518	56,325	19,7628	38,366
III	175,966	23,95	4214,45	23,580	79,905	16,793	55,159
II	175,969	19,95	3510,58	19,642	99,547	10,816	75,975
I	175,969	15,95	2803,70	15,704	115,251	28,287	104,26
III	175,969	11,95	2102,83	11,766	127,07	30,382	134,664
II	259,359	7,95	2061,904	11,537	138,554	57,805	194,45
I	289,421	3,95	1143,21	6,396	144,95	54,614	247,02

Effort tranchant de niveau j
revenant à chaque "portique"

La force F_j due au séisme appliquée au plancher j passe par le point G_j qui est le centre de masse du plancher j .

soient: T_{jx} l'effort tranchant de l'étage j dans le sens longitudinal

T_{jy} l'effort tranchant de l'étage j dans le sens transversal.

L'effort tranchant de l'étage j , T_{jx} dans la direction x passant par G_j est équivalente à T_{jx} passant par C_j plus un couple de torsion:

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

Etant donné que le séisme agit pas simultanément dans les 2 directions:

- sous l'action de T_{jx} , il en résulte un effort tranchant T_{jx} de niveau j dans un portique longitudinal quelconque.
- sous l'action de T_{jy} il en résulte un effort tranchant T_{jy} de niveau j dans un portique transversal.

$$T_{jx}^{(p)} = T_{jx} \frac{R_{jx}^p}{R_{jx}^t} + T_{jx} \frac{R_{jx}^p Y_j^p}{R_{jx}^t Y_G} Y_G$$

$$T_{jy}^{(t)} = T_{jy} \frac{R_{jy}^t}{R_{jy}^p} + T_{jy} \frac{R_{jy}^t X_j^t}{R_{jy}^p X_G} X_G$$

LONGITUDINAL

niv	partiq	Z _{Jx} [L]	R _{Jx} ^p kg/km	R _{Jx} kg/km	Y ₁ (p) cm	R _{JTB} kg/cm	Y _G (cm)	T _{Jx} (t)
T	GG	28,807	50448,60	239813,62	757,5	7439899,45 109	67,5	7,059
	HH				427,5			6,624
	JJ				-292,5			6,06
	KK				-622,5			6,06
	II				67,5			4,634
		38019,22					13,802	
VII	GG	56,325	50448,60	239813,62	757,5	7439899,45 109	67,5	12,951
	HH				427,5			11,849
	JJ				-292,5			11,849
	KK				-622,5			9,061
	II				67,5			19,580
		38019,22					18,373	
VI	GG	79,905	50448,60	239813,62	757,5	7439899,45 109	67,5	16,809
	HH				427,5			16,809
	JJ				-292,5			16,809
	KK				-622,5			15,854
	II				67,5			24,393
		38019,22					22,889	
V	GG	99,547	50448,60	239813,62	757,5	7439899,45 109	67,5	20,941
	HH				427,5			20,941
	JJ				-292,5			16,014
	KK				-622,5			28,241
	II				67,5			26,5
		38019,22					24,245	
IV	GG	115,251	50448,60	239813,62	757,5	7439899,45 109	67,5	31,493
	HH				427,5			29,491
	JJ				-292,5			26,899
	KK				-622,5			19,222
	II				67,5			39,424
		38019,22					34,724	
III	GG	127,017	52641,79	248586,38	757,5	7439899,45 109	67,5	28,637
	HH				427,5			28,637
	JJ				-292,5			18,432
	KK				-622,5			38,678
	II				67,5			34,665
		38019,22					29,465	
II	GG	138,554	61050,00	295379,67	757,5	10810233,33 109	182	29,465
	HH				427,5			29,465
	JJ				-292,5			18,563
	KK				-622,5			38,678
	II				67,5			34,665
		38019,22					29,465	
I	GG	144,950	90660,68	445992,12	757,5	17180000,15 109	159	18,563
	HH				427,5			18,563
	JJ				-292,5			18,563
	KK				-622,5			18,563
	II				67,5			18,563
		55566,37					18,563	

TRANSVERSAL

niv	partie	$I_{xy} (t)$	$R_{xy} (kg, L)$	$R_{xy} (kg, L)$	$X_j^p (cm)$	$R_{j0} kg, cm$	$X_0 cm$	$T_{jy}^t (t)$
I	2 2	18,603	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	4,651
	3 3				-130			4,651
	4 4				130			4,708
	5 5				605			4,918
II	2 2	38,366	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	9,592
	3 3				-130			9,592
	4 4				130			9,710
	5 5				605			10,143
III	2 2	55,159	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	13,79
	3 3				-130			13,79
	4 4				130			13,96
	5 5				605			14,583
IV	2 2	75,975	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	18,994
	3 3				-130			18,994
	4 4				130			19,229
	5 5				605			20,058
V	2 2	104,262	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	26,066
	3 3				-130			26,066
	4 4				130			26,388
	5 5				605			27,565
VI	2 2	134,644	26204,10	104816,4	-605	7439899,45 104	67,5	33,661
	3 3				-130			33,661
	4 4				130			34,077
	5 5				605			35,598
VII	1 1	192,449	26204,10	131020,5	-1012	10810233,03 104	67,5	34,442
	2 2				-352			38,412
	3 3				123			38,277
	4 4				383			39,696
	5 5				858			41,182
VIII	1 1	247,063	48664,37	243321,85	-1012	17180000,15 104	67,5	49,413
	2 2				-352			49,413
	3 3				123			49,594
	4 4				383			51,222
	5 5				858			53,466

Remarque : les efforts tranchants négatifs dus aux moments de torsion sont négligés.

Calcul des déplacements de niveau "j"

le déplacement de niveau est donné par:

$$\text{la relation: } \Delta_j = \frac{T_j}{R_j}$$

avec T_j effort tranchant de niv "j"
 R_j rigidité relative de niv "j"

la flèche du niveau "j" sera: $\delta_j = \sum_{j=1}^n \Delta_j$

Dans le sens longitudinal:
 portique G-G

sens transversal:
 portique: 5.5

niv	R_{jx} t/m	T_{jx} [t]	Δ_{jx} cm	$\delta_{jx} = \sum \Delta_{jx}$ cm
T	50,44	7,059	0,14	3,577
VII	50,44	13,80	0,274	3,377
VI	50,44	19,58	0,388	3,103
V	50,44	24,39	0,484	2,715
IV	50,44	28,24	0,560	2,231
III	50,64	31,49	0,598	1,671
II	61,05	39,42	0,646	1,073
I	90,66	38,67	0,427	0,427

niv	R_{jy} t/m	T_{jy} [t]	Δ_{jy} cm	$\delta_{jy} = \sum \Delta_{jy}$ cm
T	26,20	4,918	0,188	6,881
VII	26,20	10,143	0,387	6,693
VI	26,20	14,583	0,557	6,306
V	26,20	20,087	0,767	5,749
IV	26,20	27,565	1,052	4,982
III	26,20	35,579	1,359	3,930
II	26,20	44,192	1,672	2,571
I	48,664	53,166	1,099	1,099

verification des déplacements relatifs des niveaux.

Les déplacements relatifs de niveaux calculés à partir des forces latérales, doivent être multipliés par le rapport $\frac{1}{2B}$
 on doit vérifier que $\frac{1}{2B} \Delta \leq 0,0075 h$ à tous les niveaux.

$$h = 400 \text{ cm} \quad B = \frac{1}{4}$$

niv	Δ_{jx} (cm)	$\frac{1}{2B} \Delta_{jx}$ (cm)	Δ_{jy} (cm)	$\frac{1}{2B} \Delta_{jy}$ (cm)	$0,0075 h$ cm
T	0,140	0,28	0,188	0,376	3,0
VII	0,274	0,546	0,387	0,774	3,0
VI	0,388	0,776	0,557	1,114	3,0
V	0,484	0,968	0,767	1,534	3,0
IV	0,560	1,120	1,052	2,104	3,0
III	0,598	1,196	1,359	2,718	3,0
II	0,646	1,292	1,672	3,344	3,0
I	0,427	0,854	1,099	2,198	3,0

Calcul des efforts tranchants revenant a chaque poteau: 47

des portiques longitudinaux et transversaux les plus sollicités

$$t_j^{(i)} = \frac{a_j}{\sum a_k} K_p^i T_j$$

Longitudinal

Transversal

niv	file de poteau	$\frac{a_{kp}}{\sum a_{kp}}$	$T_{jx} [t]$	$t_{jx}^{(i)} [t]$
I	1	0,167	7,059	1,179
	3	0,167	7,059	1,179
	4	0,167	7,059	1,179
	5	0,167	7,059	1,179
II	1	0,167	13,802	2,305
	3	0,333	13,802	4,596
	4	0,333	13,802	4,596
	5	0,167	13,802	2,305
III	1	0,167	19,58	3,270
	3	0,333	19,58	6,52
	4	0,333	19,58	6,52
	5	0,167	19,58	3,270
IV	1	0,167	24,393	4,074
	3	0,333	24,393	8,123
	4	0,333	24,393	8,123
	5	0,167	24,393	4,074
V	1	0,167	28,241	4,716
	3	0,333	28,241	9,404
	4	0,333	28,241	9,404
	5	0,167	28,241	4,716
VI	1	0,201	31,493	6,33
	3	0,319	31,493	10,046
	4	0,319	31,493	10,046
	5	0,160	31,493	5,039
VII	1	0,108	39,424	8,042
	2	0,215	39,424	10,842
	3	0,215	39,424	10,842
	4	0,138	39,424	5,441
	5	0,153	39,424	5,441
VIII	1	0,202	38,678	6,012
	2	0,238	38,678	7,813
	3	0,238	38,678	7,813
	4	0,238	38,678	7,813
	5	0,165	38,678	6,537

niv	file de poteau	$\frac{a_{kp}}{\sum a_{kp}}$	$T_j [t]$	$t_{jy} [t]$
I	G	0,143	4,718	0,703
	H	0,241	4,718	1,185
	I	0,232	4,718	1,141
	J	0,241	4,718	1,185
	K	0,143	4,718	0,703
	L	0,143	4,718	0,703
II	G	0,143	10,143	1,450
	H	0,241	10,143	2,444
	I	0,232	10,143	2,353
	J	0,241	10,143	2,444
	K	0,143	10,143	1,450
	L	0,143	10,143	1,450
III	G	0,143	14,583	2,085
	H	0,241	14,583	3,515
	I	0,232	14,583	3,383
	J	0,241	14,583	3,515
	K	0,143	14,583	2,085
	L	0,143	14,583	2,085
IV	G	0,143	20,087	2,872
	H	0,241	20,087	4,841
	I	0,232	20,087	4,660
	J	0,241	20,087	4,841
	K	0,143	20,087	2,872
	L	0,143	20,087	2,872
V	G	0,143	27,565	3,942
	H	0,241	27,565	6,643
	I	0,232	27,565	6,395
	J	0,241	27,565	6,643
	K	0,143	27,565	3,942
	L	0,143	27,565	3,942
VI	G	0,143	35,598	5,091
	H	0,241	35,598	8,579
	I	0,232	35,598	8,159
	J	0,241	35,598	8,579
	K	0,143	35,598	5,091
	L	0,143	35,598	5,091
VII	G	0,143	44,192	6,320
	H	0,241	44,192	9,927
	I	0,232	44,192	9,557
	J	0,241	44,192	9,927
	K	0,143	44,192	6,320
	L	0,143	44,192	6,320
VIII	G	0,178	53,466	9,517
	H	0,216	53,466	11,549
	I	0,216	53,466	11,335
	J	0,216	53,466	11,549
	K	0,178	53,466	9,517
	L	0,178	53,466	9,517

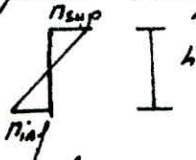
Moment flechissant dans les poteaux 48

les moments sont donnés par :

a) la position du point d'inflexion $y = y_0 + \frac{1}{4} + \frac{1}{2} + \frac{1}{3}$ (CTC N° 5)

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

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



portique transversal:

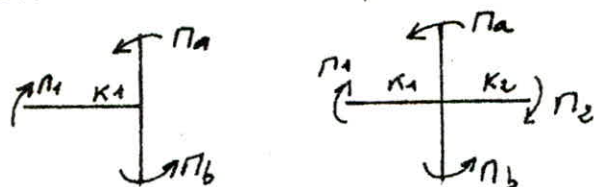
niv	f.c. / poteau	L_{jx} (H)	y_0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	γ	h(m)	$z = \gamma h$	M_{inf} tm	$h-z$ m	M_{sup} tm
T	GG	0,703	0,19	0	0	0	0,19	4	0,76	0,534	3,24	2,278
	HH	1,185	0,315	0	0	0	0,315	4	1,26	1,493	2,74	3,247
	II	1,141	0,3	0	0	0	0,3	4	1,2	1,369	2,8	3,195
	SS	1,185	0,315	0	0	0	0,315	4	1,26	1,493	2,74	3,247
	KK	0,703	0,19	0	0	0	0,19	4	0,76	0,534	3,24	2,278
VII	GG	1,450	0,34	0	0	0	0,34	4	1,36	1,972	4,64	3,828
	HH	2,444	0,4	0	0	0	0,4	4	1,6	3,910	2,4	5,866
	II	2,353	0,4	0	0	0	0,4	4	1,6	3,765	2,4	5,647
	SS	2,444	0,4	0	0	0	0,4	4	1,6	3,910	2,4	5,866
	KK	1,450	0,34	0	0	0	0,34	4	1,36	1,972	2,64	3,828
VI	GG	2,085	0,39	0	0	0	0,39	4	1,56	3,253	2,44	5,087
	HH	3,515	0,51	0	0	0	0,51	4	2,04	7,171	1,96	6,889
	II	3,383	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	6,089	2,2	7,443
	SS	3,515	0,51	0	0	0	0,51	4	2,04	7,171	1,96	6,889
	KK	2,085	0,39	0	0	0	0,39	4	1,56	3,253	2,44	5,087
I	GG	2,872	0,44	0	0	0	0,44	4	1,76	5,055	2,24	6,433
	HH	4,841	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,774	2,2	10,65
	II	4,660	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,378	2,2	10,252
	SS	4,841	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,774	2,2	10,65
	KK	2,872	0,44	0	0	0	0,44	4	1,76	5,055	2,24	6,433
IV	GG	3,942	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	7,096	2,2	8,672
	HH	6,643	0,465	0	0	0	0,465	4	1,86	12,356	2,14	14,716
	II	6,391	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	11,511	2,2	14,069
	SS	6,643	0,465	0	0	0	0,465	4	1,86	12,356	2,14	14,716
	KK	3,942	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	7,096	2,2	8,672
III	GG	5,091	0,5	0	0	0	0,5	4	2	10,182	2	10,182
	HH	8,579	0,5	0	0	0	0,5	4	2	17,158	2	17,158
	II	8,529	0,5	0	0	0	0,5	4	2	16,578	2	16,578
	SS	8,579	0,5	0	0	0	0,5	4	2	17,158	2	17,158
	KK	5,091	0,5	0	0	0	0,5	4	2	10,182	2	10,182
II	GG	5,890	0,56	0	0	0	0,56	4	2,24	13,194	1,76	10,366
	HH	9,927	0,5	0	0	0	0,5	4	2	19,854	2	19,854
	II	9,557	0,5	0	0	0	0,5	4	2	19,114	2	19,114
	SS	9,927	0,5	0	0	0	0,5	4	2	19,854	2	19,854
	KK	5,890	0,56	0	0	0	0,56	4	2,24	13,182	1,76	10,366
I	GG	9,517	0,82	0	0	0	0,82	4	3,28	31,216	0,72	6,852
	HH	11,549	0,7	0	0	0	0,7	4	2,8	32,337	1,2	13,602
	II	11,335	0,7	0	0	0	0,7	4	2,8	31,737	1,2	13,859
	SS	11,549	0,7	0	0	0	0,7	4	2,8	32,337	1,2	13,602
	KK	9,517	0,82	0	0	0	0,82	4	3,28	32,216	0,72	6,852

Partique longitudinal:

niv	file de parture	t_{sy} (H)	y_0	y_1	y_2	y_3	y	h_m	$z=yh$	ρ_{inf}_{tm}	$h-z$	ρ_{sup}_{tm}
T	2	1,172	0,3	0	0	0	0,3	4	1,2	1,406	2,8	3,282
	3	2,354	0,417	0	0	0	0,417	4	1,66	4,019	2,33	5,48
	4	2,354	0,417	0	0	0	0,417	4	1,66	4,019	2,33	5,48
	5	1,172	0,3	0	0	0	0,3	4	1,2	1,406	2,8	3,28
III	2	2,305	0,40	0	0	0	0,40	4	1,6	3,688	2,4	5,53
	3	4,596	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,293	2,2	10,11
	4	4,596	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,293	2,2	10,11
	5	2,305	0,40	0	0	0	0,40	4	1,6	3,688	2,4	5,53
II	2	3,27	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	5,886	2,2	7,197
	3	6,52	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	12,62	2,06	13,45
	4	6,52	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	12,62	2,06	13,45
	5	3,27	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	5,88	2,2	7,197
I	2	4,074	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	7,33	2,2	8,963
	3	8,123	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	15,72	2,06	16,766
	4	8,123	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	15,72	2,06	16,766
	5	4,074	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	7,33	2,2	8,963
IV	2	4,716	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,489	2,2	10,375
	3	9,404	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	18,206	2,06	19,41
	4	9,404	0,484	0	0	0	0,484	4	1,93	18,206	2,06	19,41
	5	4,716	0,45	0	0	0	0,45	4	1,8	8,489	2,2	10,375
III	2	6,33	0,5	0,1	0	0	0,5	4	2,4	12,66	1,6	10,18
	3	10,046	0,5	0	0	0	0,5	4	2	20,092	2	20,092
	4	10,046	0,5	0	0	0	0,5	4	2	20,092	2	20,092
	5	6,33	0,5	0	0	0	0,5	4	2	10,078	2	10,078
II	1	3,401	0,55	0,25	0	0	0,55	4	3,2	10,893	0,8	8,728
	2	8,042	0,5	0	0	0	0,5	4	2,24	18,014	1,76	14,184
	3	10,842	0,5	0	0	0	0,5	4	2	24,684	2	24,68
	4	10,842	0,5	0	0	0	0,5	4	2	24,684	2	24,68
	5	5,441	0,55	0	0	0	0,55	4	2,2	11,97	1,8	9,794
I	1	6,032	0,785	0	0	0	0,785	4	3,032	18,68	0,96	15,839
	2	7,813	0,65	0	0	0	0,65	4	2,6	20,31	1,4	10,839
	3	9,205	0,617	0	0	0	0,617	4	2,468	22,71	1,53	14,10
	4	9,205	0,617	0	0	0	0,617	4	2,468	22,71	1,53	14,10
	5	6,634	0,7	0	0	0	0,7	4	2,8	18,30	1,2	7,844

50

Moments dans les poutres



$$M_1 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} (P_1 a + P_2 b)$$

$$M_2 = \frac{k_2}{k_1 + k_2} (P_1 a + P_2 b)$$

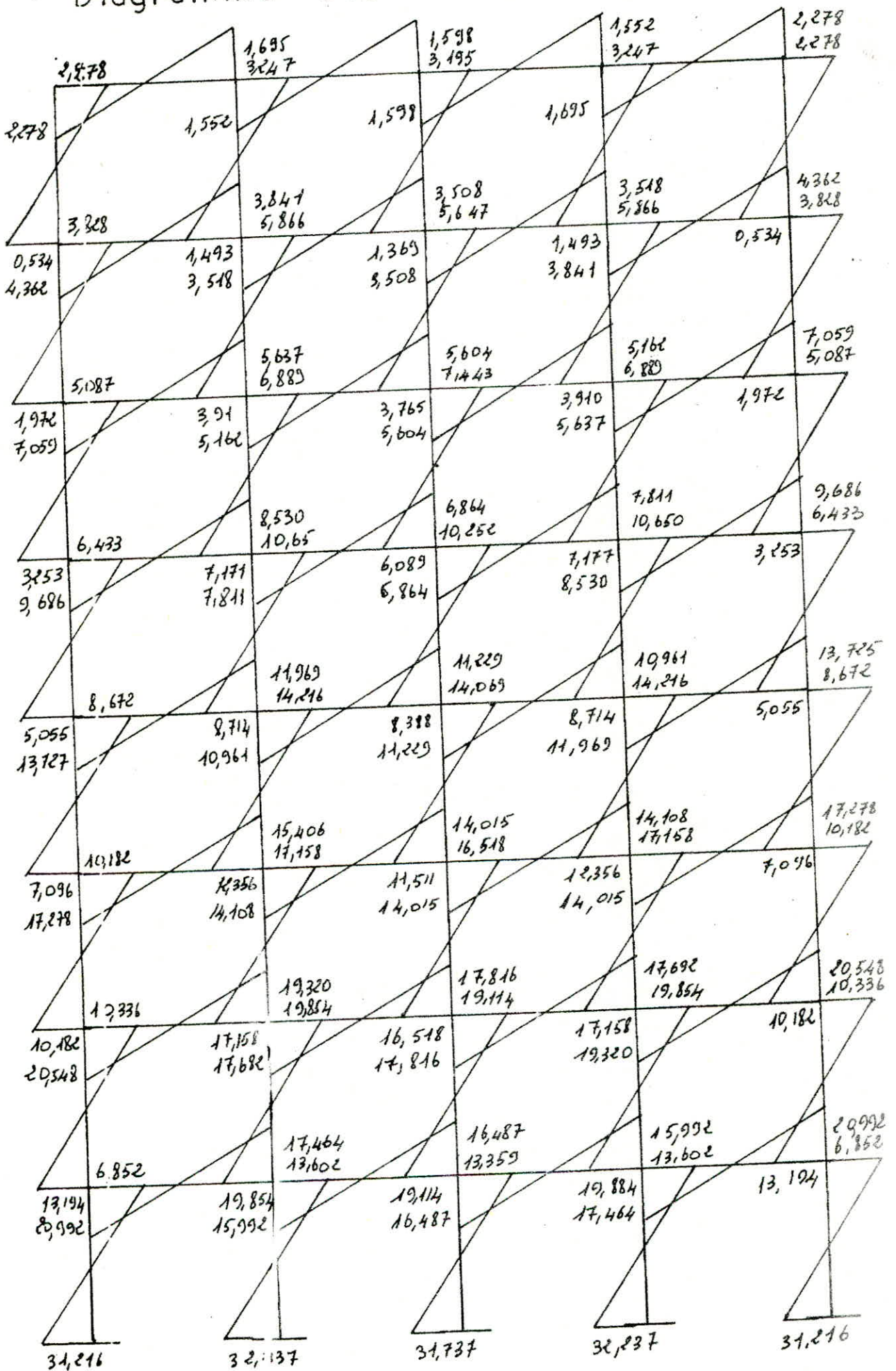
Portique transversal.

niv	noeud	$P_a (tm)$	$P_b (tm)$	K_1	K_2	$P_1 + P_2$ tm	$\frac{K_1}{K_1 + K_2}$	M_1 tm	$\frac{K_2}{K_1 + K_2}$	M_2 tm
T	1	0	2,278	/	270,68	2,278	/	/	1	2,278
	2	0	3,247	270,68	248,12	3,248	0,522	1,695	0,478	1,552
	3	0	3,195	248,12	248,12	3,195	0,5	1,598	0,5	1,598
VIII	4	0,524	3,828	/	270,68	4,362	/	/	1	4,362
	5	2,493	5,866	270,68	248,12	7,359	0,522	3,841	0,478	3,518
VI	6	1,369	5,647	248,12	248,12	7,016	0,5	3,508	0,5	3,508
	7	1,942	5,087	/	270,68	7,059	/	/	1	7,059
V	8	3,940	6,889	270,68	248,12	10,799	0,522	5,637	0,478	5,162
	9	3,765	7,443	248,12	248,12	11,208	0,5	5,604	0,5	5,604
IV	10	3,253	6,433	/	270,68	9,686	/	/	1	9,686
	11	7,171	10,65	270,68	248,12	16,341	0,522	8,530	0,478	7,811
III	12	6,089	10,25	248,12	248,12	13,727	0,5	6,864	0,5	6,864
	13	5,055	8,672	/	270,68	13,827	/	/	1	13,827
II	14	8,714	14,216	270,68	248,12	22,93	0,522	11,969	0,478	10,961
	15	8,388	14,069	248,12	248,12	22,457	0,5	11,229	0,5	11,229
I	16	7,096	10,182	/	270,68	17,278	/	/	1	17,278
	17	12,356	17,158	270,68	248,12	29,514	0,522	15,406	0,478	14,108
I	18	11,511	16,518	248,12	248,12	28,029	0,5	14,015	0,5	14,015
	19	10,182	10,366	/	270,68	20,548	/	/	1	20,548
I	20	17,158	19,854	270,68	248,12	37,012	0,522	19,32	0,478	17,692
	21	16,518	19,144	248,12	248,12	35,632	0,5	17,816	0,5	17,816
I	22	13,194	6,852	/	270,68	20,046	/	/	1	20,046
	23	19,854	13,602	270,68	248,12	33,456	0,522	17,464	0,478	15,992
I	24	19,144	13,857	248,12	248,12	32,973	0,5	16,487	0,5	16,487

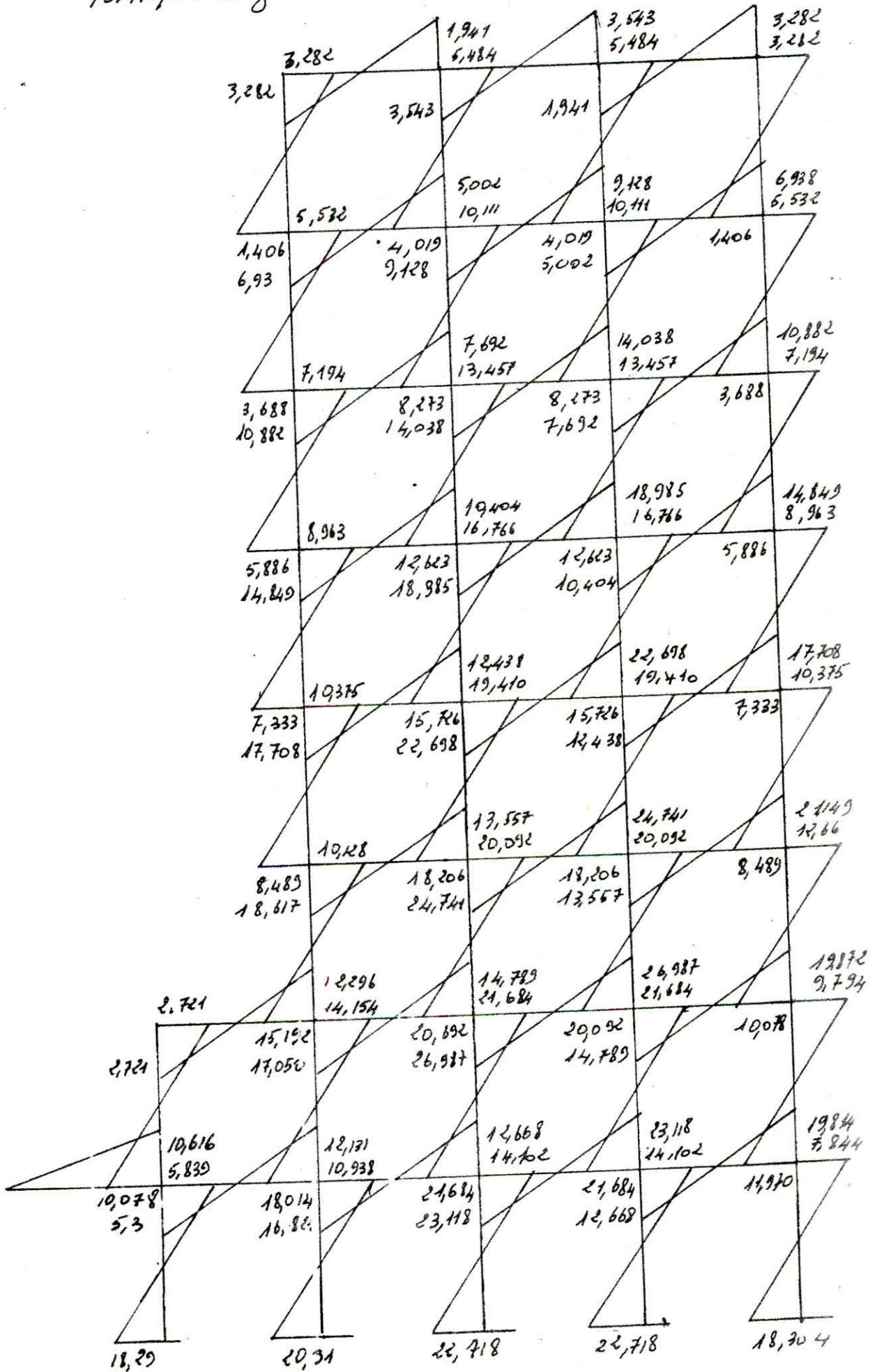
Portique longitudinal

niveau	noeud	Γ_A tm	Γ_B tm	K_1	K_2	$\Gamma_A + \Gamma_B$ tm	$\frac{K_1}{K_1 + K_2}$	Γ_A tm	$\frac{K_2}{K_1 + K_2}$	M_2 tm
T	1	0	3,282	/	657,89	3,282	/	/	1	3,282
	2	0	5,484	657,89	1201,92	5,484	0,354	1,941	0,646	3,543
VII	3	1,406	5,532	/	657,89	6,938	/	/	1	6,938
	4	4,019	10,111	657,89	1201,91	14,13	0,354	5,002	0,646	9,128
VI	5	3,688	7,194	/	657,89	10,88	/	/	1	10,882
	6	8,273	13,457	657,89	1201,91	21,73	0,354	7,692	0,646	14,038
V	7	5,886	8,963	/	657,89	14,849	/	/	1	14,849
	8	12,623	16,766	657,89	1201,91	29,389	0,354	10,404	0,646	18,985
IV	9	7,333	10,37	/	657,89	17,708	/	/	1	17,708
	10	15,728	19,410	657,89	1201,91	35,136	0,354	12,438	0,646	22,698
III	11	8,429	10,128	/	657,89	18,617	/	/	1	18,617
	12	18,206	20,092	657,89	1201,91	38,298	0,354	13,557	0,646	24,741
II	13	0	2,721	/	473,48	2,721	/	/	1	2,721
	14	15,19	14,154	473,48	657,89	29,346	0,419	12,296	0,581	17,050
	15	20,09	21,624	657,89	1201,91	41,776	0,354	14,789	0,646	26,987
	16	20,09	21,624	1201,92	657,89	41,776	0,646	26,989	0,354	14,789
	17	10,07	9,794	657,89		19,872	1	19,872	/	/
I	18	10,07	5,839	246,97	473,48	15,91	0,667	10,616	0,333	5,30
	19	18,014	10,938	473,48	657,89	28,952	0,419	12,131	0,581	16,221
	20	21,68	14,182	657,89	1201,92	35,786	0,354	12,668	0,646	23,118
	21	21,68	14,102	1201,09	657,89	35,786	0,646	23,118	0,354	12,668
	22	17,97	7,844	657,89		19,814	1	19,814	/	/

Diagramme des moments sous \overrightarrow{SH}



Portique longitudinal:



Efforts tranchants dans les poutres

on considère la travée indépendante avec les moments de l'appui dans les besoins, ainsi l'effort tranchant dans chaque poutre:

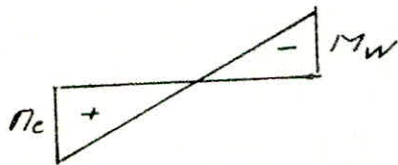
$$M(x) = ax + b$$

$$x=0 \rightarrow M_0 = b = M_c$$

$$x=l \rightarrow M_p = al + b = M_w$$

$$a = -\frac{M_w + M_c}{l}$$

$$\frac{dM}{dx} = a = T = -\frac{M_w + M_c}{l}$$



finalement: pour \overrightarrow{SIH} $T = -\frac{M_w + M_c}{l}$

pour \overleftarrow{SIH} $T = \frac{M_w + M_c}{l}$

portique transversal:

niveau	Travée	l [m]	M_c [tm]	M_w [tm]	$T_{\overrightarrow{SIH}}$ [t]	$T_{\overleftarrow{SIH}}$ [t]
T	1-2	3,3	2,78	1,695	-1,205	1,205
	2-3	3,6	1,552	1,598	-0,875	0,875
VII	4-5	3,3	4,362	3,841	-2,486	2,486
	5-6	3,6	3,518	3,508	-1,952	1,952
VI	7-8	3,3	7,059	5,637	-3,847	3,847
	8-9	3,6	5,1604	5,604	-2,991	2,991
V	10-11	3,3	9,696	8,530	-5,52	5,52
	11-12	3,6	7,811	6,864	-4,076	4,076
IV	13-14	3,3	13,727	11,960	-7,787	7,787
	14-15	3,6	10,961	11,229	-6,164	6,164
III	16-17	3,3	17,278	15,406	-9,904	9,904
	17-18	3,6	14,108	14,015	-7,812	7,812
II	19-20	3,3	20,548	19,311	-12,081	12,081
	20-21	3,6	17,692	17,816	-9,766	9,766
I	22-23	3,3	20,992	17,464	-11,653	11,653
	23-24	3,6	15,992	16,487	-9,021	9,021

portique longitudinal:

niv	portre	l (m)	N_e (tm)	M_w (tm)	$T_s \overrightarrow{TH}$	$T_s \overleftarrow{TH}$
T	1-2	4,75	3,282	1,941	-1,1	1,1
	2-2'	2,6	3,543	3,543	-2,725	2,725
VII	3-4	4,75	6,938	5,002	-2,514	2,514
	4-4'	2,6	9,128	9,128	-7,022	7,022
VI	5-6	4,75	10,982	7,692	-3,910	3,910
	6-6'	2,6	14,038	14,038	-10,798	10,798
V	7-8	4,75	14,849	10,404	-5,316	5,316
	8-8'	2,6	18,985	18,985	-14,604	14,604
IV	9-10	4,75	17,708	12,438	-6,347	6,347
	10-10'	2,6	22,698	22,698	-17,46	17,46
III	11-12	4,75	18,617	13,557	-6,773	6,773
	12-12'	2,6	24,741	24,741	-19,032	19,032
II	13-14	6,6	2,721	12,296	-2,275	2,275
	14-15	4,75	17,050	14,789	-6,703	+6,703
	15-16	2,6	26,987	26,987	-20,759	20,759
	16-17	4,75	14,789	19,872	-7,297	7,297
I	18		8,985	0	-2,692	2,692
	18-19	6,6	4,436	12,131	2,51	2,51
	19-20	4,75	16,821	12,668	-6,208	-6,208
	20-21	2,6	23,118	23,118	-17,783	-17,783
	21-22	4,75	12,668	19,814	-6,838	-6,838

Efforts normaux dans les poteaux

Le poteau supportant la poutre au niveau du noeud "i" subira un effort normal N dont la valeur est donnée par

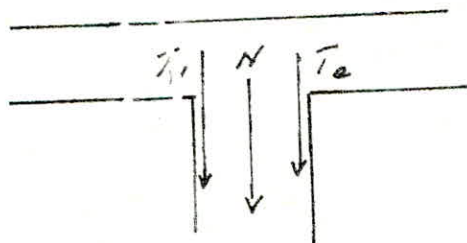
$$N_i = T_{ei} - T_{wi}$$

portique transversal.

niv	poteau	$N_{\rightarrow \text{SIN } t}$	$N_{\leftarrow \text{SIN } t}$
T	1 - 4	-1,205	1,205
	2 - 5	-0,330	0,330
	3 - 6	0	0
VII	4 - 7	-2,486	2,486
	5 - 8	-0,534	0,534
	6 - 9	0	0
VI	7 - 10	-3,847	3,847
	8 - 11	-0,856	0,856
	9 - 12	0	0
V	10 - 13	-5,520	5,520
	11 - 14	-1,440	1,440
	12 - 15	0	0
IV	13 - 16	-6,196	6,196
	14 - 17	-1,623	1,623
	15 - 18	0	0
III	16 - 19	-9,904	9,904
	17 - 20	-2,092	2,092
	18 - 21	0	0
II	19 - 22	-14,081	14,081
	20 - 23	-2,351	2,351
	21 - 24	0	0
I	22 - 25	-11,653	11,653
	23 - 26	-2,631	2,631
	24 - 27	0	0

portique longitudinal.

niv	poteau	$N_{\rightarrow \text{SIN } t}$	$N_{\leftarrow \text{SIN } t}$
T	1 - 3	-1,100	1,1
	2 - 4	+1,615	-1,615
VII	3 - 5	-2,514	2,514
	4 - 6	+4,508	-4,508
VI	6 - 7	-3,910	3,910
	6 - 8	+6,888	-6,888
V	7 - 9	-5,316	5,316
	8 - 10	+9,324	-9,324
IV	9 - 11	-6,347	6,347
	10 - 12	+11,113	-11,113
III	11 - 14	-6,773	6,773
	12 - 15	+12,259	-12,259
II	13 - 18	-2,275	2,275
	14 - 19	4,428	-4,428
	15 - 20	-14,056	14,056
	16 - 21	13,462	-13,462
	17 - 22	-7,297	7,297
I	18 - 23	-0,182	0,182
	19 - 24	3,698	-3,698
	20 - 25	-11,575	11,575
	21 - 26	10,945	-10,945
	22 - 27	-6,938	6,938



Superposition des sollicitations

Moments en travée des poutres sous charges verticales :
 pour déterminer les moments en travée des poutres
 sous les charges verticales on doit se référer à
 l'article A12 C C B A 68.

Dans notre cas nous avons :

Moment en appui : $M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$

Moment en travée $M_t = M_o(G+1,2P) - \frac{M_e(G) + M_w(G)}{2}$

combinaison des charges sur les poutres :

Entravée

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

2^{eme} Genre : sous $(G+P + \overleftrightarrow{S1H})$ $M_t = M_o(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} + M_t(\overleftrightarrow{S1H})$

sous $(0,86 + \overleftrightarrow{S1H})$ $M_t = M_o(0,86) - \frac{M_w(0,86) + M_e(0,86)}{2} + M_t(\overleftrightarrow{S1H})$

Aux appuis :

1^{er} Genre : sous $(G+1,2P)$ $M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$

2^{eme} Genre : sous $(G+P + \overleftrightarrow{S1H})$ $M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\overleftrightarrow{S1H})$

sous $(0,86 + \overleftrightarrow{S1H})$ $M_a = M_a(0,86) + M_a(\overleftrightarrow{S1H})$

Remarque : $M_t = \frac{M_e - M_w}{2}$ est le moment en travée sous $\overleftrightarrow{S1H}$

M_e et M_w sont pris en valeurs absolue du fait que
 le signe peut agir dans un sens ou dans l'autre.

Moments flechissants dans les poutres sous SPI

niv	Trav	M_e tm	M_w^2 (-) tm	M_c^a (-) tm
T	1-2	0,653	0,503	0,335
	2-3	0,713	0,583	0,589
VII	4-5	0,716	0,508	0,385
	5-5	0,815	0,598	0,582
VI	7-8	0,716	0,508	0,387
	8-9	0,815	0,598	0,584
V	10-11	0,716	0,508	0,387
	11-12	0,815	0,598	0,584
IV	13-14	0,716	0,508	0,387
	14-15	0,815	0,598	0,584
III	16-17	0,716	0,508	0,387
	17-18	0,815	0,598	0,584
II	19-20	0,716	0,508	0,387
	20-21	0,815	0,598	0,584
I	22-23	0,716	0,508	0,387
	23-24	0,815	0,598	0,584

niv	Trav	M_e tm	M_w^2 (-) tm	M_c^a (-) tm
T	1-2	6,323	3,688	2,64
	2-2'	0,479	2,574	2,574
VII	3-4	6,778	3,942	3,349
	4-4'	1,212	2,281	2,281
VI	5-6	6,754	3,957	3,398
	6-6'	1,234	2,25	2,25
V	7-8	6,754	3,957	3,398
	8-8'	1,234	2,25	2,25
IV	9-10	6,754	3,957	3,398
	10-10'	1,234	2,25	2,25
III	11-12	6,754	3,957	3,398
	12-12'	1,234	2,25	2,25
II	13-14	12,77	8,007	6,372
	14-15	6,017	3,957	5,538
	15-16	1,234	2,25	2,25
	16-17	6,754	3,398	3,949
I	18-19	11,948	7,518	9,976
	19-20	6,101	3,957	5,268
	20-21	1,234	2,25	2,25
	22-23	6,754	3,398	3,957

Moments flechissants et efforts tranchants dans les poutres sous SP2

Transversal							Longitudinal					
Niv	Travée	M ₀ ^{max} t/m	M ₁ ^{max} t/m	M _W ^{max} t/m	T ₅₀₀ ^{max} t	T ₂₀₀ ^{max} t	Travée	M _c ^{max} t/m	M _t ^{max} t/m	M _H ^{max} t/m	T ₂₀₀ ^{max} t	T ₂₀₀ ^{max} t
I	1-2	-0,607	0,927	-2,518	2,104	-2,480	1-2	-5,888	4,861	-5,551	7,276	-8,460
	2-3	-0,101	0,715	-2,171	2,009	-2,060	2-2'	-6,062	9,445	-6,062	6,069	-6,069
	3-2'	-2,175	0,715	-2,101	2,060	-2,009	2-1'	-5,551	6,882	-5,888	7,267	-8,460
	2-1'	-2,189	0,927	-0,607	2,480	-2,104	3-4	-10,113	7,35	-8,735	9,716	-9,723
VII	4-5	-4,733	10,932	-4,328	3,371	-3,755	4-4'	-7,165	3,156	-11,291	10,333	-10,333
	5-6	-4,057	0,767	-4,076	3,124	-3,168	4'-3'	-8,739	7,350	-19,113	9,776	-9,723
	6-5'	-4,081	0,767	-4,793	3,168	-3,124	5-6	-14,104	7,955	-11,444	10,108	-11,112
	5'-4'	-4,328	0,932	-6,124	3,755	-3,371	6-6'	-17,736	9,45	-17,736	14,109	-14,109
VI	7-8	-7,446	1,381	-6,177	4,732	-5,117	6'-5'	-11,444	7,955	-14,104	10,108	-11,112
	8-9	-5,721	0,983	-5,721	4,153	-4,153	7-8	-18,071	8,582	-14,156	11,514	-12,518
	9-8'	-6,177	0,983	-7,446	4,180	-4,180	8-8'	-21,118	1,116	-21,118	17,915	-17,915
	8'-7'	-6,154	1,381	-9,017	5,117	-4,732	8'-7'	-14,156	8,582	-18,071	11,514	-12,518
V	10-11	-1,907	1,248	-7,437	6,405	-6,790	9-10	-20,930	8,995	-16,19	12,545	-13,549
	11-12	-8,370	1,236	-8,370	5,238	-5,238	10-16	-24,831	1,45	-24,831	20,771	-20,771
	12-11'	-7,437	1,236	-10,073	5,265	-5,265	10'-9'	-16,190	8,995	-20,93	12,545	-13,549
	11'-10'	-9,017	1,248	-12,073	6,790	-6,405	11-12	-21,830	8,890	-17,309	12,971	-13,975
IV	13-14	-11,11	1,549	-12,45	8,672	-9,057	12-12'	-26,87	1,115	-26,870	22,343	-22,343
	14-15	-11,520	0,896	-11,80	7,326	-7,326	12-11'	-17,309	10,156	-24,371	12,971	-13,975
	15-14'	-4,800	1,428	-12,52	7,353	-7,353	13-14	-8,767	16,796	-29,458	11,031	-12,753
	14'-13'	-12,456	1,548	-14,112	9,057	-8,872	14-15	-22,301	6,753	-18,541	14,822	-11,985
III	16-17	-1,665	6,606	-15,893	10,789	-11,174	15-16	-29,180	1,115	-29,120	24,070	-24,070
	17-18	-14,667	0,809	-14,588	8,974	-8,970	16-17	-19,864	9,297	-22,303	14,149	-13,495
	18-17'	-14,588	0,809	-14,667	9,001	-9,021	18-19	-13,046	15,034	-18,259	13,280	-19,773
	17'-16'	-14,052	2,302	-17,665	11,174	-10,789	20-21	-25,251	1,115	-25,251	21,094	-21,094
II	19-20	-29,93	1,280	-19,80	12,966	-13,351	21-22	-16,420	9,933	-29,036	14,04	-13,096
	20-21	-11,25	0,824	-18,38	10,928	-10,928						
	21-20	-11,38	0,824	-18,25	10,955	-10,955						
	20-19	-11,807	1,284	-20,93	13,951	-12,921						
I	22-23	-27,90	2,434	-17,95	12,538	-12,921						
	23-24	-16,551	1,010	-17,06	10,184	-10,184						
	24-23'	-17,06	1,010	-16,55	10,211	-10,211						
	23'-22'	-17,951	2,434	-21,379	12,923	-12,538						

Moments dans les poteaux sous SP1

niv	poteau	N_{sup}	M_{inf}
T	1-4	0,33	-0,141
	2-5	0,057	-0,034
	3-6	0	0
VII	4-7	0,244	-0,201
	5-8	0,039	-0,038
	6-9	0	0
VI	7-10	0,201	-0,201
	8-11	0,038	-0,038
	9-12	0	0
V	10-13	0,201	-0,201
	11-14	0,038	-0,038
	12-15	0	0
IV	13-16	0,201	-0,201
	14-17	0,038	-0,038
	15-18	0	0
III	16-19	0,201	-0,201
	17-20	0,038	-0,038
	18-21	0	0
II	19-22	0,201	-0,201
	20-23	0,038	-0,038
	21-24	0	0
I	22-25	0,201	-0,201
	23-26	0,038	-0,038
	24-27	0	0

niv	poteau	N_{sup}	N_{inf}
T	1-3	2,662	-1,576
	2-4	1,115	-0,782
VII	3-5	1,773	-1,699
	4-6	0,879	-0,854
VI	5-7	1,699	-1,699
	6-8	0,854	-0,854
V	7-9	1,699	-1,699
	8-10	0,854	-0,854
IV	9-11	1,699	-1,699
	10-12	0,854	-0,854
III	11-14	1,699	-1,699
	12-15	0,854	-0,854
II	13-18	6,377	-1,431
	14-19	1,537	-1,145
	15-20	0,854	-0,854
	16-21	0,854	-0,854
	17-22	1,699	-1,699
I	18-23	1,431	0
	19-24	1,125	0
	20-25	0,854	0
	21-26	0,854	0
	22-27	1,699	0

portique longitudinal ↑

← portique transversal

Moments dans les poteaux sous SP2

Transversal

niveau	poteau	M_{sup}^{max} tm	M_{inf}^{max} tm
T	1-4	-2,607	0,675
	2-5	-3,303	1,589
	3-6	-3,196	1,369
VII	4-7	-4,058	2,165
	5-8	-5,903	3,946
	6-9	-5,647	3,756
VI	7-10	-5,280	3,446
	8-11	-6,925	7,207
	9-12	-7,443	6,089
V	10-13	-6,626	5,248
	11-14	-10,686	8,750
	12-15	-10,252	8,388
IV	13-16	-8,865	7,289
	14-17	-14,252	12,392
	15-18	-14,069	11,511
III	16-19	-10,375	10,375
	17-20	-17,194	17,194
	18-21	-16,518	16,518
II	19-22	-10,529	13,387
	20-23	-19,890	19,89
	21-24	-19,114	19,114
I	22-25	-7,043	31,409
	23-26	-13,638	32,373
	24-27	-13,859	31,737

longitudinal

niv	poteau	M_{sup}^{max} tm	M_{inf}^{max} tm
T	1-3	-5,888	2,900
	2-4	-6,575	4,760
VII	3-5	-7,113	5,299
	4-6	-10,944	9,083
VI	5-7	-8,805	7,197
	6-8	-14,264	13,433
V	7-9	-10,574	8,944
	8-10	-17,576	16,536
IV	9-11	-11,986	10,100
	10-12	-20,22	19,016
III	11-14	-11,739	16,647
	12-15	-20,902	20,902
II	13-18	-8,767	8,783
	14-19	-15,609	19,085
	15-20	-22,494	22,494
	16-21	-22,494	22,494
	17-22	-11,405	13,581
I	18-23	-6,762	18,29
	19-24	-12,009	20,310
	20-25	-14,912	22,718
	21-26	-14,912	22,718
	22-27	-9,455	18,304

niv	pot	N _g	N _p	N _{pp}	N _{g+N_p}	N _{g+N_p+N_{pp}}
I	1-3	5,05	0,66	4,87	4,733	7,733
	2-4	9,54	4,15	4,87	12,811	12,811
	3-5	4,49	4,69	4,87	8,406	16,139
II	4-6	7,64	2,87	4,87	4,971	25,782
	5-7	4,50	1,69	4,87	8,412	24,551
	6-8	7,63	2,87	4,87	12,963	38,745
III	7-9	4,50	1,69	4,87	8,412	32,913
	8-10	7,63	2,87	4,87	12,963	51,708
	9-11	4,50	1,69	4,87	8,412	41,375
IV	10-12	7,63	2,87	4,87	12,963	64,671
	11-14	4,50	1,69	4,87	8,412	49,787
	12-15	7,63	2,87	4,87	12,963	77,634
V	13-16	6,36	2,39	4,87	4,111	11,111
	14-19	13,50	5,09	4,87	2,119	7,097
	15-20	6,24	2,35	4,87	10,938	88,572
VI	16-21	4,69	2,87	4,87	10,082	84,565
	17-22	4,50	1,69	4,87	8,412	58,996
	18-23	7,63	3,06	4,87	13,259	24,369
VII	19-24	4,49	4,33	4,87	19,084	90,067
	20-25	6,40	2,43	4,87	11,184	99,746
	21-27	4,50	1,69	4,87	18,412	66,671

niv	pot	N _g	N _p	N _{pp}	N _{g+N_p}	N _{g+N_p+N_{pp}}
I	1-4	0,81	0,09	1,87	2,792	2,792
	2-5	2,82	0,19	1,87	4,322	4,322
	3-6	2,19	0,15	1,87	4,251	4,251
II	4-7	0,69	0,19	1,87	2,799	5,991
	5-8	4,89	0,54	1,87	4,425	8,477
	6-9	4,87	0,53	1,87	4,384	8,635
III	7-10	0,69	0,19	1,87	2,799	6,339
	8-11	1,89	0,53	1,87	4,414	13,161
	9-12	1,83	0,52	1,87	4,336	12,307
IV	10-13	0,69	0,19	1,87	2,799	4,189
	11-14	1,89	0,53	1,87	4,414	12,575
	12-15	1,83	0,52	1,87	4,336	12,307
V	13-16	0,69	0,19	1,87	2,799	4,398
	14-17	4,89	0,53	1,87	4,414	24,989
	15-18	4,83	0,52	1,87	4,339	21,646
VI	16-19	0,69	0,19	1,87	2,799	16,187
	17-20	4,89	0,53	1,87	4,414	26,403
	18-21	1,83	0,52	1,87	4,336	25,982
VII	19-22	0,69	0,19	1,87	2,799	19,586
	20-23	1,89	0,53	1,87	4,414	30,817
	21-24	1,83	0,52	1,87	4,336	30,318
VIII	22-25	0,69	0,19	1,87	2,799	23,385
	23-27	4,89	0,53	1,87	4,414	47,321
	24-28	4,83	0,52	1,87	4,336	46,818

Efforts normaux dans les poteaux sous SP2

TRANSVERSAL

NIV	POT	6+P+SIH		6+P+SIH		9,86+SIH		9,86+SIH		6+P+1,2SIH		6+P+1,2SIH		[E]	[E]
		N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc		
I	1-4	0,30	-0,3	2,10	2,10	-0,55	-0,55	1,85	1,85	-0,54	-0,54	0,75	0,75		
	2-5	2,07	2,07	2,73	2,73	1,44	1,44	2,10	2,10	2,01	2,01	2,96	2,96		
	3-6	2,34	2,34	2,34	2,34	1,75	1,75	1,75	1,75	2,34	2,34	2,34	2,34		
II	4-7	-1,60	-1,90	3,37	5,47	-1,93	-2,51	3,03	4,89	-2,09	-2,61	0,54	1,29		
	5-8	1,90	3,98	2,97	5,71	0,98	2,42	2,05	4,15	1,8	3,81	3,36	6,33		
	6-9	2,10	4,74	2,44	4,74	1,50	3,25	1,50	3,25	2,10	4,74	2,40	4,74		
III	7-10	-2,96	-4,86	4,73	10,20	-3,29	-5,80	4,4	9,28	-3,73	-6,37	0,354	1,649		
	8-11	1,57	5,56	3,28	9,00	0,66	3,09	2,37	6,53	1,40	5,21	3,90	10,23		
	9-12	2,35	7,10	2,35	7,10	1,46	4,12	1,46	4,12	2,35	7,10	2,35	7,10		
IV	10-13	-4,63	-9,50	6,40	16,61	-4,96	-10,77	6,073	15,36	-5,73	-12,11	7,123	1,772		
	11-14	0,98	6,55	3,87	12,87	0,074	3,164	2,96	9,49	0,69	5,91	4,91	15,14		
	12-15	2,35	9,16	2,35	9,46	1,468	6,12	1,46	6,19	2,35	9,46	2,35	9,46		
V	13-16	-5,31	-14,81	7,08	23,69	-5,643	-14,41	6,74	22,11	-6,55	-18,66	0,030	1,80		
	14-17	0,80	7,35	4,05	16,92	-0,105	3,05	3,14	12,63	0,48	6,40	5,22	20,36		
	15-18	2,35	11,82	2,35	11,82	1,46	7,66	1,468	7,66	2,35	11,82	2,35	11,82		
VI	16-19	-9,01	-23,83	10,78	34,48	-9,35	-25,7	10,45	32,57	-11,00	-29,66	-9,18	1,32		
	17-20	6,34	7,69	4,52	21,45	-0,57	2,48	3,61	16,24	-0,07	6,32	6,027	24,39		
	18-21	2,35	14,17	2,35	14,17	1,46	9,12	1,46	9,12	2,35	14,17	2,35	14,17		
VII	19-22	-11,19	-35,03	12,96	47,44	11,52	-37,2	12,63	45,20	-13,6	-43,24	-9,78	0,53		
	20-23	0,117	7,81	4,11	26,19	-0,99	1,68	3,83	20,07	-0,34	5,97	6,41	22,80		
	21-24	2,357	16,53	2,35	16,53	1,46	10,59	1,46	10,59	2,35	16,53	2,35	16,53		
VIII	22-25	-10,76	-45,79	12,53	59,58	-11,0	-48,39	12,20	59,41	-13,09	-56,37	-9,783	-0,185		
	23-26	-9,19	2,617	5,06	34,26	-1,113	0,57	4,14	24,25	-0,7	5,25	6,95	30,74		
	24-27	2,35	18,89	2,37	18,89	1,46	12,06	1,46	12,06	2,35	18,89	2,35	18,88		

longitudinal.

n.v	rot	G+P+STH		G+P+STH		0,86+STH		0,86+STH		G+P+1K STH		G+P+1K STH		[E]
		N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	
T	1-3	361	4,61	6,81	6,81	2,94	2,94	5,14	5,14	4,39	4,39	7,03	7,03	
	2-4	14,30	14,30	9,07	9,07	9,26	9,26	6,01	6,01	12,65	12,65	-8,75	-8,75	
VII	3-5	3,67	8,29	8,70	15,52	1,08	4,02	6,11	11,25	3,15	7,57	9,20	16,24	
	4-6	15,02	27,35	6,01	15,09	10,62	19,88	1,60	7,61	15,93	28,57	5,11	-3,64	
VI	5-7	2,28	10,58	10,10	25,63	-0,30	3,71	7,51	18,76	1,50	9,08	10,8	27,13	
	6-8	17,40	44,74	9,62	18,71	12,99	32,87	-0,77	6,83	18,77	47,95	2,47	-1,39	
V	7-9	0,88	11,46	11,51	37,14	-1,71	2,00	8,91	27,68	-0,18	8,89	11,57	39,71	
	8-10	19,83	64,59	1,18	19,90	15,43	48,31	-3,21	3,62	21,70	69,15	-0,76	-2,07	
IV	9-11	-0,14	11,31	12,54	49,69	-2,74	-0,74	9,94	37,63	-1,41	7,18	13,81	53,52	
	10-12	21,62	86,22	-0,60	19,30	17,22	63,53	-5,00	-1,38	23,84	92,90	-2,82	-4,89	
III	11-14	-0,57	10,74	12,9	62,66	-3,17	-3,91	10,37	48,00	-1,93	5,55	14,26	67,85	
	12-15	22,77	108,9	-7,74	17,55	18,36	83,90	-6,15	-7,53	25,22	118,12	-4,15	-9,09	
II	13-19	6,48	6,18	11,03	11,03	2,81	2,81	7,36	7,36	6,06	6,06	11,48	11,48	
	14-19	23,25	33,76	44,16	76,82	15,23	11,32	6,37	54,38	23,94	29,46	13,28	81,34	
	15-20	-5,46	10,35	22,64	40,20	-9,06	74,83	19,04	11,51	-8,24	109,85	25,46	16,26	
	16-21	21,03	130,0	-5,89	11,66	17,21	10,12	-9,70	-17,23	23,72	141,85	-8,58	-17,67	
	17-22	-1,09	9,64	13,29	76,15	-3,69	-7,60	10,89	58,90	-2,55	2,93	14,95	82,83	
I	18-23	10,58	17,06	10,95	27,98	5,98	8,79	6,34	13,70	10,55	16,57	10,98	22,47	
	19-24	29,03	53,80	12,64	89,46	13,3	24,62	5,90	60,28	20,77	50,24	11,90	93,04	
	20-25	-2,74	100,78	20,40	60,61	-6,45	68,38	16,69	29,21	-5,05	104,79	22,72	39,09	
	21-26	21,45	151,49	-0,43	11,2	17,05	118,17	-14,83	-22,07	23,67	165,50	-2,62	-20,29	
	22-27	-0,6	9,00	13,03	80,19	-3,23	-10,8	10,44	62,34	-2,00	0,98	14,40	97,24	

Ferraillage des poutres

Conformément à l'article A15 du CCBA 68, par simplification, les poutres seront ferraillées en flexion simple. Dans les justifications et vérifications des dispositions des armatures longitudinales de traction, on considérera les sollicitations les plus défavorables.

Méthode de calcul

la méthode utilisée est celle préconisée par: M^{re} Pierre Charon.

$$\gamma = \frac{1,5M}{\bar{\sigma}_a b h^2} \rightarrow \text{tableau } (\varepsilon, \kappa) \rightarrow \bar{\sigma}_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{\kappa} \begin{cases} \bar{\sigma}_b \leq \bar{\sigma}_b & A' = 0 \\ \bar{\sigma}_b > \bar{\sigma}_b & A' \neq 0 \end{cases}$$

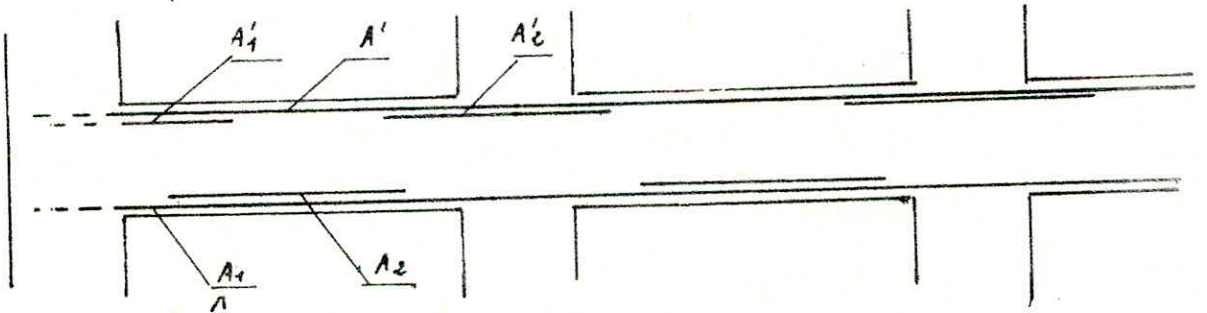
pour les armatures longitudinales, la section d'acier sera déterminée par la sollicitation la plus défavorable:

$$\text{Soit SP1 si } 1,5 M^{\max}(\text{SP1}) > M^{\max}(\text{SP2})$$

$$\text{Soit SP2 si } 1,5 M^{\max}(\text{SP1}) < M^{\max}(\text{SP2})$$

Pourcentage d'armatures Art 4.2321 RPA81.

% min = 0,3% % max = 2,5% pour acier à haute adhérence.



on prévoit des armatures filantes: avec

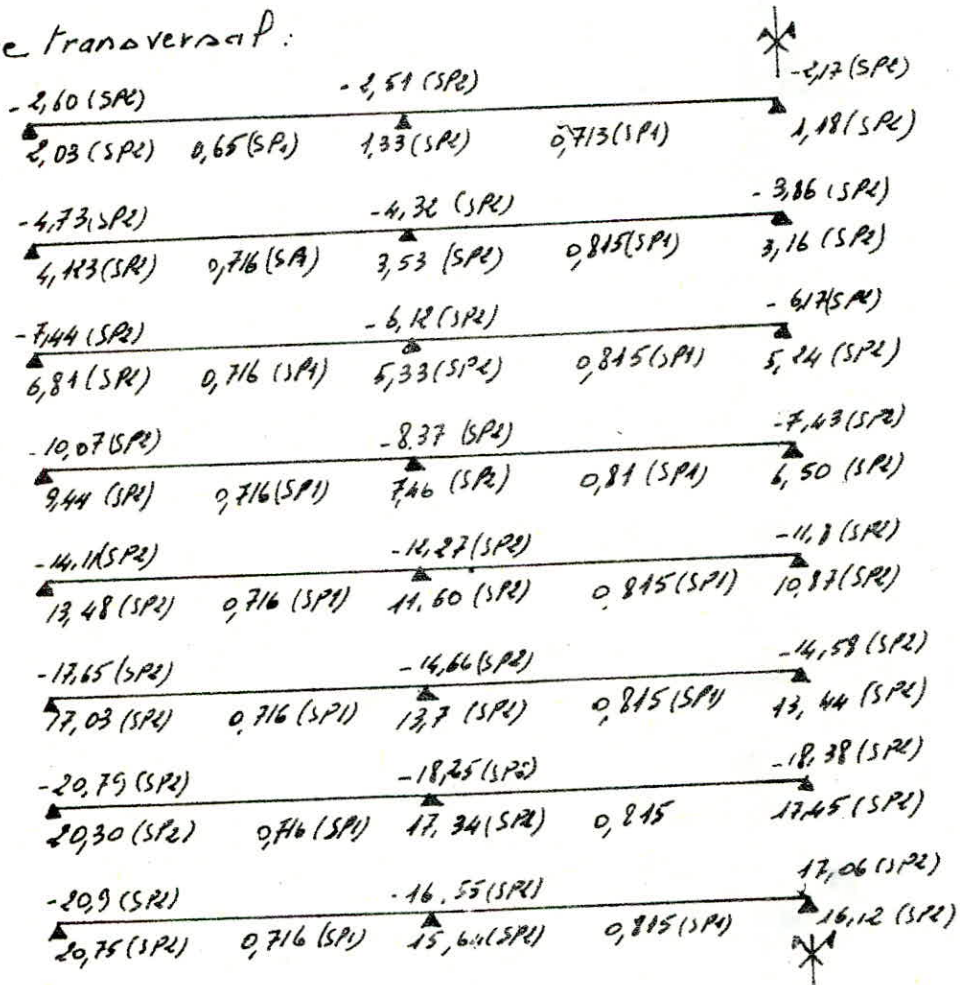
$$A' \geq \text{Max} \left(\frac{A_1}{4}, \frac{A_2}{2}, 3\text{cm}^2 \right) ; \quad A_1 \geq \text{Max} \left(\frac{A_1'}{2}, \frac{A_2}{4}, 3\text{cm}^2 \right)$$

Remarque:

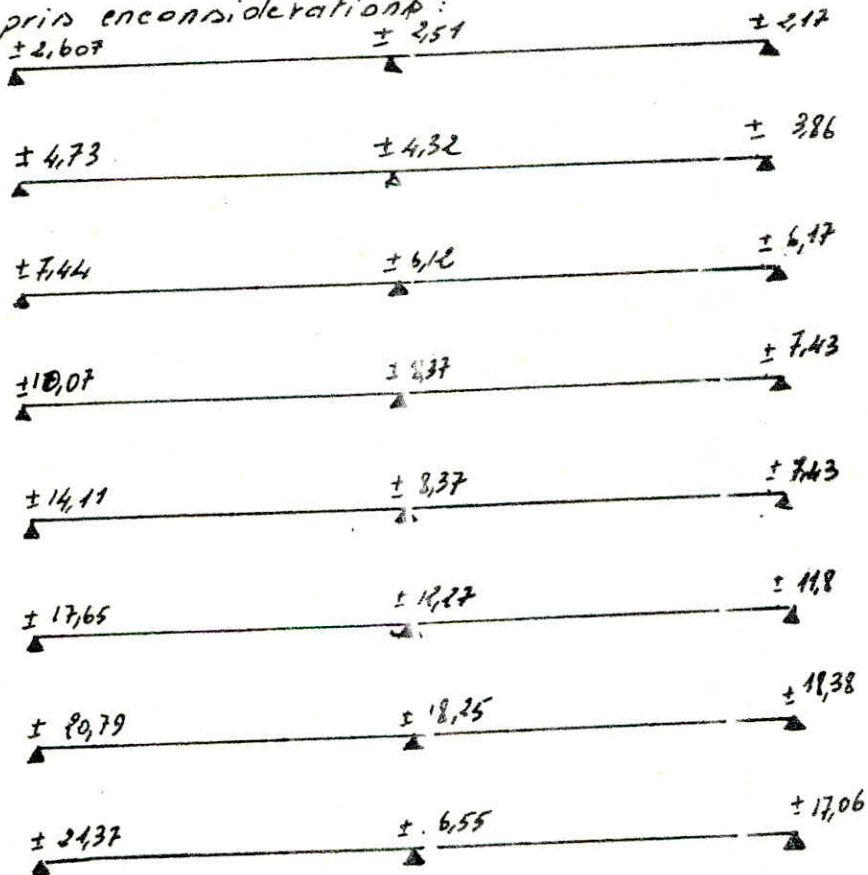
les portiques situés dans le sens transversal seront ferraillés symétriquement car ils ne sont pas porteurs, et ceci d'après le règlement sur le ferraillage des poutres préconisé par le RPA 81.

Determination des armatures longitudinales

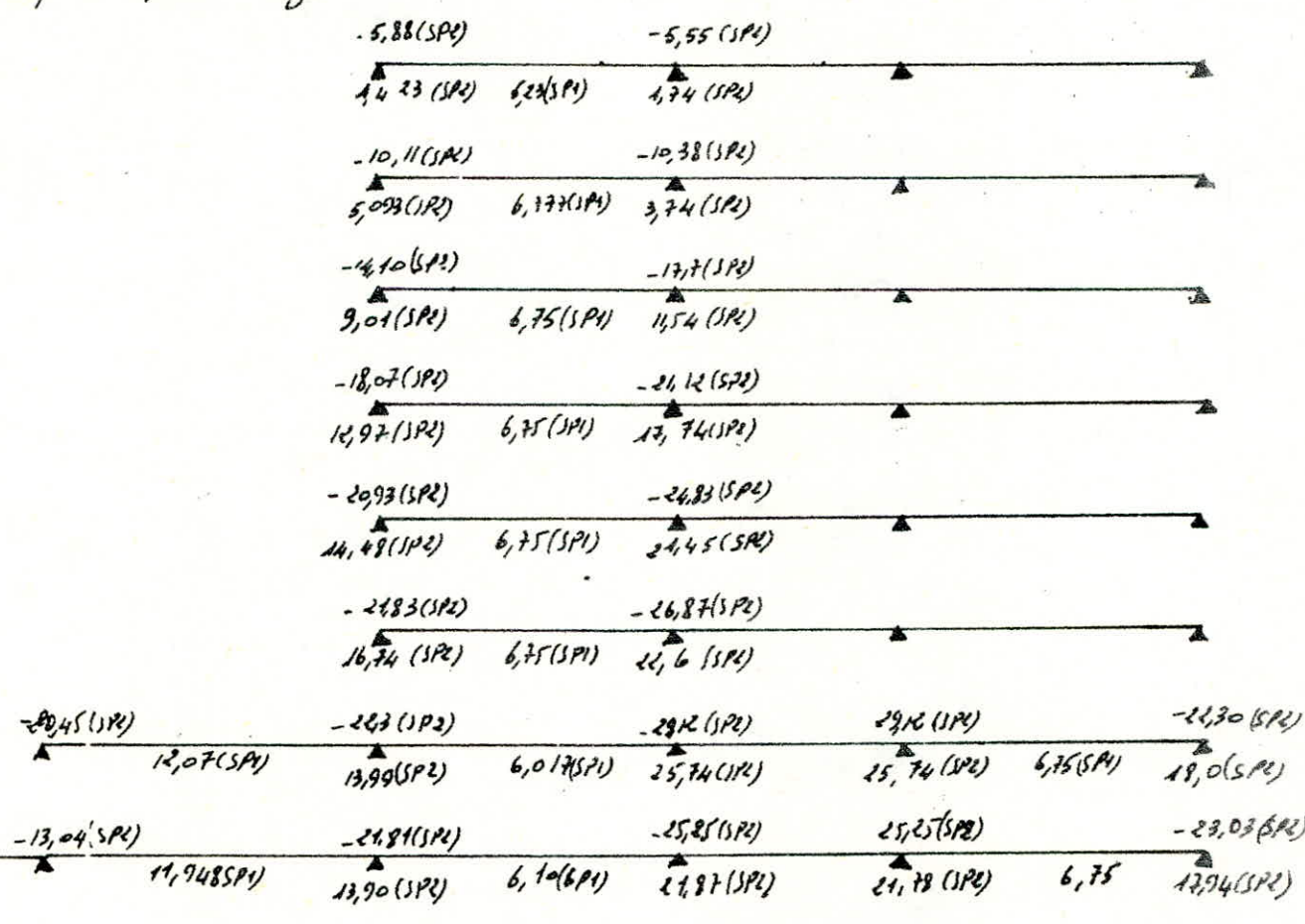
portique transversal P :



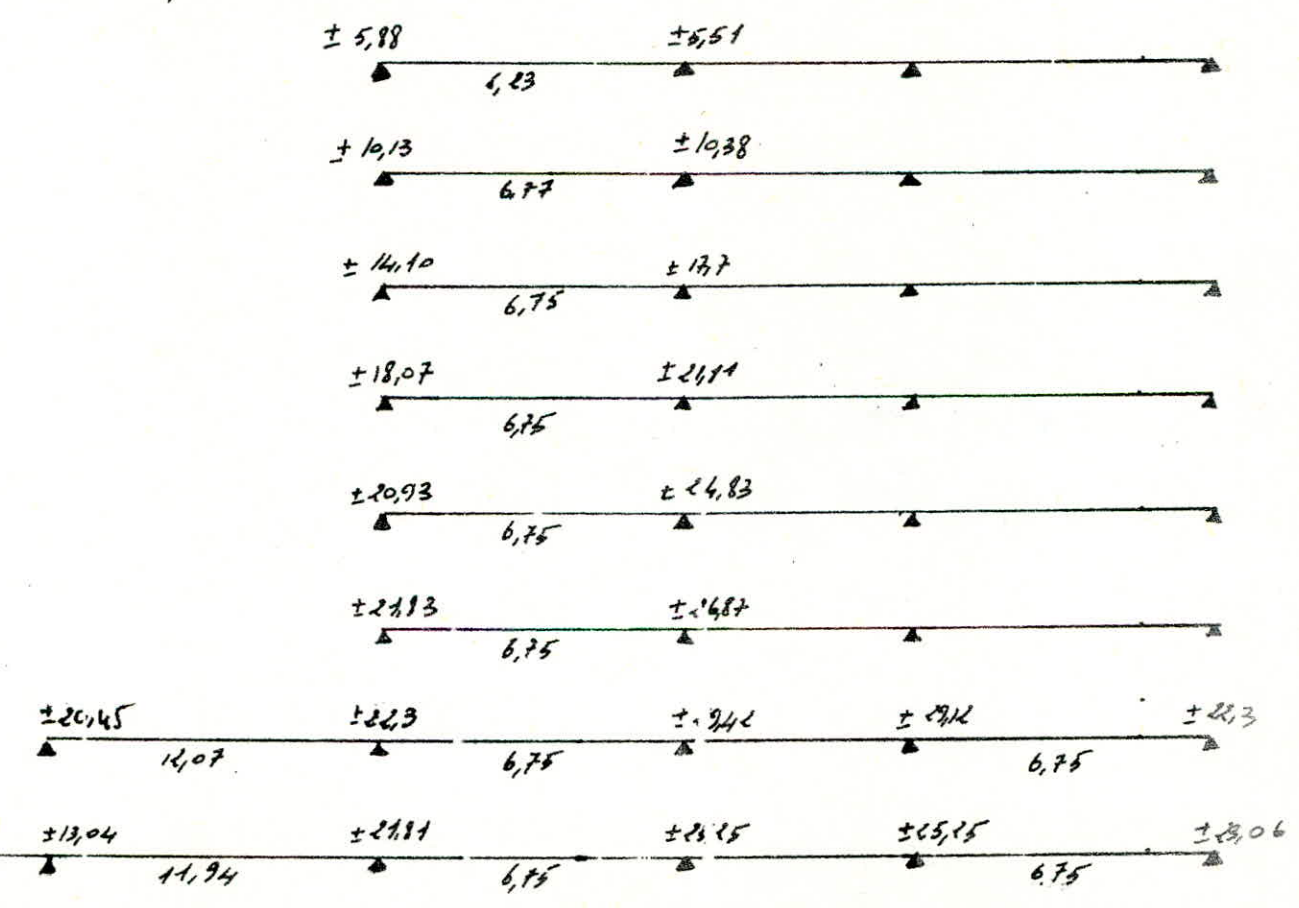
moments pris en consideration :



portique longitudinal:



moments pris en consideration



Ferrailage adopté

portique transversal.



5T12	3T12	5T12	3T12	5T12
5T12	3T12	5T12	3T12	5T12
5T12	3T12	5T12	3T12	5T12
5T12	3T12	5T12	3T12	5T12
6T12	3T12	6T12	3T12	6T12
6T12	3T12	6T12	3T12	6T12
6T12	3T12	6T12	3T12	6T12
6T12	3T12	6T12	3T12	6T12
6T12	3T12	6T12	3T12	6T12
6T14	4T14	6T14	4T14	6T14
6T14	4T14	6T14	4T14	6T14
6T16	4T16	6T16	4T16	6T16
6T16	4T16	6T16	4T16	6T16
6T16+2T14	4T16	6T16	4T16	6T16
6T16+2T14	4T16	6T16	4T16	6T16
6T16+2T14	4T16	6T16	4T16	6T16
6T16+2T14	4T16	6T16	4T16	6T16

portique longitudinal.

		6T12		6T12		6T12		6T12
		6T12	6T12	6T12	6T12	6T12	6T12	6T12
		6T12	6T12	6T12	6T12	6T12	6T12	6T12
		8T14		8T14		8T14		8T14
		8T14	4T14	8T14	4T14	8T14	4T14	8T14
		8T16		8T16		8T16		8T16
		8T16	4T16	8T16	4T16	8T16	4T16	8T16
		8T16		8T16		8T16		8T16
		8T16	4T16	8T16	4T16	8T16	4T16	8T16
		8T16		8T16		8T16		8T16
3T16		8T16		6T16+4T14		6T16+4T14		6T16+2T14
8T16	6T16	8T16	6T16	6T16+4T14	6T16	8T16+4T14	6T16	6T16+2T14
8T16		8T16		6T16+2T14		8T16		6T16+2T14
8T16	6T16	8T16	6T16	6T16+2T14	6T16	8T16	6T16	6T16+2T14

VERIFICATIONS

1) contraintes:

$$\tilde{\omega} = \frac{100A}{bh} \rightarrow E, K \rightarrow \begin{aligned} \sigma_a &= \frac{M}{E \cdot A \cdot R} \\ \sigma_b' &= \frac{\sigma_a}{K} \end{aligned}$$

poutres transversales:

appui	M tm	A cm ²	$\tilde{\omega}$	E	K	σ_a	σ_b'
20	18,25	12,10	0,960	0,8628	21,45	4163	194,05
21	18,38	12,10	0,960	0,8628	21,45	4192	195,42
23	12,55	12,10	0,960	0,8628	21,45	3775	175,90
24	17,06	12,10	0,960	0,8628	21,45	3891	181,87

poutres longitudinales:

Verifiée

appui	N tm	A cm ²	$\tilde{\omega}$	E	K	σ_a	σ_b'
13-14	12,077	12,10	0,858	0,8684	23	2446	106,5
17	22,3	15,18	1,077	0,8571	20	3647	182,35
18-19	11,95	12,10	0,858	0,8684	23	2449	106,5
22	2706	15,18	1,077	0,8571	20	3771	188,55

Verifiée

2) conditions de non fragilité (Art 52 CCBA68)

$$A \geq 0,69 bh \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \quad \text{avec} \quad \begin{aligned} \bar{\sigma}_b &= 8,85 \text{ kg/cm}^2 \text{ SP2} \\ &= 5,9 \text{ kg/cm}^2 \text{ SP1} \end{aligned}$$

poutres	b (cm)	h (cm)	A (SP1) cm ²	A (SP2) cm ²
longit	30	47	1,37	2,05
transv	30	40	1,22	1,83

Verifiée

Verification de la fissuration:

pour des barres d'acier dont le diametre est superieur a 10mm, la contrainte $\bar{\sigma}_s$ (fissuration accidentelle ou non systematique) est inferieure a 2800 kg/cm^2 .
 Alors pour qu'il n'y ait pas risque de fissuration il faut que $\bar{\sigma}_s$ soit superieur a $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$.
 $\bar{\sigma}_s \Rightarrow$ pour les fissurations systematiques.

$$\bar{\sigma}_s = \frac{k\eta}{\phi} \frac{\bar{\omega}f}{1+10\bar{\omega}f} \geq \bar{\sigma}_a \rightarrow \bar{\omega}f \geq \frac{\phi \bar{\sigma}_a}{k\eta - 10\phi \bar{\sigma}_a} = \bar{\omega}f_0$$

avec $A_0 = B_f \bar{\omega}f_0$ et $B_f = e.b.d$.

A_0 represente la section minimale pour qu'il n'y ait pas de fissuration:

$\phi = 12 \text{ mm}$
 $\phi = 14 \text{ mm}$
 $\phi = 16 \text{ mm}$

$A_0 = 4,78 \text{ cm}^2$
 $A_0 = 5,84 \text{ cm}^2$
 $A_0 = 7,00 \text{ cm}^2$

Verifiee
 Verifiee
 Verifiee

donc pour toutes les poutres il n'y a pas risque de fissuration.

Verification de la fleche: Art 61 CCBA 68.

si les 3 conditions suivantes sont verifiees on peut se dispenser de donner une justification de la fleche:

1) $\frac{h_e}{P} \geq \frac{\eta t}{10M_0}$ 2) $\frac{A}{bh} \leq \frac{43}{6cm}$ 3) $\frac{h_e}{f} \geq \frac{1}{16}$

poutre	h_e (cm)	f (cm)	b (cm)	A_{trav}^{max} (cm)	$\frac{h_e}{f}$	$\frac{\eta t}{10M_0}$	$\frac{A}{bh}$	
longit	50	610	30	16,06	0,082	0,08	0,0086	Verifiee
trans	45	320	30	8,04	0,1406	0,08	0,0064	Verifiee

condition de non ecrasement du beton. (Art 30.62 CCBA 68)

on doit verifier que: $r \geq 0,1 \phi \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_{b0}} \left(1 + \frac{\phi}{4}\right) v$.

$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$
 $\bar{\sigma}_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$
 $\phi_{max} = 16 \text{ mm}$

si $v=1$ cas ou la barre courbee est isolee ou fait partie d'un ensemble de barres courbees en un seul lit:

$r \geq 2,15 \text{ cm}$ et $r \geq$

Verification des armatures inferieures: (art 35.32. CCA68)

aux appuis, la section des armatures inferieures doit satisfaire l'inegalite suivante:

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{3}$$

M : moment dans la section d'appui pris avec son signe.

Dans tous les cas cette condition est verifiee.

poutre	niv	T [k]	A (cm ²)	M _a (tm)	$\xi = \frac{f}{8} h$	$T + \frac{M}{8}$ Kg	$A \bar{\sigma}_a$ Kg	$A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{8}$
Transversales	T	2,48	5,65	-2,607	36,75	-461388	23730	verifiee
	VII	3,75	5,65	-4,73	36,75	-9121	23730	"
	VI	5,11	6,78	-7,44	36,75	-15135	28476	"
	V	6,79	6,78	-10,07	36,75	-20612	24476	"
	IV	9,05	9,23	-14,11	36,75	-29338	38766	"
	III	11,17	12,06	-17,65	36,75	-36854	50652	"
	II	13,35	15,14	-20,79	36,75	-43219	63588	"
	I	12,92	15,14	-21,37	36,75	-45227	63588	"
longitudinales	T	8,46	6,78	-5,88	41,13	-5836,1	28476	"
	VII	9,72	6,78	-10,13	41,13	-14907	28476	"
	VI	14,10	12,31	-14,10	41,13	-20173	51702	"
	V	17,91	16,08	-18,17	41,13	-26024	67536	"
	IV	20,77	16,08	-20,93	41,13	-30178	67536	"
	III	21,34	16,08	-21,83	41,13	-31736	67536	"
	II	24,07	16,08	-8,76	41,13	-2772	50652	"
	I	21,69	12,06	-13,046	41,13	-1008	50652	"

conditions d'appuis:

$$C = a + (d + 5\phi)$$

$$5\phi = \lambda$$

$$\bar{\sigma}'_{b0} = 67,5 \text{ bar} = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

$$C \geq C_0 = \frac{2T}{b \bar{\sigma}'_{b0}}$$

pointe	niveau	T_{spe}^{max}	b (cm)	C_0 (cm)	ϕ (cm)	λ (cm)	a	C
Transversales	T	2,48	30	1,60	1,2	6	40	26
	VII	3,75	30	2,42	1,2	6	40	26
	VI	5,11	30	3,29	1,2	6	40	26
	V	6,79	30	4,37	1,2	6	40	26
	IV	9,05	30	5,83	1,4	7	40	25
	III	11,17	30	7,20	1,6	8	40	24
	II	13,35	30	8,60	1,6	8	40	24
	I	12,12	30	8,32	1,6	8	40	24
longitudinales	T	8,46	30	5,45	1,2	6	50	26
	VII	9,72	30	6,26	1,2	6	50	26
	VI	14,10	30	9,09	1,4	7	50	25
	V	17,91	30	11,54	1,6	8	50	24
	IV	20,71	30	13,34	1,6	8	50	24
	III	22,34	30	14,39	1,6	8	50	24
	II	24,07	30	15,50	1,6	8	50	24
	I	24,69	30	13,97	1,6	8	50	24

Verifiée

Armatures transversales

on determine les armatures transversales pour l'effort d'appui maximum, on determine la contrainte de cisaillement maximum.

$$\tau_{b,max} = \frac{T_{max}}{bg} \quad \text{avec } b = 30 \quad g = \frac{7}{8} h$$

on verifie $\tau_{b,max} \leq 3,5 \bar{\sigma}_b$ si $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b0}$
 $\tau_{b,max} \leq (4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}})$ si $\bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b < 2\bar{\sigma}'_{b0}$

	niv	T_{max} (H)	σ'_b <small>kg/cm²</small>	$\tau_{b,max}$	$\bar{\tau}_b$
Trans versat.	T	4,32	38,88	3,98	29,65
	VII	4,42	52,83	4,01	29,65
	VI	4,41	65,11	4,00	29,65
	V	4,41	78,65	4,00	19,82
	IV	4,41	78,65	4,00	19,82
	III	4,41	100,0	4,00	18,00
	II	4,41	129,63	4,00	15,47
	I	4,41	123,74	4,00	16,14
Longitudinal	T	12,81	43,41	10,31	20,65
	VII	12,96	78,21	10,51	19,86
	VI	12,96	109,81	10,51	17,16
	V	12,96	123,35	10,51	16,00
	IV	12,96	126,13	10,51	15,76
	III	12,96	145,08	10,51	14,14
	II	21,19	94,21	17,17	18,49
	I	19,04	125,84	10,51	15,79

pour les poutres transversales et longitudinales on choisit un cadre + 2 étriers ϕ_{10} $A_t = 4,71 \text{ cm}^2$

la quantité d'armature transversale est donnée par :

$$A_t = 0,003 \cdot s' \cdot b_1 \quad (\text{RPA81}) \quad \text{avec} \quad s' \leq \frac{h_t}{4}$$

$h_t = \text{hauteur totale de la poutre:}$

Dans notre cas :

Longitudinalement :

$$h_t = 50 \text{ cm} \rightarrow s' \leq 25 \text{ cm} \quad \text{on adopte} \quad s' = 20 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm} \rightarrow A_t \geq 0,003 \cdot 20 \cdot 30 = 1,8 \text{ cm}^2 \quad \text{Vérifiée}$$

Transversalement :

$$h_t = 45 \text{ cm} \rightarrow s' \leq 22,5 \text{ cm} \quad \text{on prend} \quad s' = 20 \text{ cm}$$

$$b = 30 \text{ cm} \rightarrow A_t \geq 1,8 \text{ cm}^2 \quad \text{Vérifiée}$$

donc on fait un cadre + étriers ϕ_{10} $A = 4,71 \text{ cm}^2$
 $f_{en} = 24000 \text{ kg/cm}^2$

Espacement :

Dans la zone nodale : $s' \leq \min\left(\frac{h_t}{4}, 12\phi, 30 \text{ cm}\right)$

on prend $s' = 10 \text{ cm}$

En dehors de la zone nodale : $s' = 20 \text{ cm}$.

Ferraillage des poteaux

chaque poteau est soumis à un effort normal et des moments fléchissants en tête et à la base et ceci dans les deux sens les poteaux seront calculés en flexion composée sous la sollicitation du 1^{er} Genre, et la plus défavorable des sollicitations du 2^{ème} Genre. Les poteaux seront armés avec la plus grande section pour les sollicitations du 2^{ème} Genre on a:
 $(N^{\max}, M^{\text{corr}})$ et $(M^{\max}, N^{\text{corr}})$ pour le calcul du béton comprimé, et éventuellement pour les armatures comprimées.
 $(N^{\min}, M^{\text{corr}})$ pour le calcul des armatures tendues.

Méthode de calcul

Deux cas peuvent se présenter: - Section entièrement comprimée
 - Section partiellement comprimée

la contrainte admissible de compression du béton est donnée par:

$$\bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b_0} \quad \text{si } e_0 > \frac{h_t}{2} \quad e_0 = \frac{M}{N}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) \bar{\sigma}'_{b_0} \quad \text{si } e_0 < \frac{h_t}{2} \quad e_1 = \frac{h_t}{6}$$

si $e_0 > e_1 \Rightarrow$ Section partiellement comprimée (SPC)

si $e_0 \leq e_1 \Rightarrow$ Section entièrement comprimée (SEC)

si $e_0 = 0 \Rightarrow$ Compression simple (CS)

1) Section entièrement comprimée ($e_0 \leq e_1$)

la section est armée symétriquement:

$$S', \rho, \beta, C, D, E, \bar{\omega} \text{ définis par Pierre Charon} \Rightarrow A = A' = \bar{\omega} \frac{b h_t}{100}$$

2) Section partiellement comprimée ($e_0 > e_1$)

l'effort normal de compression est appliqué en dehors du noyau central de la section homogène

on considère un moment fictif $M_f = M + N \left(\frac{h_t}{2} - d\right)$

$$C_f = N e_a \quad e_a = \text{distance du centre de pression aux armatures tendues.}$$

on calcule notre section en flexion simple sous M_f .

deux cas peuvent se présenter:

$$\text{si } \bar{\sigma}'_b \leq \bar{\sigma}'_{b_0} \quad A' = 0 \quad A = A_1 - \frac{N}{\sigma_a} \quad A_1 \geq FS(M_f)$$

$$\text{si } \bar{\sigma}'_b > \bar{\sigma}'_{b_0} \quad A' \neq 0 \quad \frac{A'}{f_c} = \frac{A_1}{f_s} \quad A = A_1 - \frac{N}{\sigma_a}$$

pourcentage minimum d'armatures Δ (Art 3.2.2 et 5.3.23 CBA 68)

$$\omega_p = \frac{A_p}{B} \geq \frac{1,25}{1000} \theta_1 \theta_2 \theta_3 \frac{\sigma_m}{\bar{\sigma}'_{b_0}}$$

$$\sigma_m = \text{contrainte moyenne de compression dans le béton} = \frac{N}{B Y_1}$$

($\theta_1, \theta_2, \theta_3$) voir charon.

en compression simple :

$$A_p \geq \frac{1,25}{1000} \theta_1 \theta_2 \theta_3 \frac{N}{\sigma_{b0}}$$

$B =$ section du Béton

$$A_p \geq \frac{1}{15} \left(\frac{N}{\sigma_{b0}} - B \right)$$

$$A_p \leq \frac{B}{20}$$

le RPA81 exige : $A_p \geq \frac{B}{100}$ et $A_p \leq \frac{B}{25}$

Flambement des poteaux :

$l_c =$ longueur de flambement :

$l_c = 0,7l_0$ poteau d'un bâtiment à étage multiple :

Élancement $\lambda = \frac{l_c}{i}$ $i = \sqrt{\frac{I}{A}}$

si $\lambda \leq 35$ calcul en flexion composée sans tenir compte du flambement.

si $35 < \lambda < 50$ le calcul se fera en flexion composée avec une excentricité adimensionnelle $f_{lc} = 0,16(\lambda - 35) \epsilon_s$

pour notre cas : $\lambda = \frac{l_c}{i} = \frac{l_c \sqrt{12}}{a} = 24,3 \leq 35$

Donc on ne tiendra pas compte de l'effet du flambement.

Dans notre cas :

on a :

$$e_1 = \frac{h_c}{6} = 8,34 \text{ cm} \quad \text{partie longitudinale}$$

$$e_2 = \frac{h_c}{6} = 6,67 \text{ cm} \quad \text{partie transversale}$$

- Armatures Longitudinales :

- barres à hautes adhérences.
- les barres verticales doivent être droites sans crochets
- % des barres $> 1\%$ en zone II
 - $< 4\%$ pour $\sigma_{s8} \leq 270 \text{ bars}$
 - $< 5\%$ pour $\sigma_{s8} > 270 \text{ bars}$
- $\phi_{\text{min}} = 14 \text{ mm}$ (Zone II)
- Longueur minimale de recouvrement = 50ϕ
- distance entre les barres verticales ne doit dépasser 25 cm

pour notre cas $A_{\text{min}} = 20 \text{ cm}^2$

$$A_{\text{max}} = 80 \text{ cm}^2 \quad \sigma_{s8} \leq 270 \text{ bars}$$

$$A_{\text{max}} = 100 \text{ cm}^2 \quad \sigma_{s8} > 270 \text{ bars}$$

N^{max}M^{corr}

Sous SP 2

Transversal

longitudinal.

niv	potéau	N ^{max} (t)	M ^{corr} tm	e ₀ cm	E _b kg/cm ²
T	1-4	2,10	2,6	123,8	206,55 SPC
	2-5	2,96	3,19	107,52	206,55 SPC
	3-6	2,34	3,19	136,03	206,55 SPC
VII	4-7	5,47	4,05	141,19	206,55 SPC
	5-8	5,71	5,9	103,33	206,55 SPC
	6-9	4,74	5,6	118,14	206,55 SPC
VI	7-10	10,20	5,28	51,73	206,55 SPC
	8-11	9,00	7,20	19,92	206,55 SPC
	9-12	7,10	7,44	104,7	206,55 SPC
V	10-13	16,61	6,62	39,86	206,55 SPC
	11-14	15,14	10,62	70,54	206,55 SPC
	12-15	9,46	10,25	111,11	206,55 SPC
IV	13-16	23,69	8,86	37,4	206,55 SPC
	14-17	20,36	14,25	69,99	206,55 SPC
	15-18	11,92	14,06	118,95	206,55 SPC
III	16-19	34,48	10,37	30,08	206,55 SPC
	17-20	26,39	17,19	65,14	206,55 SPC
	18-21	14,77	16,51	116,41	206,55 SPC
II	19-22	47,44	10,52	22,18	206,55 SPC
	20-23	32,80	19,89	60,64	206,55 SPC
	21-24	16,53	19,11	115,21	206,55 SPC
I	22-25	59,98	31,4	52,35	206,55 SPC
	23-26	39,74	32,37	81,45	206,55 SPC
	24-27	18,89	31,73	168,24	206,55 SPC

niv	potéau	N ^{max} t	M ^{corr} tm	e ₀ cm	E _b kg/cm ²
T	1-3	7,03	5,88	83,64	206,55 SPC
	2-4	12,65	6,57	51,94	206,55 SPC
VII	3-5	16,24	7,21	44,4	206,55 SPC
	4-6	21,34	10,9	39,85	206,55 SPC
VI	5-7	27,13	8,8	32,43	206,55 SPC
	6-8	47,35	14,26	30,11	206,55 SPC
V	7-9	37,24	10,57	28,38	206,55 SPC
	8-10	69,05	17,56	25,43	206,55 SPC
IV	9-11	53,52	11,98	22,38	195,70 SPC
	10-12	86,22	20,22	23,45	190,79 SPC
III	11-14	67,85	16,64	24,52	204,20 SPC
	12-15	118,12	20,9	17,69	176,05 SPC
II	13-18	11,48	9,78	76,44	206,55 SPC
	14-19	81,36	19,08	23,52	200,08 SPC
	15-20	109,85	22,48	20,47	182,51 SPC
I	16-21	141,8	22,49	15,86	168,50 SPC
	17-22	82,83	13,58	16,40	110,73 SPC
	18-23	21,47	18,29	81,13	206,55 SPC
I	19-24	93,04	20,31	21,83	193,11 SPC
	20-25	104,79	22,71	21,67	192,25 SPC
	21-26	165,5	22,71	13,72	159,68 SPC
	22-27	97,24	18,30	18,82	180,70 SPC

N_{min}M_{corr}

Sous SP 2

transversal

Longitudinal

niv	pot	N _{min} t	M _{corr} tm	e _o cm	\bar{G}_b kg/lot
T	1-4	-0,30	2,607	851,9	206,55 SPC
	2-5	1,44	3,28	227,7	206,55 SPC
	3-6	1,75	1,59	90,9	206,55 SPC
VII	4-7	-1,907	4,059	212,8	206,55 SPC
	5-8	2,42	5,88	242,2	206,55 SPC
	6-9	3,25	5,64	173,4	206,55 SPC
VI	7-10	1,64	4,86	294,7	206,55 SPC
	8-11	3,09	7,19	234,7	206,55 SPC
	9-12	4,12	7,44	157,5	206,55 SPC
V	10-13	1,77	6,24	352,1	206,55 SPC
	11-14	3,16	10,67	337,2	206,55 SPC
	12-15	6,19	10,15	165,5	206,55 SPC
IV	13-16	1,80	8,47	479,5	206,55 SPC
	14-17	3,05	14,23	465,2	206,55 SPC
	15-18	7,66	14,06	183,7	206,55 SPC
III	16-19	1,32	9,98	756,1	206,55 SPC
	17-20	2,48	17,18	691,3	206,55 SPC
	18-21	9,12	16,51	184,0	206,55 SPC
II	19-22	0,13	13,00	2416,5	206,55 SPC
	20-23	1,68	19,87	1191,2	206,55 SPC
	21-24	10,59	19,14	180,7	206,55 SPC
I	22-25	-0,18	31,063	1676,7	206,55 SPC
	23-26	+0,57	31,75	554,7	206,55 SPC
	24-27	12,06	31,73	263,5	206,55 SPC

niv	pot	N _{min} t	M _{corr} tm	e _o cm	\bar{G}_b kg/lot
T	1-3	2,94	5,14	174,09	206,55 SPC
	2-4	6,01	1,42	23,6	206,55 SPC
VII	3-5	4,02	6,50	161,8	206,55 SPC
	4-6	-3,64	9,27	254,6	206,55 SPC
VI	5-7	3,71	8,13	218,8	206,55 SPC
	6-8	1,39	10,64	206,7	206,55 SPC
V	7-9	2,00	9,89	494	206,55 SPC
	8-10	-2,07	15,95	770,5	206,55 SPC
IV	9-11	-0,74	11,31	1522,2	206,55 SPC
	10-12	-1,38	18,94	1370,5	206,55 SPC
III	11-14	-3,91	16,03	410,2	206,55 SPC
	12-15	-7,53	19,62	260,5	206,55 SPC
II	13-18	2,81	18,65	663,2	206,55 SPC
	14-19	11,32	18,65	164,8	206,55 SPC
	15-20	11,51	24,21	184,2	206,55 SPC
I	16-21	11,66	20,87	178,9	206,55 SPC
	17-22	2,99	13,58	453,7	206,55 SPC
	18-23	8,79	18,59	208,1	206,55 SPC
	19-24	24,62	18,04	73,3	206,55 SPC
	20-25	28,21	22,78	80,7	206,55 SPC
	21-26	11,63	22,71	202,1	206,55 SPC
	22-27	0,985	18,30	1858,3	206,55 SPC

N_{conn}M^{max} 79

Sous SP 1

Transversal

Longitudinal

niv	potcau	N _t	M ^{max} tm	e _o cm	\bar{G}' kg/lot
T	1-4	4,79	0,83	11,81	109,49 SPC
	2-5	4,32	0,057	1,31	73,41 SEC
	3-6	4,15	0	0	68,85 CS
VII	4-7	5,59	0,244	4,4	84,17 SEC
	5-8	8,74	0,039	0,44	70,43 SEC
	6-9	8,63	0	0	68,85 CS
VI	7-10	8,39	0,201	2,4	77,18 SEC
	8-11	13,61	0,038	0,28	69,97 SEC
	9-12	11,97	0	0	68,85 CS
V	10-13	11,18	0,201	1,80	74,94 SEC
	11-14	17,57	0,038	0,22	68,60 SEC
	12-15	17,30	0	0	68,85 CS
IV	13-16	13,98	0,201	1,44	73,70 SEC
	14-17	21,98	0,038	0,17	69,33 SEC
	15-18	21,64	0	0	68,85 CS
III	16-19	16,78	0,201	1,2	70,87 SEC
	17-20	26,40	0,038	0,14	69,13 SEC
	18-21	25,98	0	0	68,85 CS
II	19-22	19,58	0,201	1,03	72,29 SEC
	20-23	30,81	0,038	0,12	69,16 SEC
	21-24	39,31	0	0	68,85 CS
I	22-25	22,38	0,201	0,90	71,84 SEC
	23-26	35,23	0,038	0,11	69,13 SEC
	24-27	34,65	0	0	68,85 CS

niv	potcau	N _t	M ^{max} tm	e _o cm	\bar{G}' kg/lot
T	1-3	7,73	2,66	34,41	137,77 SPC
	2-4	10,8	1,115	8,71	91,85 SPC
VII	3-5	16,13	1,77	10,99	99,12 SPC
	4-6	25,78	0,87	3,41	78,12 SEC
VI	5-7	24,55	1,69	6,92	84,76 SEC
	6-8	38,74	0,85	2,2	74,80 SEC
V	7-9	32,96	1,69	5,15	81,90 SEC
	8-10	54,70	0,85	1,65	73,28 SEC
IV	9-11	44,37	1,69	4,11	80,04 SEC
	10-12	64,67	0,85	1,32	71,38 SEC
III	11-14	49,79	1,69	3,41	78,12 SEC
	12-15	77,63	0,85	1,10	71,77 SEC
II	13-18	11,11	6,37	57,40	137,77 SPC
	14-19	70,97	1,53	2,16	74,69 SEC
	15-20	88,57	0,85	0,96	71,39 SEC
I	16-21	87,56	0,85	0,96	71,39 SEC
	17-22	58,19	1,69	2,92	76,77 SEC
	18-23	24,36	1,43	5,87	84,88 SEC
I	19-24	90,06	1,12	1,25	70,18 SEC
	20-25	99,76	0,85	0,86	71,11 SEC
	21-26	100,56	0,85	0,85	71,11 SEC
	22-27	66,61	1,69	2,5	75,62 SEC

Section partiellement comprimée sous SP2

N_{max} → M_{corr}

transversal.

div	pot	M _{km}	N _t	M _t km	Y	E	K	G _b K _{red}	G _b m _{red}	A _{cm²}	A _{cm²}
I	1-4	2,6	2,1	2,95	0,0184	0,9451	76	58,26	206,55		1,51
	2-5	3,19	2,92	3,69	0,0193	0,9390	67	62,69	206,55		1,82
	3-6	3,19	2,34	3,58	0,0187	0,9398	68	61,76	206,55		1,89
II	4-7	4,58	5,47	5,34	0,0219	0,9225	54	77,78	206,55		2,4
	5-8	5,90	5,71	6,87	0,0358	0,9191	46,8	89,74	206,55		3,45
	6-9	5,6	4,74	6,40	0,0334	0,9216	48,8	86,07	206,55		3,34
III	7-10	5,28	10,20	7,01	0,0366	0,9183	46,2	90,91	206,55		2,48
	8-11	7,20	9,01	8,73	0,0455	0,9101	40,6	103,45	206,55		4,03
	9-12	7,44	7,106	8,65	0,0451	0,9104	40,8	102,94	206,55		4,42
IV	10-13	6,62	16,61	9,44	0,0493	0,9067	38,6	108,81	206,55		2,74
	11-14	10,68	15,14	13,25	0,0692	0,8922	31,4	133,76	206,55		5,95
	12-15	10,25	9,46	11,95	0,0619	0,8971	33,6	125	206,55		6,25
V	13-16	8,86	23,69	12,89	0,0672	0,8934	31,9	131,66	206,55		3,64
	14-17	14,25	20,36	11,21	0,0924	0,8783	26,1	160,92	206,55		8,13
	15-18	14,06	11,82	16,06	0,0838	0,8832	27,8	159,08	206,55		8,89
VI	16-19	10,37	34,48	16,23	0,0847	0,8826	27,6	152,17	206,55		3,62
	17-20	17,19	26,39	21,67	0,1131	0,8681	22,9	183,41	206,55		9,78
	18-21	16,51	14,11	18,91	0,0997	0,8750	25	168,0	206,55		10,53
VII	19-22	10,52	47,44	18,58	0,097	0,8759	25,3	166,01	206,55		2,35
	20-23	18,89	32,80	24,46	0,1277	0,8615	21,1	199,05	206,55		10,46
	21-24	19,11	16,53	21,92	0,144	0,8674	22,7	185,05	206,55		12,33
VIII	22-25	31,4	59,98	41,59	0,2170	0,8311	14,6	287,7	206,55	16,56	16,11
	23-26	32,37	34,74	39,16	0,2041	0,8350	15,3	274,5	206,55	13,97	19,20
	24-27	31,73	18,89	34,94	0,1813	0,8413	16,5	254,55	206,55	9,59	24,88

$N^{max} \rightarrow M^{corr}$

Longitudinal

IV	pot	M_{km}	N_t	M_f_{km}	γ	ϵ	κ	\bar{G}_b	\bar{G}_b	A'_{cm^2}	A_{cm^2}
T	1-3	5,88	7,03	7,42	0,0300	0,954	52	80,77	206,55	/	2,27
	2-4	6,57	12,65	9,35	0,0378	0,9172	45,4	92,51	206,55	/	2,15
III	3-5	7,27	16,24	10,78	0,0436	0,9178	41,6	100,96	206,55	/	2,12
	4-6	10,9	27,35	16,91	0,0684	0,8924	31,6	132,91	206,55	/	3,08
VI	5-7	8,8	27,13	14,76	0,0597	0,8988	34,4	122,09	206,55	/	1,86
	6-8	14,26	47,35	24,67	0,0997	0,8744	24,8	169,35	206,55	/	3,02
V	7-9	10,57	37,24	18,76	0,0758	0,8879	29,6	141,89	206,55	/	1,84
	8-10	17,56	69,05	32,75	0,1324	0,8596	20,6	203,88	206,55	/	2,86
IV	9-11	11,98	53,52	27,75	0,0960	0,8162	25,4	165,35	195,7	/	0,99
	10-12	20,22	86,22	39,18	0,1584	0,8494	18,2	239,77	199,79	6,73	2,17
III	11-4	16,64	67,85	31,56	0,1276	0,8615	21,1	199,05	204,2	/	2,40
	12-15	20,9	118,12	46,88	0,1895	0,8392	16,1	260,87	176,05	19,45	<0
I	13-18	8,78	11,48	11,3	0,0457	0,9098	40,4	103,96	206,55	/	3,56
	14-18	19,08	81,13	36,92	0,1493	0,8529	19	221,05	200,08	4,65	2,16
	15-20	22,49	109,8	46,65	0,1886	0,8392	16,1	260,87	187,51	17,17	0,34
	16-21	22,49	141,8	53,6	0,2170	0,8392	14,6	288,96	168,50	27,35	<0
	17-22	13,58	82,83	31,8	0,1285	0,8611	21	200,05	170,73	7,29	<0
II	18-23	18,24	22,47	23,23	0,0939	0,8774	25,8	162,79	206,55	/	8,06
	19-24	20,31	93,04	40,77	0,1648	0,8471	17,7	237,29	193,11	9,90	1,24
	20-25	22,71	104,79	45,74	0,1849	0,8403	16,3	257,67	192,45	14,74	1,15
	21-26	24,71	165,5	59,12	0,2390	0,8252	13,6	308,82	159,68	34,36	<0
	22-27	18,31	97,24	39,69	0,1604	0,8489	18,1	232,04	180,70	12,47	<0

$N^{min} \rightarrow M^{corr}$

transversal

niv	Pol	M_{tm}	N_t	M_{tm}	γ	ϵ	K	$\bar{G}_{k,kl}$	$\bar{G}_{k,kl}$	A'_{cm}	A_{cm}
T	1-3	2,6	-0,30	2,54	0,0133	0,9487	82,5	50,91	206,55		14,3
	2-4	3,28	1,44	3,52	0,0184	0,9405	69	60,87	206,55		1,55
	3-5	1,59	1,75	1,88	0,0098	0,9556	97,5	43,08	206,55		0,58
III	4-6	4,05	-1,90	3,73	0,0195	0,9387	66,5	63,16	206,55		2,47
	5-7	5,88	2,43	6,29	0,0324	0,9226	49,6	84,68	206,55		2,88
	6-8	5,68	3,25	6,20	0,0324	0,9226	49,6	84,68	206,55		2,63
II	7-9	4,86	1,64	5,14	0,0268	0,9291	55,5	75,68	206,55		2,41
	8-10	7,19	3,09	7,71	0,0403	0,9147	43,6	96,33	206,55		3,53
	9-11	7,44	4,72	8,24	0,0430	0,9123	42	100,0	206,55		3,45
V	10-12	6,24	1,77	6,54	0,0341	0,9209	48,2	87,14	206,55		3,18
	11-13	10,67	3,16	11,20	0,0585	0,8996	34,8	120,69	206,55		5,55
	12-14	10,25	6,19	11,3	0,0590	0,8992	34,6	121,39	206,55		4,89
IV	13-15	8,47	1,80	8,77	0,0459	0,9098	40,4	103,96	206,55		4,45
	14-16	14,23	3,09	14,75	0,0770	0,8871	29,3	143,34	206,55		7,69
	15-17	14,06	7,66	15,36	0,0802	0,8853	28,6	146,85	206,55		6,97
III	16-18	9,98	1,32	10,20	0,0532	0,9038	37	113,51	206,55		5,4
	17-19	17,18	2,48	17,60	0,0918	0,8786	26,2	160,31	206,55		9,60
	18-20	16,51	9,168	18,12	0,0946	0,8771	25,7	163,42	206,55		8,29
II	19-21	13,00	0,54	13,09	0,0683	0,8927	31,6	132,91	206,55		7,30
	20-22	19,87	1,68	20,15	0,1052	0,8718	24	175,0	206,55		11,31
	21-23	19,14	10,59	20,94	0,1093	0,8698	23,4	179,49	206,55		9,67
I	22-24	31,23	-0,185	31,19	0,1628	0,8480	17,9	234,64	206,55	0,185	23,4
	23-25	31,75	0,57	31,84	0,1662	0,8466	17,6	238,64	206,55	0,031	23,7
	24-26	31,75	11,06	33,8	0,1764	0,8433	16,9	248,52	206,55	0,097	22,4

$N_{min} \rightarrow M_{corr}$

Longitudinal.

liv	pot	M_{tm}	H_E	M_{tm}	y	E	κ	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	A' cm ²	A cm ²
T	1-3	5,14	2,94	5,78	0,0234	0,9334	60	70	206,55		2,44
	2-4	1,42	6,04	2,74	0,0111	0,9445	75	56	206,55		0,03
VII	3-5	6,50	4,02	7,39	0,0299	0,9254	52	80,77	206,55		3,09
	4-6	9,27	-3,64	8,46	0,0342	0,9206	48	87,55	206,55		5,52
VI	5-7	8,13	3,71	8,94	0,0362	0,9188	46,6	90,13	206,55		4,04
	6-8	12,64	1,39	12,94	0,0523	0,9042	37,2	112,9	206,55		6,92
V	7-9	9,89	2,00	10,33	0,0418	0,9135	42,8	98,13	206,55		5,25
	8-10	15,95	-2,07	15,49	0,0626	0,8967	33,4	126,75	206,55		9,24
IV	9-11	11,31	-0,74	11,14	0,0451	0,9104	40,8	102,94	206,55		6,38
	10-12	18,94	-1,38	18,63	0,0753	0,8881	29,7	141,41	206,55		10,96
III	11-14	16,038	-3,91	15,22	0,0615	0,8973	33,7	124,63	206,55		9,52
	12-15	19,62	-7,53	17,96	0,0726	0,8899	30,4	138,16	206,55		12,02
II	13-18	18,65	-2,912	19,26	0,0779	0,8866	29,1	144,33	206,55		10,34
	14-19	18,65	11,32	21,14	0,0854	0,8821	27,4	153,28	206,55		9,45
	15-20	21,21	11,51	23,74	0,0960	0,8765	25,5	164,71	206,55		10,98
	16-21	20,87	11,66	23,43	0,0947	0,8771	25,7	163,71	206,55		10,75
	17-22	13,58	2,99	14,23	0,0575	0,9004	35,2	119,32	206,55		7,29
I	18-23	18,29	8,79	20,22	0,0817	0,8843	28,2	142,94	206,55		9,48
	19-24	18,04	24,62	23,45	0,0948	0,8771	25,7	163,42	206,55		7,68
	20-25	22,78	28,21	28,98	0,1172	0,8660	22,3	188,34	206,55		10,24
	21-26	22,71	11,23	25,78	0,1018	0,8734	24,5	171,43	206,55		11,93
	22-27	13,30	0,985	13,52	0,0546	0,9027	36,4	115,38	206,55		7,35

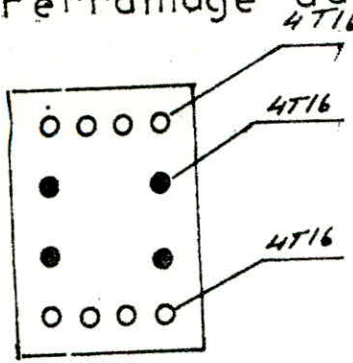
Tableau donnant le ferrailage adopté
transversal

niv	potenti	A_{col} cm ²	A_{col} cm ²	A'_{adopt}	A_{adopt}
T	1-4	0	1,54	4T16	4T16
	2-5	0	1,82	4T16	4T16
	3-6	0,33	1,89	4T16	4T16
VII	4-7	0	2,47	4T16	4T16
	5-8	0	3,45	4T16	4T16
	6-9	0,67	3,34	4T16	4T16
VI	7-10	0	2,48	4T16	4T16
	8-11	0	4,03	4T16	4T16
	9-12	1,015	4,42	4T16	4T16
V	10-13	0	3,18	4T16	4T16
	11-14	0	5,95	4T16	4T16
	12-15	1,35	6,25	4T16	4T16
IV	13-16	0	4,45	3T20	3T20
	14-17	0	8,13	3T20	3T20
	15-18	1,69	8,89	3T20	3T20
III	16-19	0	5,4	5T20	5T20
	17-20	0	9,78	5T20	5T20
	18-21	4,03	10,53	5T20	5T20
II	19-22	0	7,3	5T20	5T20
	20-23	0	11,31	5T20	5T20
	21-24	2,37	13,33	5T20	5T20
I	22-25	16,56	18,68	7T20	7T20
	23-26	13,97	19,20	7T20	7T20
	24-27	9,59	24,88	7T20	7T20

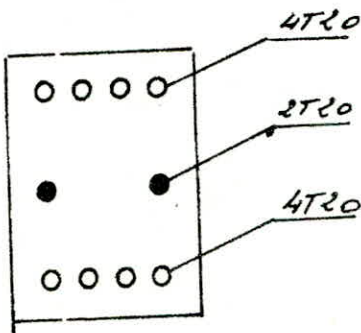
Longitudinal

niv	potenti	A_{col} cm ²	A_{col} cm ²	A'_{adopt}	A_{adopt}
T	1-3	0	2,44	4T16	4T16
	2-4	0	2,15	4T16	4T16
VII	3-5	0	3,09	4T16	4T16
	4-6	0	5,52	4T16	4T16
VI	5-7	0	4,04	4T16	4T16
	6-8	0	6,92	4T16	4T16
V	7-9	0	5,25	4T16	4T16
	8-10	0	9,24	4T16	4T16
IV	9-11	0	6,38	4T20	4T20
	10-12	6,73	10,96	4T20	4T20
III	11-14	0	9,52	8T20	8T20
	12-15	2,47	12,02	8T20	8T20
II	13-18	0	10,34	8T20	8T20
	14-19	4,65	9,45	8T20	8T20
	15-20	17,17	10,98	8T20	8T20
I	16-21	31,61	10,75	12T20	12T20
	17-22	7,29	7,29	8T20	8T20
	18-23	0	9,48	8T20	8T20
I	19-24	9,90	7,68	8T20	8T20
	20-25	14,74	10,24	8T20	8T20
	21-26	4,214	11,93	14T20	14T20
	22-27	14,47	7,35	8T20	8T20

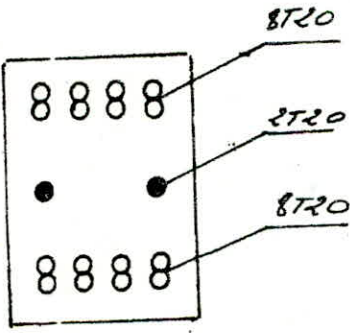
Ferrailage adopté



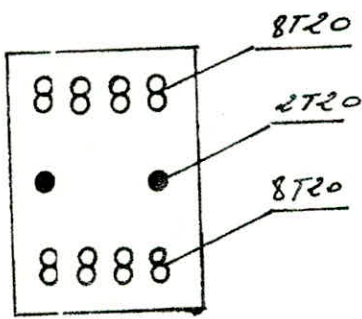
niveau: T, III, IV, V



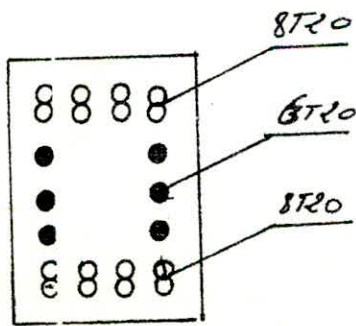
niveau IV



niv III

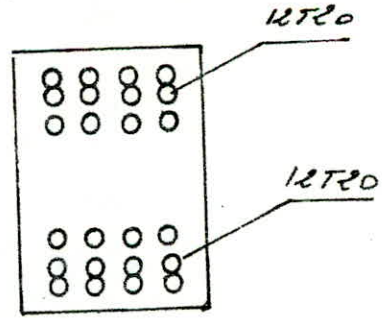


niveau II

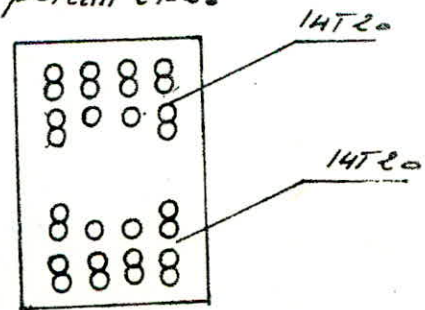


niveau I

potéau 16-20



potéau 21-26



Armatures transversales

le rôle des armatures transversales est de :

- positionner les armatures longitudinales
- s'opposer au flambement des armatures longitudinales ce qui pourrait provoquer l'éclatement du béton

les armatures transversales seront prises perpendiculaires aux armatures longitudinales.

le RPA 81 (art 4.3.12) exige un pourcentage minimum en zone II de :

$$A_t = 0,4 \% \cdot t \cdot b$$

t = espacement des armatures transversales.

b = largeur du poteau dans le sens considéré

les armatures transversales utilisées sont des cadres et étriers fermés.

on disposera dans chaque section des cadres et des étriers pour lesquels on calculera les espacements qu'on comparera à l'espacement admissible. et on optera pour un espacement :

Espacement admissible RPA 81.

$$\bar{t} \leq \min(10\phi_L, 15\text{ cm}) \text{ zone nodale.}$$

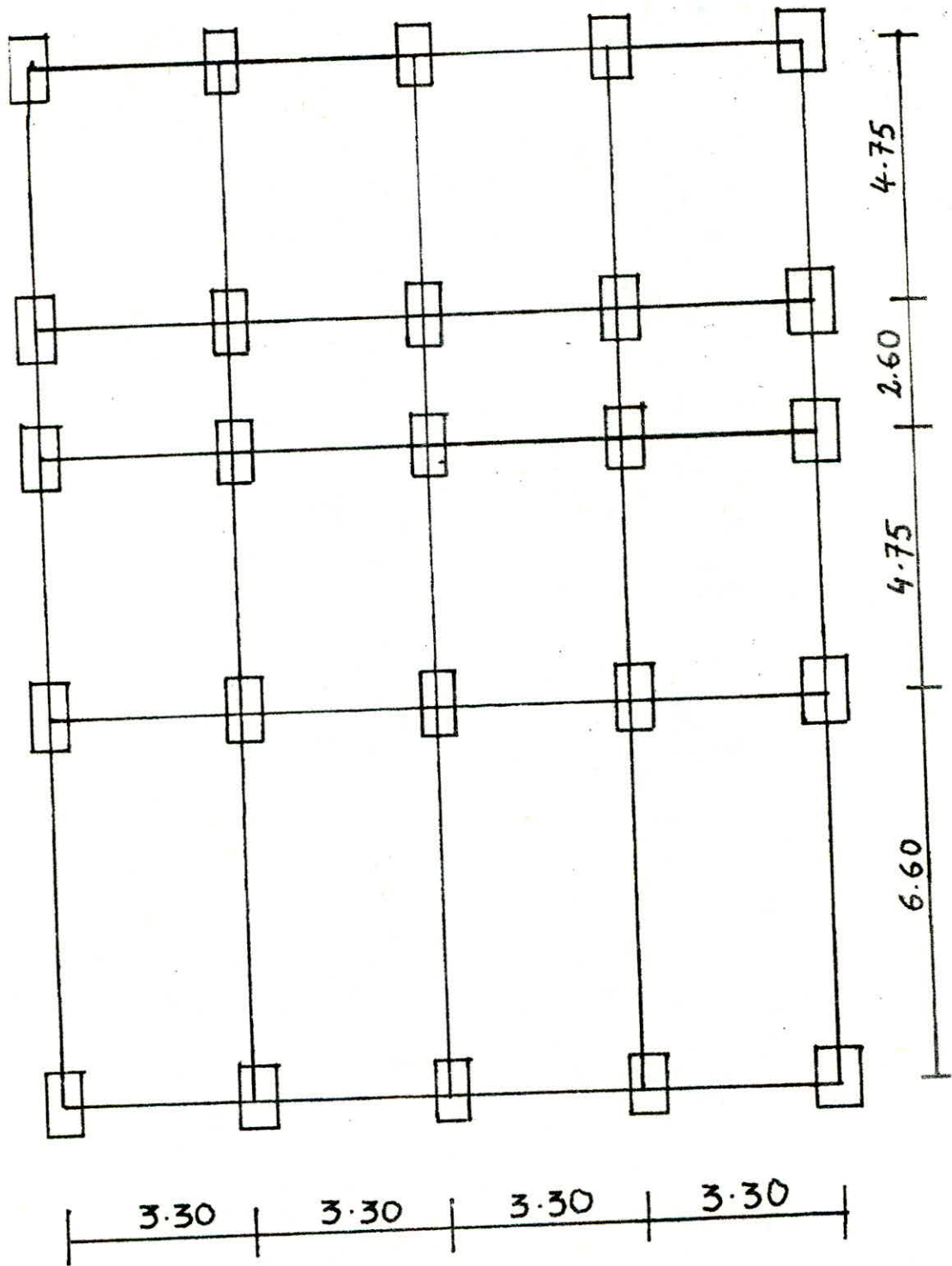
$$\bar{t} \leq 12\phi_L \text{ zone courante.}$$

l'écartement t de calcul est donné par $\frac{A_t}{t} = \frac{1,25T}{h_i \cdot b_{en}}$

T = ex effort tranchant de calcul RPA 81 art 4.2.1

niv	\bar{t} (t)	A_t cm ²	cadre + étriers.	t cm	z courante t adopté	z nodale t adopté	$d_{st} = 50 \phi$ cm
I	4,7	3,01	1 cadre 2 étriers T8	196	15	15	80
II	9,18	3,01	"	57,3	15	15	80
III	13,04	3,01	"	40,1	15	15	80
IV	16,24	3,01	"	32,4	15	15	80
V	18,8	3,01	"	28	20	15	100
VI	20,08	3,01	"	27	20	15	100
VII	21,68	3,01	"	25	20	15	100
VIII	28,41	3,01	"	28,5	20	15	100

VUE EN PLAN



PREDIMENSIONNEMENT POUTRES & POTEAUX

Predimensionnement des poutres

Poutres Longitudinales:

$$L = 6.60 \text{ m} \quad \frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10} \Rightarrow 44 \leq h_t \leq 66$$

$$h_t = 50 \text{ cm}$$

$$0.3 h_t \leq b \leq 0.7 h_t \Rightarrow 15 \leq b \leq 35$$

soit

$$\boxed{h_t = 50 \text{ cm} \quad b = 30 \text{ cm}}$$

Poutres transversales:

$$L = 3.30 \text{ m}$$

soit

$$\boxed{h_t = 35 \text{ cm} \quad b = 25 \text{ cm}}$$

Predimensionnement des poteaux

Ce predimensionnement se fera conformément à la règle préconisée par le RPA 81.

$$A = b_1 \times b_2 \geq k \frac{N'}{\sigma_{28}}$$

charges permanentes:

Terrasse : plancher : $0.706 \times 15.298 = 10.800^t$

Poutres : $2.15 \left[0.15 \times 0.3 \times \frac{6+4.75}{2} + 0.36 \times 0.25 (3.3 - 0.4) \right] = 2.763^t$

Etage courant : Plancher : $0.555 \times 15.298 = 8.490^t$

Poutres :

$$2.763^t$$

$$G = 11.253^t$$

$$G = 13.563^t$$

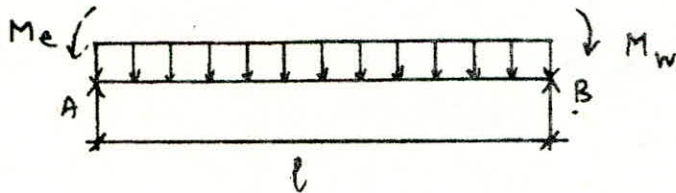
Le calcul nous a donné des poteaux

$$\boxed{40 \times 60}$$

Calcul des efforts Sous les charges verticales

La méthode de calcul est celle de M^e CARUOT,
exposée en Annexe A du CCBA 68.

Efforts tranchants dans les poutres



$$\sum M^e/B = 0 \Rightarrow R_A = q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$

$$\text{d'où pour } x = l \quad T = \frac{M_e - M_w}{l} - q \frac{l}{2}$$

$$x = 0 \quad T = \frac{M_e - M_w}{l} + q \frac{l}{2}$$

Efforts normaux dans les poteaux

les réactions aux appuis (i-1) et (i) donnant les efforts de compression dans les poteaux :

$$N_{i-1} = T_{(i-1)e} - T_{(i-1)w}$$

$$N_i = T_{ie} - T_{iw}$$

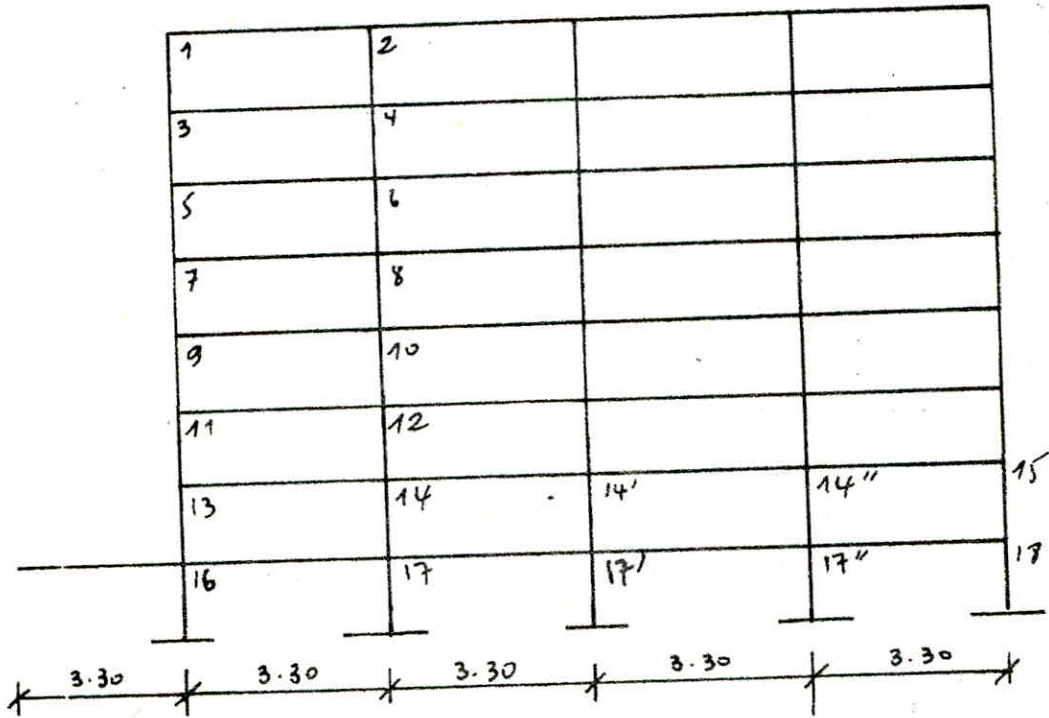
les efforts tranchants sont pris en valeurs

algébriques : $N > 0$: Compression

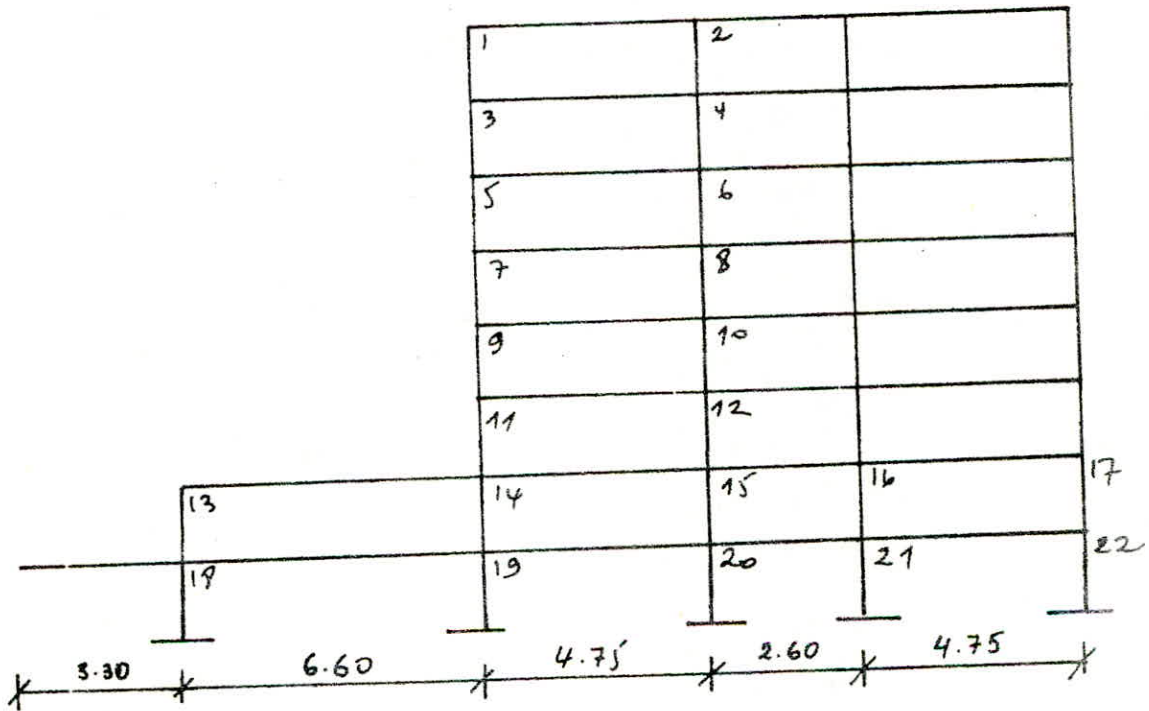
$N < 0$: Traction

Schemas des portiques

Transversal



Longitudinal



Trans: SOUS G

Moments aux appuis											Efforts tranchants			
Niv	Noeud	L'e (m)	L'w (m)	q _e q _w t/m ²	M'e t.m	M'w t.m	M _e t.m	M _w t.m	M _n t.m	M _s t.m	Travée	q t/m ²	T _{x=0}	T _{x=l}
T	1	2,32	—	0,678	0,429	—	0,315	—	0	0,315	1-2	0,678	1,15	-1,09
	2	2,32	2,32	0,678	0,429	0,429	0,429	0,429	0	0	2-2'	0,678	1,12	-1,12
VII	3	2,32	—	0,58	0,367	—	0,308	—	0,163	0,145	3-4	0,58	0,98	-0,94
	4	2,32	2,32	0,58	0,367	0,367	0,367	0,367	0	0	4-4'	0,58	0,96	-0,96
VI V	5 7	2,32	—	0,58	0,367	—	0,311	—	0,156	0,156	5-6	0,58	0,97	-0,94
	6 8	2,32	2,32	0,58	0,367	0,367	0,367	0,367	0	0	13-14	0,58	0,97	-0,94
II	13, 15	2,32	—	0,58	0,367	—	0,311	—	0,156	0,156	-16	0,456	0	4,70
	14, 14'	2,32	2,32	0,58	0,367	0,367	0,367	0,367	0	0	14-15	0,58	0,93	-0,99
I	16	2,32	2,48	0,58	0,367	0,328	1,528	—	-2,713	-2,713	16-17	0,58	0,13	-1,78
	17	2,32	2,32	0,58	0,367	-0,203	0,292	0,127	0,209	0,209	17-17'	0,58	0,99	-0,92
	17', 17''	2,32	2,32	0,58	0,367	0,307	0,367	0,367	0	0	17'-17''	0,58	0,96	-0,96
	18	—	2,32	0,58	—	0,367	—	0,311	0,156	0,156	17''-18	0,58	0,90	-1,01

SOUS P

Moments aux appuis											Efforts Tranchants			
Niv	Noeud	L'e (m)	L'w (m)	q _e q _w t/m ²	M'e t.m	M'w t.m	M _e t.m	M _w t.m	M _n t.m	M _s t.m	Travée	q t/m ²	T _{x=0}	T _{x=l}
T	1	2,32	—	0,065	0,04	—	0,035	—	0	0,035	1-2	0,065	0,08	-0,11
	2	2,32	2,32	0,065	0,04	0,04	0,041	0,041	0	0	2-2'	0,065	0,09	-0,09
VII	3	2,32	—	0,163	0,103	—	0,094	—	0,044	0,05	3-4	0,163	0,201	-0,27
	4	2,32	2,32	0,163	0,103	0,10	0,103	0,103	0	0	4-4'	0,163	0,24	-0,24
VI V	5 7	2,32	—	0,163	0,103	—	0,095	—	0,047	0,047	5-6	0,163	0,20	-0,27
	6 8	2,32	2,32	0,163	0,103	0,10	0,103	0,103	0	0	13-14	0,163	0,20	-0,27
II	13, 15	2,32	—	0,163	0,103	—	0,095	—	0,047	0,047	-16	0,919	0	2,51
	14, 14'	2,32	2,32	0,163	0,103	0,10	0,103	0,103	0	0	14-15	0,163	0,24	-0,24
I	16	2,32	2,48	0,163	0,103	4,136	0,499	—	-1,848	-1,848	16-17	0,163	1,63	1,16
	17	2,32	2,32	0,163	0,103	-0,05	0,092	-0,035	0,063	0,063	17-17'	0,163	0,19	-0,28
	17', 17''	2,32	2,32	0,163	0,103	0,103	0,103	0,103	0	0	17'-17''	0,163	0,24	-0,24
	18	—	2,32	0,163	—	0,103	—	0,094	0,047	0,047	17''-18	0,163	0,17	-0,17

Long:

Sous G

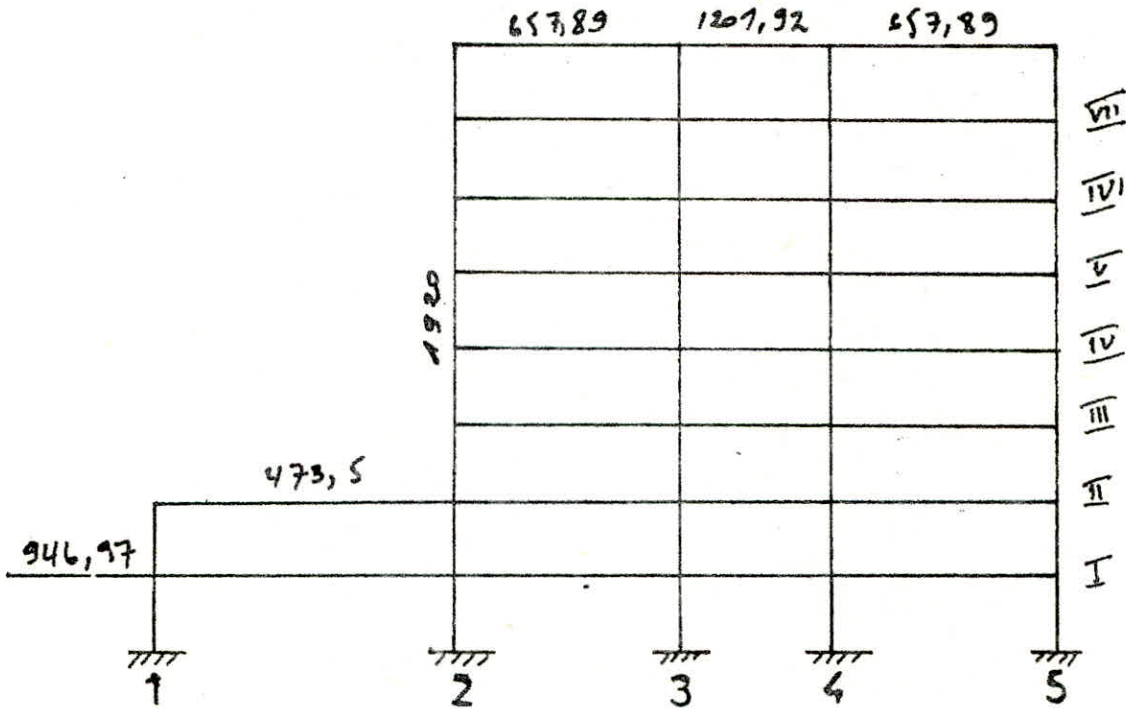
Moments aux appuis											Efforts tranchants				
Niv	Noeud	L'e (m)	L'w (m)	q _e t/ml	q _w t.m	M'e t.m	M'w t.m	M _e t.m	M _w t.m	M _n t.m	M _s t.m	Travée	q t/ml	T _{x=0}	T _{x=L}
T	1	3,32	/	2,705	3,508	/	/	2,52	/	0	2,52	1-2	2,705	6,04	-6,81
	2	1,6	3,32	2,705	0,815	3,508	1,81	3,03	0	-1,22	2-2'	2,705	3,52	-3,52	
VII	3	3,32	/	2,207	2,862	/	/	2,37	/	1,12	1,25	3-4	2,207	4,29	-4,88
	4	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,24	2,58	-0,63	-0,71	4-4'	2,207	2,21	-2,21	
VI V	5	3,32	/	2,207	2,862	/	/	2,39	/	1,19	1,19	5-6	2,207	4,28	-4,87
	6	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68	6-6'	2,207	2,21	-2,21	
IV-III	7	3,32	/	2,207	2,862	/	/	2,39	/	1,19	1,19	13-14	2,207	6,07	-7,19
	8	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68	14-15	2,207	5,65	-3,59	
II	9	3,32	/	2,207	2,862	/	/	2,39	/	1,19	1,19	15-16	2,207	2,21	-2,21
	10	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68	16-17	2,207	4,87	-4,87	
I	11	3,32	4,8	2,207	2,862	5,982	3,321	5,66	-1,17	-1,17	-18	2,207	0	-4,52	
	12	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68	17-19	2,207	7,32	-5,32	
I	13	4,88	/	2,207	5,982	/	/	4,799	/	0	4,80	19-20	2,207	5,54	-3,62
	14	3,32	4,8	2,207	2,862	5,982	3,321	5,66	-1,17	-1,17	20-21	2,207	2,21	-2,21	
I	15	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68	21-22	2,207	4,87	-4,28	
	16	3,32	1,6	2,207	2,862	0,665	2,59	1,22	0,68	0,68					
I	17	3,32	/	2,207	2,862	/	/	2,39	/	1,19	1,19				
	18	4,88	3,05	2,207	7,239	7,435	7,26	/	-0,08	-0,08					
I	19	3,32	4,8	2,207	2,862	5,468	3,25	5,20	-0,98	-0,98					
	20	1,6	3,32	2,207	0,665	2,862	1,22	2,59	-0,68	-0,68					
I	21	3,32	1,6	2,207	2,802	0,605	2,59	1,22	0,68	0,68					
	22	/	3,32	2,207	/	2,862	/	2,39	1,19	1,19					

Long:

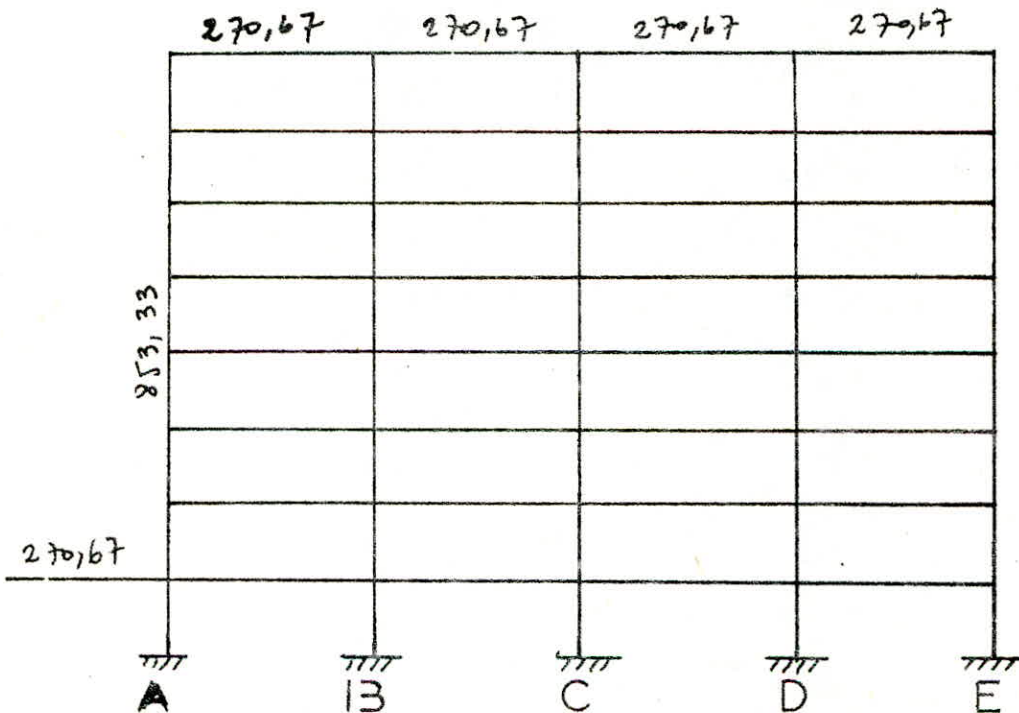
Sous P

Moments aux appuis											Efforts tranchants			
Niv	Noeud	L'e (m)	L'w (m)	q _e q _w t/m	M'e	M'w	M _e	M _w	M _n	M _s	Travée	q t/ml	T _{z=0}	T _{x=0}
T	1	3,32	/	0,33	0,428	/	0,307	/	0	0,307	1-2	0,33	0,631	-0,758
	2	1,6	3,32	0,33	0,099	0,428	0,227	0,370	0	-0,149				
VII	3	3,32	/	0,825	1,07	/	0,886	/	0,417	0,469	2-2'	0,83	0,33	-0,33
	4	1,6	3,32	0,825	0,248	1,07	0,464	0,966	-0,256	-0,256				
VI V	5 7	3,32	/	0,825	1,07	/	0,894	/	0,447	0,447	3-4	0,825	1,6	-1,824
	9 11	3,32	/	0,825	1,07	/	0,894	/	0,447	0,447				
IV III	6 8	1,6	3,32	0,825	0,248	1,07	0,457	0,969	-0,256	-0,256	4-4'	0,825	0,825	-0,850
	10 12	1,6	3,32	0,825	0,248	1,07	0,457	0,969	-0,256	-0,256				
II	13	4,8	/	0,825	2,236	/	1,794	/	0	1,794	5-6	0,825	1,602	-1,822
	14	3,32	4,8	0,825	1,07	2,236	1,242	2,117	-0,438	-0,438				
	15	1,6	3,32	0,825	0,248	1,07	0,457	0,969	-0,256	-0,256				
	16	3,32	1,6	0,825	1,07	0,248	0,969	0,457	0,256	0,256				
	17	/	3,32	0,825	/	1,07	/	0,894	0,447	0,447				
I	18	4,8	3,05	0,825	2,706	M _{w4} 3,713	2,816	/	-0,448	-0,448	6-6'	0,825	0,825	-0,825
	19	3,32	4,8	0,928	1,07	1,979	1,204	1,886	-0,341	-0,341				
	20	1,6	3,32	0,825	0,248	1,07	0,457	0,969	-0,256	-0,256				
	21	3,32	1,6	0,825	1,07	0,248	0,969	0,457	0,256	0,256				
	22	/	3,32	0,825	/	1,07	/	0,894	0,447	0,447				
											13-14	0,825	2,268	-2,692
											14-15	0,825	2,112	-1,812
											15-16	0,825	0,825	-0,825
											16-17	0,825	1,822	-1,602
											-18	0,825	0	2,3
											18-19	0,825	2,893	-2,057
											19-20	0,825	2,056	-1,368
											20-21	0,825	0,825	-0,825
											21-22	0,825	1,822	-1,602

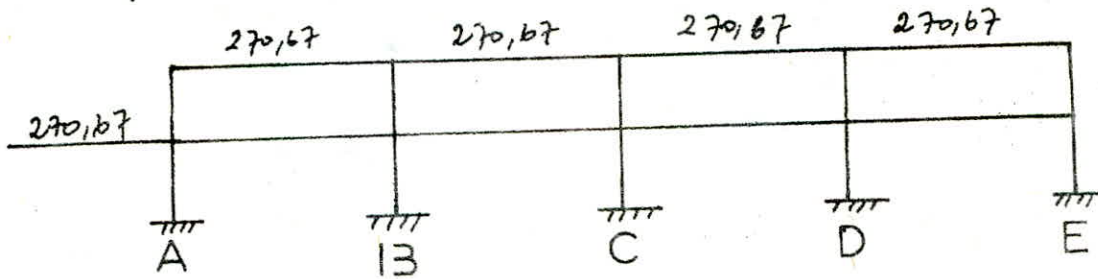
Portiques Longitudinaux AA BB CC DD EE



Portiques Transversaux 22.33.44.55



Portique Transversal II



Portiques Longitudinaux (A.A), (B.B), (C.C), (D.D), (E.E)

Niv	file de poteaux	\bar{k}	a	K_p cm ³	$a K_p$ cm ³	$D_j = \sum a K_p$	$\frac{12E}{h_j^2} D_j$ kg/cm
R.I	1	0,74	0,45	1920	864	4281,6	140869,44
	2	0,59	0,44	1920	844,8		
	3	0,97	0,49	1920	940,8		
	4	0,97	0,49	1920	940,8		
	5	0,34	0,36	1920	691,2		
I-II	1	0,49	0,19	1920	364,8	2342,4	77067,58
	2	0,59	0,23	1920	441,6		
	3	0,97	0,33	1920	633,6		
	4	0,97	0,33	1920	633,6		
	5	0,34	0,14	1920	268,8		
II-III	2	0,46	0,19	1920	364,8	1900,8	62537,45
	3	0,97	0,33	1920	633,6		
	4	0,97	0,33	1920	633,6		
	5	0,34	0,14	1920	268,8		
III.T	2	0,34	0,14	1920	268,8	1204,8	59379,94
	3	0,97	0,33	1920	633,6		
	4	0,97	0,33	1920	633,6		
	5	0,34	0,14	1920	268,8		

Portiques transversaux (2,2), (3,3), (4,4), (5,5)

Niv	file de poteaux	\bar{K}	a	K_P cm ²	$a K_P$ cm ²	$D_j = \sum a K_P$	$\frac{12E}{h_j^2} D_j$ kg/cm
R-I	A	0,63	0,43	853,33	366,93	1766,39	58116,21
	B	0,63	0,43	853,33	366,93		
	C	0,63	0,43	853,33	366,93		
	D	0,63	0,43	853,33	366,93		
	E	0,32	0,35	853,33	298,67		
I-II	A	0,48	0,19	853,33	162,13	896	29479,40
	B	0,63	0,24	853,33	204,80		
	C	0,63	0,24	853,33	204,80		
	D	0,63	0,24	853,33	204,80		
	E	0,32	0,14	853,33	119,47		
II-T	A	0,32	0,14	853,33	119,47	853,34	28075,84
	B	0,63	0,24	853,33	204,80		
	C	0,63	0,24	853,33	204,80		
	D	0,63	0,24	853,33	204,80		
	E	0,32	0,14	853,33	119,47		

Portique transversal (1,1)

Niv	file de poteaux	\bar{K}	a	K_P cm ²	$a K_P$ cm ²	$D_j = \sum a K_P$	$\frac{12E}{h_j^2} D_j$ kg/cm
R-I	A	0,63	0,43	853,33	366,93	1766,39	58116,21
	B	0,63	0,43	853,33	366,93		
	C	0,63	0,43	853,33	366,93		
	D	0,63	0,43	853,33	366,93		
	E	0,32	0,35	853,33	298,67		
I-II	A	0,48	0,19	853,33	162,13	896	29479,40
	B	0,63	0,24	853,33	204,80		
	C	0,63	0,24	853,33	204,80		
	D	0,63	0,24	853,33	204,80		
	E	0,32	0,14	853,33	119,47		

Rigidite D'étage "J" R_j
 Dans le sens "X"

$$R_{JX} = 5 R_{JAX}$$

J	R_{JX} (kg/cm)
I	704347,2
II	385337,9
III	312692,25
IV	296899,7
V	296899,7
VI	296899,7
VII	296899,7
T	296899,7

Dans le sens "Y"

$$R_{JY} = 4 R_{JAY}(2,2) + R_{JAY}(1,1)$$

J	R_{JY} (kg/cm)
I	290581,05
II	147397
III	112303,36
IV	112303,36
V	112303,36
VI	112303,36
VII	112303,36
T	112303,36

etermination du centre de masse

Centre de masse du niveau I

$$X_G = \frac{\sum m_i}{\sum}$$

Elements	m_i (t)	X_{G_i} (m)	$m_i X_{G_i}$
Poutres long	36,185	11,5	416,13
Poutres trans	16,08	8,88	142,79
Poteaux	56,25	8,88	499,5
Palier Etage	47,315	14,67	694,11
Plancher	104,95	9,06	950,85
Σ	260,78	10,40	2703,38

Centre de masse du niveau II

Elements	m_i (t)	X_{G_i} (m)	$m_i X_{G_i}$
Poutres long	30,56	9,06	276,87
Poutres trans	12,688	8,88	112,67
Escaliers	4,505	2,91	13,11
Plancher	98,07	10,27	1009,23
Σ	146,023	9,46	1412,38

Centre de masse des niveaux III - VII

Elements	m_i (t)	X_{G_i} (m)	$m_i X_{G_i}$
Poutres long	19,31	6,35	122,619
Poutres trans	10,15	6,35	64,45
Poteaux	45	6,35	285,75
Escaliers	4,505	2,91	13,109
Plancher	59,64	6,76	403,166
Σ	138,605	6,42	

Centre de masse du niveau T.

Elements	m_i (t)	γ_{Gi}	$m_i \gamma_{Gi}$
Poutres long	19,31	6,35	122,62
Poutres trans	10,15	6,35	64,45
Poteaux	45	6,35	285,75
Plancher	84,36	6,35	535,69
Σ	155,63	6,35	1008,51

$$\text{Niveau I : } \gamma_G = \frac{\Sigma m_i \gamma_i}{\Sigma m_i}$$

Elements	m_i (t)	γ_{Gi} (m)	$m_i \gamma_{Gi}$
Poutres long	36,1875	6,8	246,075
Poutres trans	13,541	8,87	120,109
Poteaux	56,25	6,8	382,5
Palier Etage	47,315	9,87	467,0
Plancher	104,96	6,8	713,73
Σ	258,254	7,44	1929,41

Centre de masse II . VII

Elements	m_i (t)	γ_{Gi} (m)	$m_i \gamma_{Gi}$
Poutres long	36,188	6,8	246,075
Poutres trans	10,15	6,8	69,02
Poteaux	56,25	6,8	382,5
Escaliers	4,505	11,75	52,93
Plancher	98,28	6,42	634,89
Σ	205,373	6,75	1395,415

Centre de masse du niveau T:

Éléments	m_i (t)	Y_{Gi} (m)	$m_i Y_{Gi}$
Poutres long	36,1875	6,8	246,075
Poutres trans	10,15	6,8	69,02
Poteaux	56,25	6,8	382,5
Plancher	84,36	6,8	573,648
Σ	185,498	6,8	1271,243

Coordonnées du centre de torsion

Elle sont données par les relations suivantes:

$$X_{C_J} = \frac{\sum R_{JY}^{(L)} \cdot X_J^{(L)}}{R_{JY}} \quad \text{et} \quad Y_{C_J} = \frac{\sum R_{JX}^{(L)} \cdot Y_J^{(L)}}{R_{JX}}$$

Tableau Récapitulatif

Niveau	I	II	III - VII	T
X_G	10,4	9,46	6,42	6,35
X_{C_J}	8,88	8,88	5,08	5,08
$ e $	1,52	0,58	1,34	1,27
Y_G	7,44	6,75	6,75	6,8
Y_{C_J}	6,8	6,8	6,8	6,8
$ e $	0,64	0,05	0,05	0
5% L	0,935	0,935	0,935	0,935

Coordonnées des portiques

Par rapport au Centre de Torsion

Niv. I

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{AA}	Y_{BB}	Y_{CC}	Y_{DD}	Y_{EE}
8,16	2,0	-2,75	-5,35	-10,1	5,96	2,66	-0,64	-3,94	-7,24

Niv. II

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{AA}	Y_{BB}	Y_{CC}	Y_{DD}	Y_{EE}
9,54	2,94	-1,81	-4,41	-9,16	6,65	3,35	0,05	-3,25	-6,55

Niv. III - VII

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{AA}	Y_{BB}	Y_{CC}	Y_{DD}	Y_{EE}
12,58	5,98	1,23	-1,37	-6,12	6,65	3,35	0,05	-3,25	-6,55

Niv. T

X_{11}	X_{22}	X_{33}	X_{44}	X_{55}	Y_{AA}	Y_{BB}	Y_{CC}	Y_{DD}	Y_{EE}
12,65	6,05	1,3	-1,3	-6,05	6,6	3,3	0	-3,3	-6,6

la rigidité à la Torsion de l'étage j est

donnée par la formule :

$$R_{j\theta} = \sum R_{jy}^{(E)} (X_j)^2 + \sum R_{jx}^{(E)} (Y_j)^2$$

Niv	$R_{j\theta}$	kg. cm
I	28.191.292.	10^4
II	14.434.781	10^4
III	8.961.957,4	10^4
IV-T	8.617.956,2	10^4

Etude au seisme

Détermination des efforts sismiques

Les charges soumises à l'action sismique sont supposées concentrées au niveau des planchers,

La charge sismique est :

$$W = G + \frac{P}{2}$$

Niveau	W (t)	P/2 (t)	S (m ²)	W + $\frac{P}{2}$ (t)
T	163,934	5,974	119,48	169,908
III - VII	167,938	14,935	119,48	186,063
II	239,184	22,153	177,225	261,337
I	289,314	33,355	266,84	322,669
Rdc	92,673	35,445	177,225	128,118

$$W_{Tot.} = 1812,347 \text{ t}$$

Calcul des forces sismiques :

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

Détermination des différents paramètres :

$$A = 0,15 \text{ (groupe II, Zone II)}$$

$$D = 2 \sqrt{\frac{0,15}{T}} \text{ sol meuble}$$

$$B = \frac{1}{4} \text{ portique autostable.}$$

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

$$Q_L = 1,3$$

$$Q_T = 1,1$$

Determination de la periode: T

Pour cela, on a appliqué la méthode d'Holzer donnant les périodes des trois premiers modes :

On trouve :

Long: $T_1 = 0,5657 \text{ s}$

$$T_2 = 0,2011 \text{ s}$$

$$T_3 = 0,1285 \text{ s}$$

Trans: $T_1 = 0,9184 \text{ s}$

$$T_2 = 0,3277 \text{ s}$$

$$T_3 = 0,2136 \text{ s}$$

Longitudinalement, la force totale V doit être distribuée sur toute la hauteur du bâtiment selon la formule :

$$F_k = \frac{(V - F_E) w_k h_k}{\sum w_i h_i}$$

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

$$V = 0,15 \cdot 2 \sqrt{\frac{0,5}{0,5657}} \cdot \frac{1}{4} \cdot 1,3 \cdot 1812,347 = 166,126 \text{ t}$$

Determination des forces laterales

Sens Transversal :

Pour cela, on determine le facteur de

contribution Γ :

$$\Gamma = \frac{\sum_{K=1}^n W_K \phi_{Ki}}{\sum_{K=1}^n W_K \phi_{Ki}^2}$$

L'effort au niveau K pour le mode i :

$$F_{Ki} = \Gamma_i \cdot A \cdot D_i \cdot B \cdot Q \cdot \phi_{Ki}$$

Et la sollicitation resultante est :

$$F_K = \sqrt{\sum_i F_{Ki}^2}$$

soit :

Niv	1 ^{er} Mode (E)	2 ^o Mode (E)	3 ^o Mode (E)	Forme quadra. (E)
I	19,642	32,882	40,727	55,908
II	19,829	32,844	37,859	53,900
III	15,996	24,753	8,734	30,739
IV	16,196	19,681	-12,213	28,263
V	16,053	10,055	-8,119	20,609
VI	15,772	-3,569	-2,028	16,207
VII	15,368	-11,534	0,511	19,222
T	13,936	-9,068	7,845	18,384

Sens longitudinal :

la force laterale totale V doit être distribuée sur toute la hauteur du bâtiment selon :

$$V = F_t + \sum_1^n F_i \quad (3.74 \text{ RPA 81})$$

$$T < 0,7 \text{ s} \Rightarrow F_t = 0$$

Et cette distribution en fonction de V

$$\text{est : } F_k = \frac{(V - F_t) W_k h_k}{\sum_1^n w_i h_i}$$

Tableau recapitulatif Long | Trans

Niv	$V_j (t)$	$h_j (m)$	$W_j h_j$	$F_{jx} (t)$	$F_{jx}^c (t)$	$F_{jy} (t)$	$F_{jy}^c (t)$
T	169,908	31,95	5428,56	32,985	32,985	18,384	18,384
VII	186,063	27,95	5200,46	31,599	64,584	19,222	37,606
VI	186,063	23,95	4456,21	27,077	91,661	16,297	53,903
V	186,063	19,95	3711,96	22,555	114,216	20,609	74,512
IV	186,063	15,95	2967,70	18,032	132,248	28,263	102,775
III	186,063	11,95	2223,45	13,510	145,758	30,739	133,514
II	261,337	7,95	2077,63	12,624	158,382	53,900	187,414
I	322,619	3,95	1274,54	7,744	166,126	55,908	243,322

Efforts tranchants de niveau j
 revenant à chaque portique
 Longitudinal

Niv	Port.	T_{jx} (t)	$R_{jx}^{(e)}$ (kg/cm)	R_{jx} (kg/cm)	$Y_j^{(e)}$ (cm)	R_{j0} kg/cm	Y_G (cm)	$T_{jx}^{(e)}$ (t)
T	AA	32,985	59379,94	296899,7	660	8724155,3 10^4	93,5	7,982
	BB				330			7,290
	CC				0			6,597
	DD				-330			6,597
	EE				-660			6,597
VII	AA	64,584	59379,94	296899,7	665	8724155,3 10^4	93,5	15,650
	BB				335			14,294
	CC				5			12,937
	DD				-325			12,917
	EE				-655			12,917
VI	AA	91,661	59379,94	296899,7	665	8724155,3 10^4	93,5	22,211
	BB				335			20,286
	CC				5			18,361
	DD				-325			18,332
	EE				-655			18,332
V	AA	114,216	59379,94	296899,7	665	8724155,3 10^4	93,5	27,677
	BB				335			25,278
	CC				5			22,879
	DD				-325			22,843
	EE				-655			22,843
IV	AA	132,248	59379,94	296899,7	665	8724155,3 10^4	93,5	32,046
	BB				335			29,269
	CC				5			26,492
	DD				-325			26,450
	EE				-655			26,450
III	AA	145,758	62538,45	312692,25	665	9069476,6 10^4	93,5	35,400
	BB				335			32,300
	CC				5			29,198
	DD				-325			29,152
	EE				-655			29,152
II	AA	158,382	77067,58	385337,9	665	14474781 10^4	93,5	36,920
	BB				335			34,318
	CC				5			31,716
	DD				-325			31,716
	EE				-655			31,716
I	AA	166,126	140869,44	704347,2	596	28191292 10^4	93,5	37,851
	BB				266			35,280
	CC				-64			33,225
	DD				-394			33,225
	EE				-724			33,225

Transversal

Niv	Port.	$T_{jy}^{(t)}$	$R_{jy}^{(t)}$ (kg/cm)	R_{jy} (kg/cm)	$X_j^{(t)}$ cm	R_{j0} (kg/cm)	X_G (cm)	$T_{jy}^{(t)}$
T	55	18,384	28075,84	112303,36	-605	8617956,2 104	127	4,596
	44				-130			4,596
	33				130			4,695
	22				605			5,056
VII	55	37,606	28075,84	112303,36	-612	8617956,2 104	134	9,402
	44				-137			9,402
	33				123			9,603
	22				598			10,383
VI	55	53,903	28075,84	112303,36	-612	8617956,2 104	134	13,476
	44				-137			13,476
	33				123			13,765
	22				598			14,883
V	55	74,512	28075,84	112303,36	-612	8617956,2 104	134	18,628
	44				-137			18,628
	33				123			19,028
	22				598			20,575
IV	55	102,775	28075,84	112303,36	-612	8617956,2 104	134	25,694
	44				-137			25,694
	33				123			26,246
	22				598			28,377
III	55	133,514	28075,84	112303,36	-612	8961957,4 104	134	33,379
	44				-137			33,379
	33				123			34,068
	22				598			36,730
II	55	187,414	29479,4	147397	-916	14474781 104	93,5	37,483
	44				-441			37,483
	33				-181			37,483
	22				294			38,532
	11				954			40,887
I	55	243,322	58116,21	290581,05	-101	28191292 104	152	48,684
	44				-535			48,684
	33				-275			49,684
	22				200			50,189
	11				860			55,227

Calcul des des déplacements de niveau "j"

Le déplacement de niveau est donné par:

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

Et la flèche de niveau "j" sera alors: $\delta_j = \sum_1^n \Delta_j$

Sens Longitudinal: port. AA

Niv	R_{jx} <small>(kN)</small>	T_{jx} <small>(kN)</small>	Δ_{jx} <small>(cm)</small>	$\delta_{jx} = \sum \Delta_j$ <small>(cm)</small>
I	140,87	37,85	0,27	0,27
II	77,08	36,92	0,48	0,75
III	62,54	35,40	0,57	1,31
IV	59,38	32,05	0,54	1,85
V	59,38	27,68	0,47	2,32
VI	59,38	22,21	0,37	2,69
VII	59,38	15,65	0,26	2,96
T	59,38	7,98	0,13	3,09

Sens transversal: Port. 22

Niv	R_{jy} <small>(kN)</small>	T_{jy} <small>(kN)</small>	Δ_{jy} <small>(cm)</small>	$\delta_{jy} = \sum \Delta_j$ <small>(cm)</small>
I	58,12	50,19	0,86	0,86
II	29,48	38,53	1,31	2,17
III	28,08	36,73	1,31	3,48
IV	28,08	28,38	1,01	4,49
V	28,08	20,57	0,73	5,22
VI	28,08	14,88	0,53	5,75
VII	28,08	10,38	0,37	6,12
T	28,08	5,06	0,18	6,30

Vérification des déplacements relatifs de niveau:

$$\frac{1}{2B} \cdot \Delta_j \leq 0,0075 h_j$$

$$h = 400 \text{ cm} \quad B = \frac{1}{4}$$

Niv	Δ_{jx} <small>(cm)</small>	$\frac{1}{2B} \Delta_{jx}$ <small>(cm)</small>	Δ_{jy} <small>(cm)</small>	$\frac{1}{2B} \Delta_{jy}$ <small>(cm)</small>	$0,0075 h_j$ <small>(cm)</small>
T	0,13	0,27	0,18	0,36	3,0
VII	0,26	0,53	0,37	0,74	3,0
VI	0,37	0,75	0,53	1,06	3,0
V	0,47	0,93	0,73	1,47	3,0
IV	0,54	1,08	1,01	2,02	3,0
III	0,57	1,13	1,30	2,62	3,0
II	0,48	0,96	1,30	2,61	3,0
I	0,27	0,54	0,86	1,73	3,0

Calcul des efforts tranchants
revenant a chaque poteau

Longitudinal

Niv	file de Poteau	$\frac{aKp}{\sum aKp}$	$T_{jx} (t)$	$t_{jx} (t)$
T	2	0,1489	7,982	1,188
	3	0,3511	7,982	2,802
	4	0,3511	7,982	2,802
	5	0,1489	7,982	1,188
VII	2	0,1489	15,650	2,330
	3	0,3511	15,650	5,495
	5	0,1489	15,650	2,330
VI	2	0,1489	22,211	3,307
	3	0,3511	22,211	7,798
	4	0,3511	22,211	7,798
	5	0,1489	22,211	3,307
V	2	0,1489	27,677	4,121
	3	0,3511	27,677	9,717
	4	0,3511	27,677	9,717
	5	0,1489	27,677	4,121
IV	2	0,1489	32,046	4,772
	3	0,3511	32,046	11,251
	4	0,3511	32,046	11,251
	5	0,1489	32,046	4,772
III	2	0,1919	35,400	6,793
	3	0,3333	35,400	11,800
	4	0,3333	35,400	11,800
	5	0,1414	35,400	5,006
II	1	0,11557	36,920	5,749
	2	0,1885	36,920	6,959
	3	0,2705	36,920	9,987
	4	0,2705	36,920	9,987
I	1	0,2018	37,851	7,638
	2	0,1973	37,851	7,468
	3	0,2197	37,851	8,316
	4	0,2197	37,851	8,316
	5	0,1614	37,851	6,109

Transversa

Niv	file de Poteau	$\frac{aKp}{\sum aKp}$	$T_{jy} (t)$	$t_{jy} (t)$
T	A	0,1400	5,056	0,7078
	B	0,2400	5,056	1,213
	C	0,2400	5,056	1,213
	D	0,2400	5,056	1,213
	E	0,1400	5,056	0,7078
VII	A	0,1400	10,983	1,454
	B	0,2400	10,983	2,492
	C	0,2400	10,983	2,492
	D	0,2400	10,983	2,492
	E	0,1400	10,983	1,454
VI	A	0,1400	14,883	2,084
	B	0,2400	14,883	3,572
	C	0,2400	14,883	3,572
	D	0,2400	14,883	3,572
	E	0,1400	14,883	2,084
V	A	0,1400	20,573	2,880
	B	0,2400	20,573	4,937
	C	0,2400	20,573	4,937
	D	0,2400	20,573	4,937
	E	0,1400	20,573	2,880
IV	A	0,1400	28,377	3,267
	B	0,2400	28,377	6,801
	C	0,2400	28,377	6,801
	D	0,2400	28,377	6,801
	E	0,1400	28,377	3,267
III	A	0,1400	36,730	5,142
	B	0,2400	36,730	8,115
	C	0,2400	36,730	8,115
	D	0,2400	36,730	8,115
	E	0,1400	36,730	5,142
II	A	0,1809	38,532	6,970
	B	0,2286	38,532	8,708
	C	0,2286	38,532	8,708
	D	0,2286	38,532	8,708
	E	0,1333	38,532	5,136
I	A	0,2077	50,189	10,424
	B	0,2077	50,189	10,424
	C	0,2077	50,189	10,424
	D	0,2077	50,189	10,424
	E	0,1691	50,189	8,487

Moments flechissants dans les poteaux

Portique Transversal (2-2)

Niv	file Poteaux	ξ_{37}	γ_0	γ_1	γ_2	γ_3	γ_4	h (m)	$\xi = \gamma h$	M_{inf} (t.m)	$(h-3)$ (m)	M_{sup} (t.m)
T	A	0,708	0,15	0	0	0	0,15	4,0	0,6	0,425	3,4	2,408
	B	1,213	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	1,456	2,8	3,397
	C	1,213	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	1,456	2,8	3,397
	D	1,213	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	1,456	2,8	3,397
	E	0,708	0,15	0	0	0	0,15	4,0	0,6	0,425	3,4	2,408
VII	A	1,454	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	1,745	2,8	4,072
	B	2,492	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	3,987	2,4	5,981
	C	2,492	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	3,987	2,4	5,981
	D	2,492	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	3,987	2,4	5,981
	E	1,454	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	1,745	2,8	4,072
VI	A	2,084	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	2,918	2,6	5,419
	B	3,572	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	6,430	2,2	7,859
	C	3,572	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	6,430	2,2	7,859
	D	3,572	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	6,430	2,2	7,859
	E	2,084	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	2,918	2,6	5,419
V	A	2,880	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	4,608	2,4	6,912
	B	4,937	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	8,887	2,2	10,862
	C	4,937	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	8,887	2,2	10,862
	D	4,937	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	8,887	2,2	10,862
	E	2,880	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	4,608	2,4	6,912
IV	A	3,267	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	5,881	2,2	7,188
	B	6,801	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	12,242	2,2	14,962
	C	6,801	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	12,242	2,2	14,962
	D	6,801	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	12,242	2,2	14,962
	E	3,267	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	5,881	2,2	7,188
III	A	5,142	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	10,284	2,0	10,284
	B	8,815	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	17,63	2,0	17,63
	C	8,815	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	17,63	2,0	17,63
	D	8,815	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	17,63	2,0	17,63
	E	5,142	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	10,284	2,0	10,284
II	A	6,970	0,55	0,15	0	0	0,70	4,0	2,8	19,516	1,2	8,324
	B	8,808	0,55	0	0	0	0,55	4,0	2,2	19,378	1,8	15,855
	C	8,808	0,55	0	0	0	0,55	4,0	2,2	19,378	1,8	15,855
	D	8,808	0,55	0	0	0	0,55	4,0	2,2	19,378	1,8	15,855
	E	5,136	0,60	0	0	0	0,60	4,0	2,4	12,326	1,4	7,150
I	A	10,424	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	29,187	1,2	12,509
	B	10,424	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	29,187	1,2	12,509
	C	10,424	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	29,187	1,2	12,509
	D	10,424	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	29,187	1,2	12,509
	E	10,424	0,90	0	0	0	0,90	4,0	3,6	37,526	0,4	4,169

Portique Longitudinal A-A

Niv	file Pat. (cm)	t_{jx}	γ_0	γ_1	γ_2	γ_3	γ	h (m)	$z = \gamma h$	M_{inf} t.m	$(h-z)$ (m)	M_{sup} t.m
I	2	1,188	0,15	0	0	0	0,15	4,0	0,6	0,713	3,4	4,039
	3	2,802	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	3,923	2,6	7,285
	4	2,802	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	3,923	2,6	7,285
	5	1,199	0,15	0	0	0	0,15	4,0	0,6	0,713	3,4	4,039
VII	2	2,330	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	2,796	2,8	6,524
	3	5,495	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	9,891	2,2	12,089
	5	2,330	0,30	0	0	0	0,30	4,0	1,2	2,796	2,8	6,524
VI	2	3,307	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	4,630	2,6	8,598
	3	7,798	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	14,036	2,2	17,156
	4	7,798	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	14,036	2,2	17,156
	5	3,307	0,35	0	0	0	0,35	4,0	1,4	4,630	2,6	8,598
V	2	4,121	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	6,594	2,4	9,890
	3	9,717	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	17,491	2,2	21,377
	4	9,717	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	17,491	2,2	21,377
	5	4,121	0,40	0	0	0	0,40	4,0	1,6	6,594	2,4	9,890
IV	2	4,772	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	8,590	2,2	10,498
	3	11,251	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	22,502	2,0	22,502
	4	11,251	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	22,502	2,0	22,502
	5	4,772	0,45	0	0	0	0,45	4,0	1,8	8,590	2,2	10,498
III	2	6,793	0,50	0,1	0	0	0,60	4,0	2,4	16,303	1,6	10,969
	3	11,800	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	23,1	2,0	23,600
	4	11,800	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	23,1	2,0	23,600
	5	5,006	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	16,303	2,0	10,869
	1	5,749	0,55	0,2	0	0	0,75	4,0	3,0	17,244	1,0	5,748
II	2	6,959	0,55	0	0	0	0,55	4,0	2,2	15,310	1,8	12,526
	3	9,977	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	19,974	2,0	19,974
	4	9,977	0,50	0	0	0	0,50	4,0	2,0	19,974	2,0	19,974
	5	4,235	0,60	0	0	0	0,60	4,0	2,4	10,164	1,6	6,776
I	1	7,237	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	21,396	1,2	9,166
	2	7,468	0,70	0	0	0	0,70	4,0	2,8	20,910	1,2	8,962
	3	8,316	0,65	0	0	0	0,65	4,0	2,6	21,622	1,4	11,642
	4	8,316	0,65	0	0	0	0,65	4,0	2,6	21,622	1,4	11,642
	5	6,109	0,90	0	0	0	0,90	4,0	3,6	21,992	0,4	2,444

Moments dans les poutres

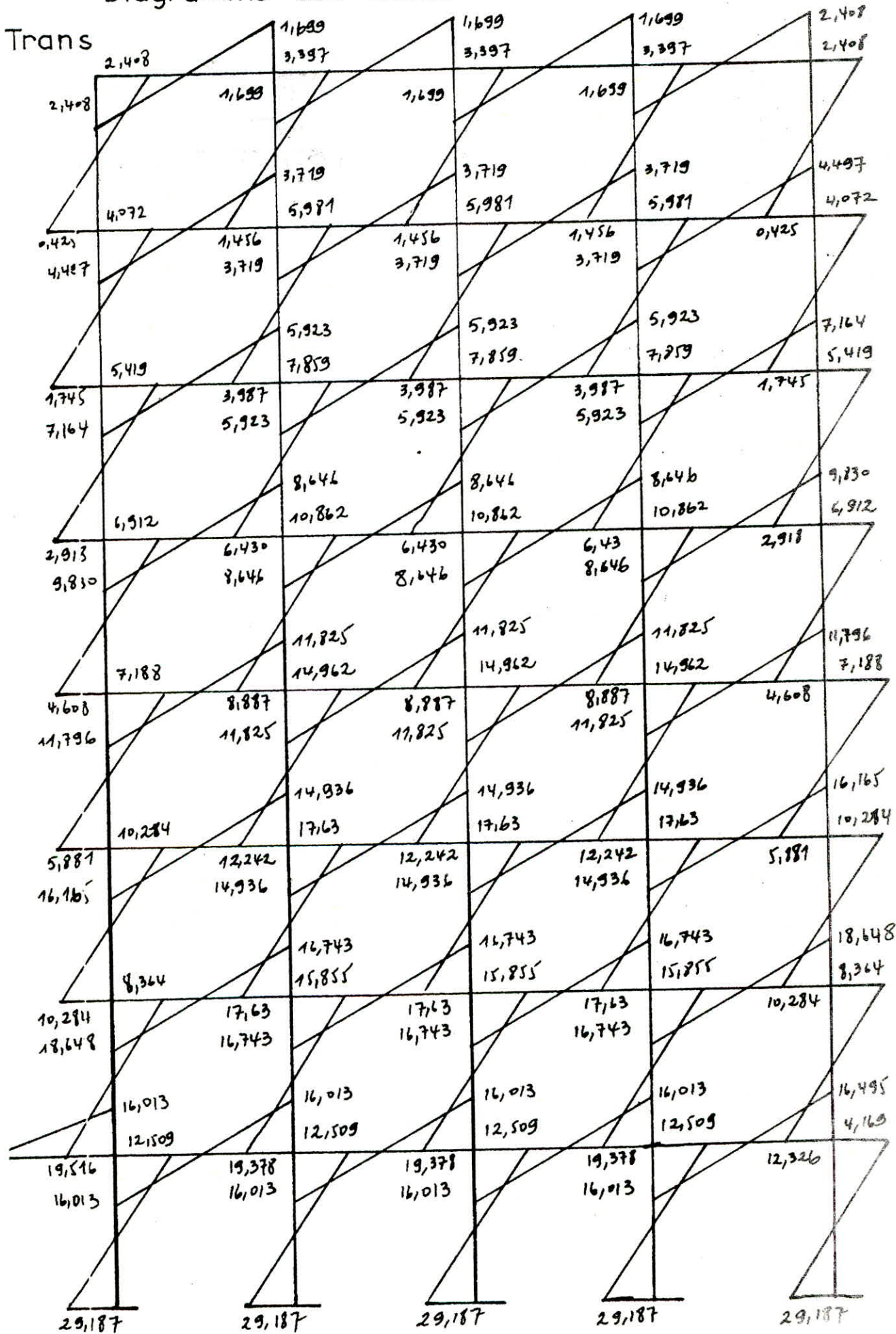
Portique Transversal

Niv	Noeud	M_{sup} t.m	M_{inf} t.m	K_1	K_2	$M_3 + M_4$	$\frac{K_1}{K_1 + K_2}$	M_1	$\frac{K_2}{K_1 + K_2}$	M_2
T	1	0	2,408	/	270,67	2,408	/	/	1	2,408
	2	0	3,397	270,67	270,67	3,397	0,5	1,699	0,5	1,699
VII	3	0,425	4,072	/	270,67	4,497	/	/	1	4,497
	4	1,456	5,981	270,67	270,67	7,437	0,5	3,719	0,5	3,719
VI	5	1,745	5,419	/	270,67	7,164	/	/	1	7,164
	6	3,987	7,859	270,67	270,67	11,846	0,5	5,923	0,5	5,923
V	7	2,918	6,912	/	270,67	9,830	/	/	1	9,830
	8	6,430	10,862	270,67	270,67	17,292	0,5	8,646	0,5	8,646
IV	9	4,608	7,198	/	270,67	11,736	/	/	1	11,736
	10	8,887	14,912	270,67	270,67	23,849	0,5	11,825	0,5	11,825
III	11	5,881	10,284	/	270,67	16,165	/	/	1	16,165
	12	12,242	17,630	270,67	270,67	29,872	0,5	14,936	0,5	14,936
II	13	10,284	8,324	/	270,67	18,648	/	/	1	18,648
	14	17,630	15,855	270,67	270,67	33,485	0,5	16,743	0,5	16,743
	15	10,284	8,324	270,67	/	18,648	/	/	1	18,648
I	16	19,516	12,509	270,67	270,67	32,025	0,5	16,013	0,5	16,013
	17	19,378	12,509	270,67	270,67	31,887	0,5	16,013	0,5	16,013
	18	12,326	4,169	270,67	/	16,495	1	16,495	1	

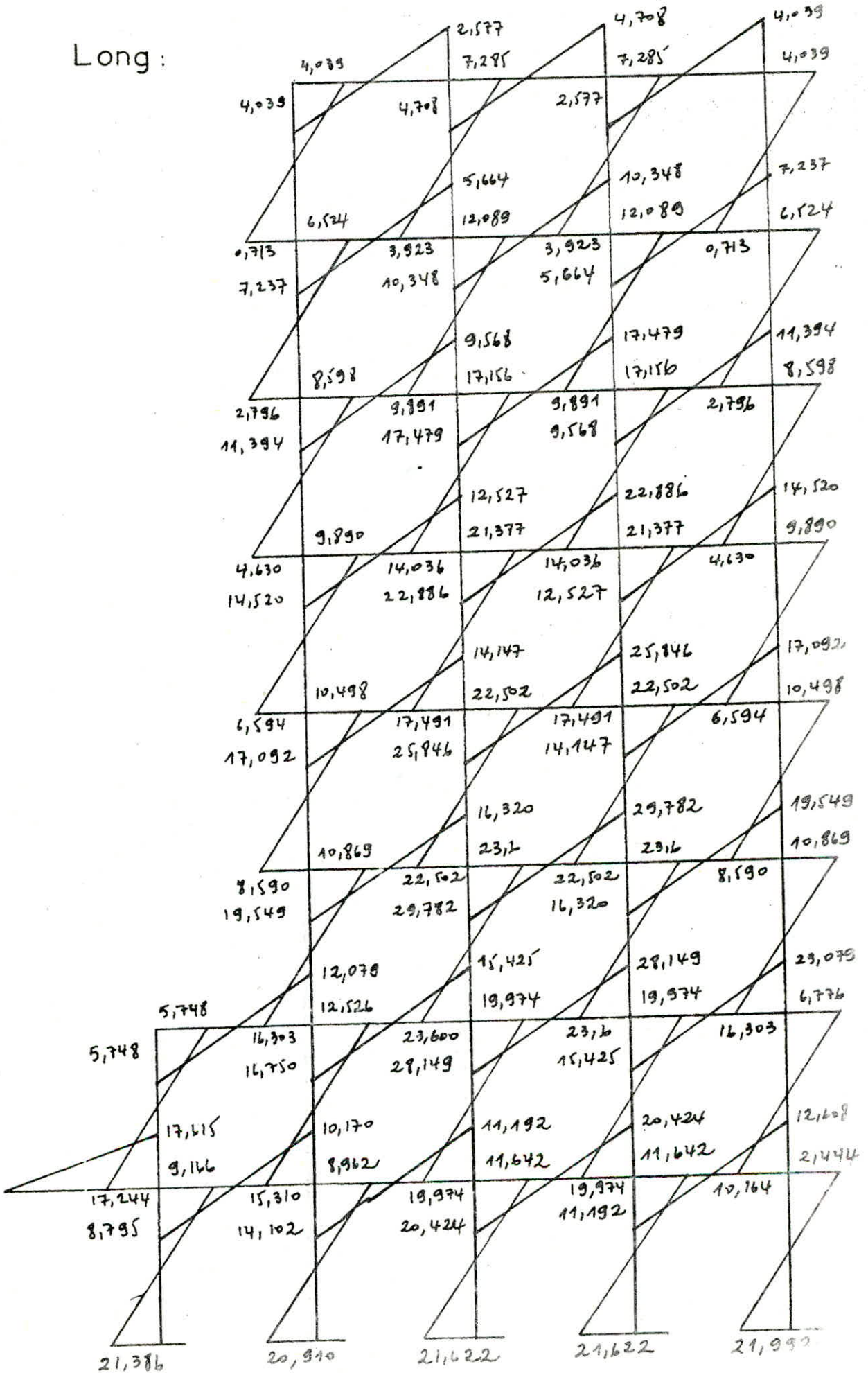
Portique Longitudinal

Niv	Noeud	M_{sup} f.m	M_{inf} f.m	K_1	K_2	$M_{st} M_i$	$\frac{K_1}{K_1+K_2}$	M_1 f.m	$\frac{K_2}{K_1+K_2}$	M_2 f.m
T	1	0	4,039	/	657,89	4,039	/	/	1	4,039
	2	0	7,285	657,89	1201,92	7,285	0,354	2,577	0,646	4,708
VII	3	0,713	6,524	/	657,89	7,237	/	/	1	7,237
	4	3,923	12,089	657,89	1201,92	16,012	0,354	5,664	0,646	10,348
VI	5	2,796	8,598	/	657,89	11,394	/	/	1	11,394
	6	9,891	17,156	657,89	1201,92	27,047	0,354	9,568	0,646	17,479
V	7	4,630	9,890	/	657,89	14,52	/	/	1	14,520
	8	14,036	21,377	657,89	1201,92	35,413	0,354	12,527	0,646	22,896
IV	9	6,594	10,498	/	657,89	17,092	/	/	1	17,092
	10	17,491	22,502	657,89	1201,92	39,993	0,354	14,147	0,646	25,846
III	11	8,590	10,869	/	657,89	19,459	/	/	1	19,459
	12	22,502	23,6	657,89	1201,92	46,102	0,354	16,320	0,646	29,782
II	13	0	5,748	/	473,5	5,748	/	/	1	5,748
	14	16,303	12,526	473,5	657,89	28,828	0,419	12,079	0,581	16,750
	15	23,6	19,974	657,89	1201,92	43,574	0,354	15,425	0,646	28,149
	16	23,6	19,974	1201,92	657,89	43,574	0,646	28,149	0,354	15,425
	17	16,303	6,776	657,89	/	23,079	1	23,079	/	/
I	18	17,244	9,166	946,97	473,5	26,41	0,667	17,615	0,333	8,795
	19	15,31	8,962	473,5	657,89	24,272	0,419	10,170	0,581	14,102
	20	19,974	11,642	657,89	1201,92	31,616	0,354	11,192	0,646	20,424
	21	19,974	11,642	1201,92	657,89	31,616	0,646	20,424	0,354	11,192
	22	10,164	2,444	657,89	/	12,608	1	12,608	/	/

Diagramme des moments sous $\vec{S}IH$



Long :



Efforts tranchants dans les poutres

Portique Transversal

Niv	Travée	l (m)	M_e (t.m)	M_w (t.m)	T_{SIH}^{\rightarrow} (t)	T_{SIH}^{\leftarrow} (t)
T	1-2	3,30	2,408	1,699	-1,245	1,245
	2-2'	3,30	1,699	1,699	-1,030	1,030
	2''-1'	3,30	1,699	2,408	-1,245	1,245
VII	3-4	3,30	4,497	3,719	-2,490	2,490
	4-4'	3,30	3,719	3,719	-2,254	2,254
	4''-3'	3,30	3,719	4,497	-2,490	2,490
VI	5-6	3,30	7,164	5,923	-3,966	3,966
	6-6'	3,30	5,923	5,923	-3,590	3,590
	6''-5'	3,30	5,923	7,164	-3,966	3,966
V	7-8	3,30	9,83	8,646	-5,599	5,599
	8-8'	3,30	8,646	8,646	-5,240	5,240
	8''-7'	3,30	8,646	9,830	-5,599	5,599
IV	9-10	3,30	11,796	11,825	-7,158	7,158
	10-10'	3,30	11,825	11,825	-7,167	7,167
	10''-9'	3,30	11,825	11,796	-7,158	7,158
III	11-12	3,30	16,165	14,936	-9,425	9,425
	12-12'	3,30	14,936	14,936	-9,052	9,052
	12''-11'	3,30	14,936	16,165	-9,425	9,425
II	13-14	3,30	18,648	16,743	-10,725	10,725
	14-14'	3,30	16,743	16,743	-10,147	10,147
	14''-15	3,30	16,743	18,648	-11,302	11,302
I	-16	3,30		16,013	-4,852	4,852
	16-17	3,30	16,013	16,013	-9,705	9,705
	17''-18	3,30	16,013	16,495	-9,851	9,851

Portique Longitudinal

Niv	Travée	l (m)	M_e (f.m)	M_w (f.m)	T_{SIH}^{\rightarrow} (t)	T_{SIH}^{\leftarrow} (t)
T	1-2	4,75	4,039	2,577	-1,393	1,393
	2-2'	2,60	4,708	4,708	-3,622	3,622
	2'-1'	4,75	2,577	4,039	-1,393	1,393
VII	3-4	4,75	7,237	5,644	-2,712	2,712
	4-4'	2,60	10,348	10,348	-7,960	7,960
	4'-3	4,75	5,644	7,237	-2,716	2,716
VI	5-6	4,75	11,394	9,568	-4,413	4,413
	6-6'	2,60	17,479	17,479	-13,445	13,445
	6'-5'	4,75	9,568	11,394	-4,413	4,413
V	7-8	4,75	14,520	12,527	-5,694	5,694
	8-8'	2,60	22,886	22,886	-17,605	17,605
	8'-7'	4,75	12,527	14,520	-5,694	5,694
IV	9-10	4,75	17,092	14,147	-6,577	6,577
	10-10'	2,60	25,846	25,846	-19,882	19,882
	10'-9'	4,75	14,147	17,092	-6,577	6,577
III	11-12	4,75	19,549	16,320	-7,551	7,551
	12-12'	2,60	29,782	29,782	-22,909	22,909
	12'-11'	4,75	16,320	19,549	-7,551	7,551
II	13-14	6,60	5,748	12,079	-2,701	2,701
	14-15	4,75	16,750	15,425	-6,774	6,774
	15-16	2,60	28,149	28,149	-21,653	21,653
	16-17	4,75	15,425	23,079	-8,106	8,106
I	-18	3,30		17,615	-5,338	5,338
	18-19	6,60	8,795	10,170	-2,873	2,873
	19-20	4,75	14,102	11,192	-5,325	5,325
	20-21	2,60	20,424	20,424	-15,711	15,711
	21-22	4,75	11,192	12,608	-5,011	5,011

Efforts normaux dans les poteaux

Portique Longitudinal

Niv	Poteaux	$N_{\vec{SIN}}(t)$	$N_{\overleftarrow{SIN}}(t)$
I	1-3	-1,393	1,393
	2-4	-2,229	2,229
VII	3-5	-2,712	2,712
	4-6	-5,248	5,248
VI	5-7	-4,413	4,413
	6-8	-9,032	9,032
V	7-9	-5,694	5,694
	8-10	11,911	-11,911
IV	9-11	-6,577	6,577
	10-12	-13,325	13,325
III	11-14	-7,551	7,551
	12-15	-15,354	15,354
	12'-16	15,359	-15,358
	11-17	-7,551	7,551
II	13-18	-2,701	2,701
	14-19	-4,073	4,073
	15-20	-14,879	14,879
	16-21	13,547	-13,547
	17-22	-8,106	8,106
I	18-23	2,465	-2,465
	19-24	-2,452	2,452
	20-25	10,386	-10,386
	21-26	10,7	-10,7
	22-27	-5,011	5,011

Portique Transversal.

Niv	Poteaux	$N_{\vec{SIN}}(t)$	$N_{\overleftarrow{SIN}}(t)$
I	1-3	-1,245	1,245
	2-4	0,215	-0,215
	2'-4'	0	0
VII	3-5	-2,149	2,149
	4-6	0,236	-0,236
	4'-6'	0	0
VI	5-7	-3,966	3,966
	6-8	0,376	-0,376
	6'-8'	0	0
V	7-9	-5,599	5,599
	8-10	0,359	-0,359
	8'-10'	0	0
IV	9-11	-7,158	7,158
	10-12	$-9 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-3}$
	10'-12'	0	0
III	11-13	-9,425	9,425
	12-14	0,373	-0,373
	12'-14'	0	0
	11'-15	-9,425	9,425
II	13-16	-10,725	10,725
	14-17	0,578	-0,578
	14'-17'	0	0
	14''-17''	-1,155	1,155
	15-18	-11,302	11,302
I	16-19	-4,853	4,853
	17-20	0	0
	17'-21	0	0
	17''-22	-0,146	0,146
	18-23	-9,851	9,851

Superposition des sollicitations

Moments flechissants dans les poutres sous SP1

Portique Transversal

Niv	Tronc	M_E (t.m)	M_W^a (t.m)	M_E^a (t.m)
I	1-2	0,657	0,478	0,357
	2-2'	0,600	0,478	0,478
VII	3-4	0,718	0,491	0,421
	4-4'	0,689	0,491	0,491
VI	5-6	0,717	0,491	0,425
	6-6'	0,689	0,491	0,491
V	7-8	0,717	0,491	0,425
	8-8'	0,689	0,491	0,491
IV	9-10	0,717	0,491	0,425
	10-10'	0,689	0,491	0,491
III	11-12	0,717	0,491	0,425
	12-12'	0,689	0,491	0,491
II	13-14	0,717	0,491	0,425
	14-14'	0,689	0,491	0,491
	-16		12,891	
	16-17	0,358	1,523	1,523
	17-17'	0,727	0,491	0,401
	17'-17''	0,689	0,491	0,491
	17''-18	0,717	0,480	0,491

Portique Longitudinal

Niv	Tronc	M_E (t.m)	M_W^a (t.m)	M_E^a (t.m)
T	1-2	5,971	3,458	2,888
	2-2'	0,812	2,703	2,703
VII	3-4	6,540	3,742	3,433
	4-4'	1,458	1,800	1,800
VI	5-6	6,524	3,756	3,466
	6-6'	1,478	1,771	1,771
V	7-8	6,524	3,756	3,466
	8-8'	1,478	1,771	1,771
IV	9-10	6,524	3,756	3,466
	10-10'	1,478	1,771	1,771
III	11-12	6,524	3,756	3,466
	12-12'	1,478	1,771	1,771
II	13-14	12,176	8,204	6,952
	14-15	6,060	3,756	4,811
	15-16	1,481	1,770	1,770
	16-17	6,524	3,466	3,756
	-18		11,881	
I	18-19	11,177	7,465	10,638
	19-20	6,097	3,756	4,691
	20-21	1,481	1,770	1,770
	21-22	6,524	3,466	3,756

Moments flechissants et efforts tranchants dans les poutres sous SP2

Transversal

Longitudinal

NIV	Travée	M_c^{\max} t.m	M_b^{\max} t.m	M_w^{\max} t.m	$T_{x=0}^{\max}$ t	$T_{x=l}^{\max}$ t	Travée	M_c^{\max} t.m	M_b^{\max} t.m	M_w^{\max} t.m	$T_{x=0}^{\max}$ t	$T_{x=l}^{\max}$ t
T	1-2	-2,758	0,994	-2,169	2,14	-2,51	1-2	-6,866	6,516	-5,913	8,07	-8,94
	2-2'	-2,169	0,592	-2,169	2,19	-2,23	2-2'	-6,737	0,757	-6,737	7,47	-7,47
	2''-1'	-2,169	0,994	-2,758	2,14	-2,51	2'-1'	-5,976	6,516	-6,766	8,07	-8,94
VII	3-4	-4,899	1,063	-4,189	3,38	-3,75	3-4	-10,493	6,967	-9,213	8,59	-9,42
	4-4'	-4,189	0,644	-4,189	3,4	-3,44	4-4'	-12,055	1,319	-12,055	10,99	-10,99
	4''-3'	-4,189	1,063	-4,899	3,38	-3,75	4'-3'	-9,213	6,841	-10,493	8,59	-9,42
VI	5-6	-7,57	1,293	-6,393	4,86	-5,23	5-6	-14,68	6,971	-13,13	10,30	-11,11
	6-6'	-6,393	0,644	-6,393	4,73	-4,73	6-6'	-19,159	1,339	-19,159	16,48	-16,48
	6''-5'	-6,393	1,293	-7,57	4,86	-5,23	6'-5'	-13,13	6,971	-14,681	10,30	-11,11
V	7-8	-10,236	1,264	-9,116	6,491	-6,862	7-8	-17,8	7,055	-16,089	11,58	-12,39
	8-8'	-9,116	0,644	-9,116	6,383	-6,383	8-8'	-24,56	1,339	-24,56	8,73	-8,73
	8''-7'	-9,116	1,264	-10,236	6,491	-6,862	8'-7'	-16,08	7,055	-17,8	11,58	-12,39
IV	9-10	-12,202	0,687	-12,295	8,050	-8,421	9-10	-20,38	7,531	-17,7	12,46	-13,27
	10-10'	-12,295	0,644	-12,295	8,31	-8,31	10-10'	-27,526	1,339	-27,526	22,91	-22,91
	10''-9'	-12,295	0,687	-12,202	8,050	-8,421	10'-9'	-17,7	7,531	-20,38	12,46	-13,27
III	11-12	-16,571	1,287	-15,406	10,317	-10,698	11-12	-22,8	7,673	-19,8	13,44	-14,25
	12-12'	-15,424	0,644	-15,424	10,195	-10,195	12-12'	-31,46	1,33	-31,46	25,94	-25,94
	12''-11'	-15,406	1,287	-16,571	10,317	-10,698	12'-11'	-19,88	7,67	-22,8	13,44	-14,25
II	13-14	-19,054	1,625	-17,213	11,617	-11,988	13-14	-12,341	14,443	-19,96	11,04	-12,56
	14-14'	-17,213	0,644	-17,213	11,29	-11,29	14-15	-21,31	6,527	-18,987	14,54	-11,60
	14''-13'	-17,213	0,644	-17,213	11,29	-11,29	15-16	-29,8	1,34	-29,8	24,69	-24,69
	14'''-15'	-17,213	1,625	-19,054	11,617	-11,988	16-17	-18,987	9,885	-26,366	14,80	-13,99
I	-16	0		-28,077	0	-13,16	-18	0		-28,753	0	-13,15
	16-17	-17,975	0,19	-16,175	15,43	-13,47	18-19	-18,8	10,96	-17,258	13,08	-10,86
	17-17'	-16,396	0,687	-16,483	10,52	-10,85	19-20	-18,55	7,087	-14,75	12,92	-10,31
	17''-17'''	-16,483	0,644	-16,483	10,57	-10,80	20-21	-22,1	1,34	-22,1	18,74	-18,74
	17''''-18'	-16,483	0,913	-16,9	10,88	-10,85	21-22	-13,98	8,050	-14,698	11,71	-10,9

Moments dans les poteaux sous SP1
 Portique Transversal

Niv	Poteaux	M _{sup} _{t.m}	M _{inf} _{t.m}
T	1-3	0,357	-0,216
	2-4	0	0
VII	3-5	0,205	-0,212
	4-6	0	0
VI	5-7	0,212	-0,212
	6-8	0	0
V	7-9	0,212	-0,212
	8-10	0	0
IV	9-11	0,212	-0,212
	10-12	0	0
III	11-13	0,212	-0,212
	12-14	0	0
II	13-16	0,212	-4,931
	14-17	0	-0,285
	14'-17'	0	0
	14"-17"	0	0
	15-18	0,212	-0,212
I	16-19	4,931	0
	17-20	0,285	0
	17'-21	0	0
	17"-22	0	0
	18-23	0,212	0

Portique Longitudinal

Niv	Poteaux	M _{sup} _{t.m}	M _{inf} _{t.m}
T	1-3	2,888	1,615
	2-4	1,400	-0,914
VII	3-5	1,818	-1,732
	4-6	1,028	-0,992
VI	5-7	1,732	-1,732
	6-8	0,992	-0,992
V	7-9	1,732	-1,732
	8-10	0,992	-0,992
IV	9-11	1,732	-1,732
	10-12	0,992	-0,992
III	11-14	1,732	-1,698
	12-15	0,992	-0,992
II	13-18	6,952	-0,621
	14-19	1,698	-1,387
	15-20	0,992	-0,992
	16-21	0,992	-0,992
	17-22	1,732	-1,732
I	18-23	0,621	0
	19-24	1,387	0
	20-25	0,992	0
	21-26	0,992	0
	22-27	1,732	0

Moments dans les poteaux sous SP2

Portique Transversal

Niv	Poteaux	M_{sup}^{max} t.m	M_{inf}^{max} t.m
T	1-3	3,24	-0,717
	2-4	4,391	-1,747
VII	3-5	5,081	-2,297
	4-6	7,117	-4,784
VI	5-7	6,706	-3,705
	6-8	9,431	-7,716
V	7-9	8,497	-5,733
	8-10	13,034	-10,664
IV	9-11	9,829	-7,260
	10-12	17,954	-14,69
III	11-13	12,544	-12,542
	12-14	21,156	-21,156
II	13-16	10,24	-27,839
	14-17	19,026	-23,516
	14'-17'	19,026	-23,526
	14"-17"	19,026	-23,254
	15-18	10,24	-14,994
	16-19	19,572	-35,024
I	17-20	15,283	-35,024
	17'-21	15,011	-35,024
	17"-22	15,011	-35,024
	18-23	5,206	-35,024

Portique Longitudinal

Niv	Poteaux	M_{sup}^{max} t.m	M_{inf}^{max} t.m
T	1-3	7,674	-2,388
	2-4	10,112	-5,575
VII	3-5	9,553	-4,998
	4-6	15,482	-12,970
VI	5-7	11,967	-7,199
	6-8	21,528	-17,784
V	7-9	13,511	-9,556
	8-10	26,593	-21,93
IV	9-11	14,241	-11,951
	10-12	27,943	-27,943
III	11-14	14,686	-21,174
	12-15	29,267	-29,267
II	13-18	13,491	-21,224
	14-19	16,641	-19,691
	15-20	24,91	-24,91
	16-21	24,91	-24,91
	17-22	9,774	-13,138
	18-23	11,53	-25,663
I	19-24	12,073	-25,092
	20-25	14,911	-25,946
	21-26	14,911	-25,946
	22-27	4,576	-26,39

Efforts normaux dans les poteaux sous SP1

Portique Transversal

Niv	Po.	N_G E	N_P E	N_{PP} E	$N_G + N_{PP}$ $+ 1,2 N_P$	N^c E
T	1-3	1,153	0,080	2,25	3,499	3,499
	2-4	2,204	0,202	2,25	4,696	4,696
VII	3-5	0,975	0,201	2,25	3,466	6,965
	4-6	1,996	0,508	2,25	4,756	9,452
VI	5-7	0,974	0,201	2,25	3,465	10,430
	6-8	1,897	0,508	2,25	4,757	14,209
V	7-9	0,974	0,201	2,25	3,465	13,895
	8-10	1,897	0,508	2,25	4,757	18,966
IV	9-11	0,974	0,201	2,25	3,465	17,360
	10-12	1,897	0,508	2,25	4,757	23,723
III	11-13	0,974	0,201	2,25	3,465	20,825
	12-14	1,897	0,508	2,25	4,757	29,48
	11-15	0,974	0,201	2,25	3,465	20,825
II	13-16	0,974	0,201	2,25	3,465	24,290
	14-17	1,897	0,508	2,25	4,757	33,237
	15-18	0,985	0,236	2,25	3,518	24,343
I	16-19	4,937	3,665	2,25	11,595	35,975
	17-20	2,777	1,347	2,25	6,643	39,980
	17-21	1,876	0,52	2,25	4,750	37,987
	17-22	1,858	0,409	2,25	4,599	37,836
	18-23	1,013	0,167	2,25	3,463	27,806

Portique Longitudinal

Niv	Rt	N_G E	N_P E	N_{PP} E	$N_G + N_{PP}$ $+ 1,2 N_P$	N^c E
T	1-3	6,044	0,631	2,25	9,051	9,051
	2-4	10,322	1,068	2,25	13,864	13,864
VII	3-5	4,28	1,16	2,25	8,450	17,501
	4-6	7,086	2,649	2,25	12,515	26,339
VI	5-7	4,285	1,602	2,25	8,457	25,958
	6-8	7,081	2,647	2,25	12,507	38,886
V	7-9	4,285	1,602	2,25	8,457	34,415
	8-10	7,081	2,647	2,25	12,507	51,393
IV	9-11	4,285	1,602	2,25	8,457	42,872
	10-12	7,081	2,647	2,25	12,507	63,900
III	11-14	4,285	1,602	2,25	8,457	51,329
	12-15	7,081	2,647	2,25	12,507	71,407
II	13-18	6,068	2,268	2,25	11,040	11,040
	14-19	13,243	4,794	2,25	21,246	72,575
	15-20	5,716	2,137	2,25	10,530	86,937
	16-21	7,081	2,647	2,25	12,507	88,914
	17-22	4,285	1,602	2,25	8,457	59,786
I	18-23	11,818	5,203	2,25	20,312	31,352
	19-24	11,464	4,113	2,25	18,650	91,225
	20-25	5,927	2,193	2,25	10,709	97,646
	21-26	7,081	2,647	2,25	12,507	101,421
	22-27	4,285	1,602	2,25	8,457	68,243

forts normaux dans les poteaux sous SP2

Portique Transversal

Niv	Pot.	G+P+S ₁ H		G+P+S ₂ H		0,8G+S ₁ H		0,8G+S ₂ H		G+P+1,2S ₁ H		G+P+1,2S ₂ H	
		N	N _c	N	N _c	N	N _c	N	N _c	N	N _c	N	N _c
T	1-3	2,24	2,24	4,73	4,73	1,48	1,48	3,97	3,97	1,99	1,99	4,98	4,98
	2-4	4,87	4,87	4,44	4,44	3,78	3,78	3,35	3,35	4,91	4,91	4,40	4,40
	2'-4'	4,66	4,66	4,66	4,66	3,56	3,56	3,56	3,56	4,66	4,66	4,66	4,66
II	3-5	0,94	3,17	5,92	10,64	0,09	1,57	5,07	9,04	0,44	2,43	6,41	11,39
	4-6	4,89	9,76	4,42	8,86	3,55	7,33	3,08	6,43	4,94	9,85	4,37	8,77
	4'-6'	4,65	9,31	4,65	9,31	3,32	6,88	3,32	6,88	4,65	9,31	4,65	9,31
V	5-7	-0,54	2,63	7,39	13,04	-1,39	0,18	6,54	15,58	-1,33	4,09	8,18	15,58
	6-8	5,03	14,79	4,28	13,14	3,69	11,03	2,94	9,37	5,11	14,96	4,20	12,97
	6'-8'	4,66	13,97	4,66	13,97	3,32	10,20	3,32	10,20	4,66	13,97	4,66	13,97
IV	7-9	-2,17	9,46	9,02	27,06	-3,02	-2,84	8,18	23,76	-3,29	-2,20	10,14	29,72
	8-10	5,01	19,81	4,30	17,43	3,68	14,70	2,96	12,33	5,09	20,04	4,22	17,20
	8'-10'	4,66	18,62	4,66	18,62	3,32	13,52	3,32	13,52	4,66	18,62	4,66	18,62
II	9-11	-3,73	-3,27	10,58	37,64	-4,58	-7,42	3,74	33,50	-5,16	-7,37	12,02	41,73
	10-12	4,65	24,45	4,66	22,10	3,31	18,01	3,33	15,66	4,64	24,69	4,67	21,86
	10'-12'	4,66	23,28	4,67	23,28	3,32	16,83	3,32	16,83	4,66	23,28	4,66	23,28
III	11-13	-6	-9,27	12,85	50,49	-6,85	-14,27	12,0	45,50	-7,88	-15,25	14,74	56,47
	12-14	5,03	25,48	4,28	26,38	3,69	21,70	2,94	18,60	5,10	29,79	4,21	26,07
	12'-14'	4,66	27,93	4,66	27,93	3,32	20,15	3,32	20,15	4,66	27,93	4,66	27,93
I	11'-15'	-6	-9,27	12,85	50,49	-6,85	14,27	12,0	45,50	-7,89	-15,25	14,74	56,47
	13-16	-7,3	-16,57	14,15	64,64	-8,15	-22,41	13,30	58,80	-9,45	-24,70	16,30	72,76
	14-17	4,23	33,77	3,08	29,46	3,10	24,80	1,94	20,54	4,35	34,14	2,96	29,03
	14'-17'	4,66	32,59	4,66	32,59	3,32	23,47	3,32	23,47	4,66	32,59	4,66	32,59
	14''-17''	3,5	32,98	5,84	32,19	2,16	12,99	4,47	23,08	3,27	33,06	6,04	32,11
I	15-18	-7,83	-17,11	14,77	65,27	-8,71	-22,98	13,89	59,39	-10,09	-25,34	17,03	73,50
	16-19	6,0	-10,52	15,71	80,35	0,9	-21,51	10,6	69,41	6,03	-19,67	16,67	89,43
	17-20	6,37	40,09	6,39	35,85	4,02	28,82	4,02	24,56	6,37	40,51	6,37	35,41
	17'-21'	4,64	37,23	4,66	37,23	3,30	26,72	4,65	37,23	4,65	37,23	4,65	37,23
	17''-22''	4,37	37,35	4,66	36,85	3,14	16,13	3,43	26,51	4,34	34,40	4,69	36,80
	18-23	-6,42	-23,53	13,28	78,55	-7,24	-30,22	12,46	71,85	-7,39	-33,73	15,25	65,72

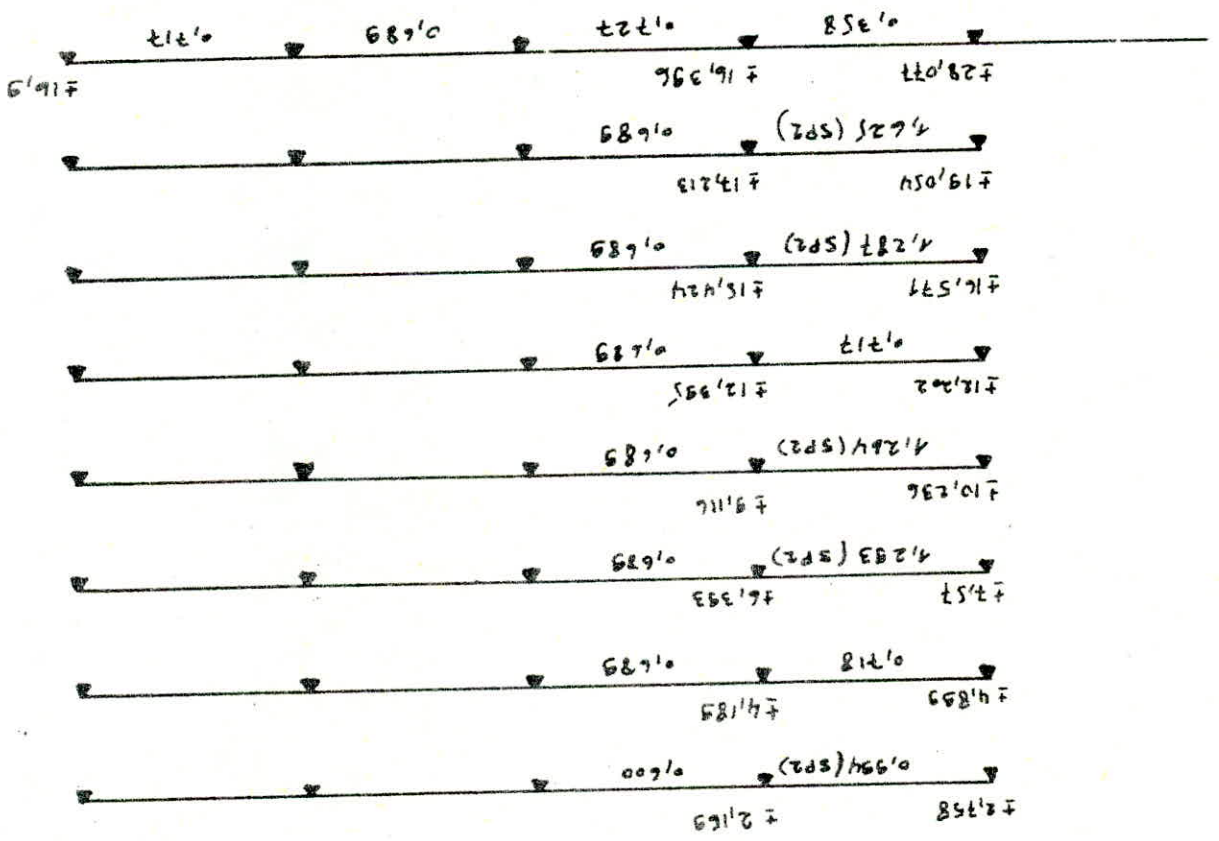
Portique Longitudinal :

Niv	P-t.	G+P+5H		G+P+5H		0,8G+5H		0,8G+5H		G+P+1,25H		G+P+1,25H	
		N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc
T	1-3	7,53	7,53	10,32	10,32	5,24	5,24	8,03	8,03	7,25	7,25	10,60	10,60
	2-4	11,41	11,41	15,87	15,87	7,84	7,84	12,30	12,30	10,98	10,98	16,33	16,33
VII	3-5	5,42	12,95	10,84	21,16	2,51	7,75	7,94	15,99	4,88	12,13	11,38	21,98
	4-6	6,74	18,15	17,23	23,10	2,22	10,06	12,72	25,01	5,69	16,66	19,28	34,61
VI	5-7	3,72	16,67	12,55	33,71	0,82	8,57	9,24	25,63	2,84	14,97	13,43	35,41
	6-8	2,95	21,09	21,01	44,10	-1,57	8,49	16,50	41,51	1,14	17,80	22,82	57,42
V	7-9	2,44	19,12	13,83	47,54	-0,45	8,10	10,92	36,55	1,30	12,27	14,97	59,38
	8-10	-1,93	19,16	21,89	66,0	-4,45	4,04	19,38	60,89	-2,32	15,49	26,27	83,70
IV	9-11	1,56	20,68	14,71	62,26	-1,35	6,75	11,81	48,36	0,25	16,52	16,03	66,41
	10-12	-1,35	17,81	25,30	91,30	-5,86	-1,82	20,79	81,68	-4,01	11,48	27,97	111,66
III	11-14	0,59	21,26	15,69	77,94	-2,32	4,43	12,78	61,14	-0,92	15,60	17,20	83,61
	12-15	-3,38	14,44	27,33	119,64	-7,89	-9,70	22,82	104,49	-6,45	5,03	30,40	142,07
	12-16	27,34	45,15	-3,38	87,92	22,82	21,01	-7,89	73,18	39,41	41,88	-6,45	105,21
II	13-18	7,89	7,89	13,29	13,29	3,95	3,95	9,36	9,36	7,35	7,35	13,83	13,83
	14-19	16,21	37,48	30,36	109,30	8,32	12,75	16,47	77,60	15,40	30,99	25,18	108,79
	15-20	-4,78	9,66	24,98	143,62	-9,51	-18,21	21,25	125,75	-7,75	-2,72	27,96	170,02
	16-21	25,53	70,68	-1,57	86,36	21,01	42,02	-6,08	67,1	28,23	70,12	-4,29	100,93
	17-22	0,03	21,29	16,24	94,16	-2,18	1,55	13,33	74,47	-1,59	14,01	17,86	101,48
I	18-23	27,74	29,63	16,81	30,10	15,72	17,67	8,79	19,15	22,23	29,58	16,51	59,14
	19-24	15,39	52,85	20,28	128,58	8,52	21,29	13,42	91,03	14,89	45,88	20,77	129,56
	20-25	-0,12	9,55	20,66	164,27	-3,92	-22,13	16,85	142,59	-2,19	-4,92	22,73	192,76
	21-26	22,68	93,35	1,28	87,63	18,17	69,19	-3,24	63,87	24,82	94,94	-0,86	100,07
	22-27	3,13	24,42	13,15	107,33	9,22	1,77	10,24	84,71	2,12	16,13	14,15	115,63

Ferrailage des poutres

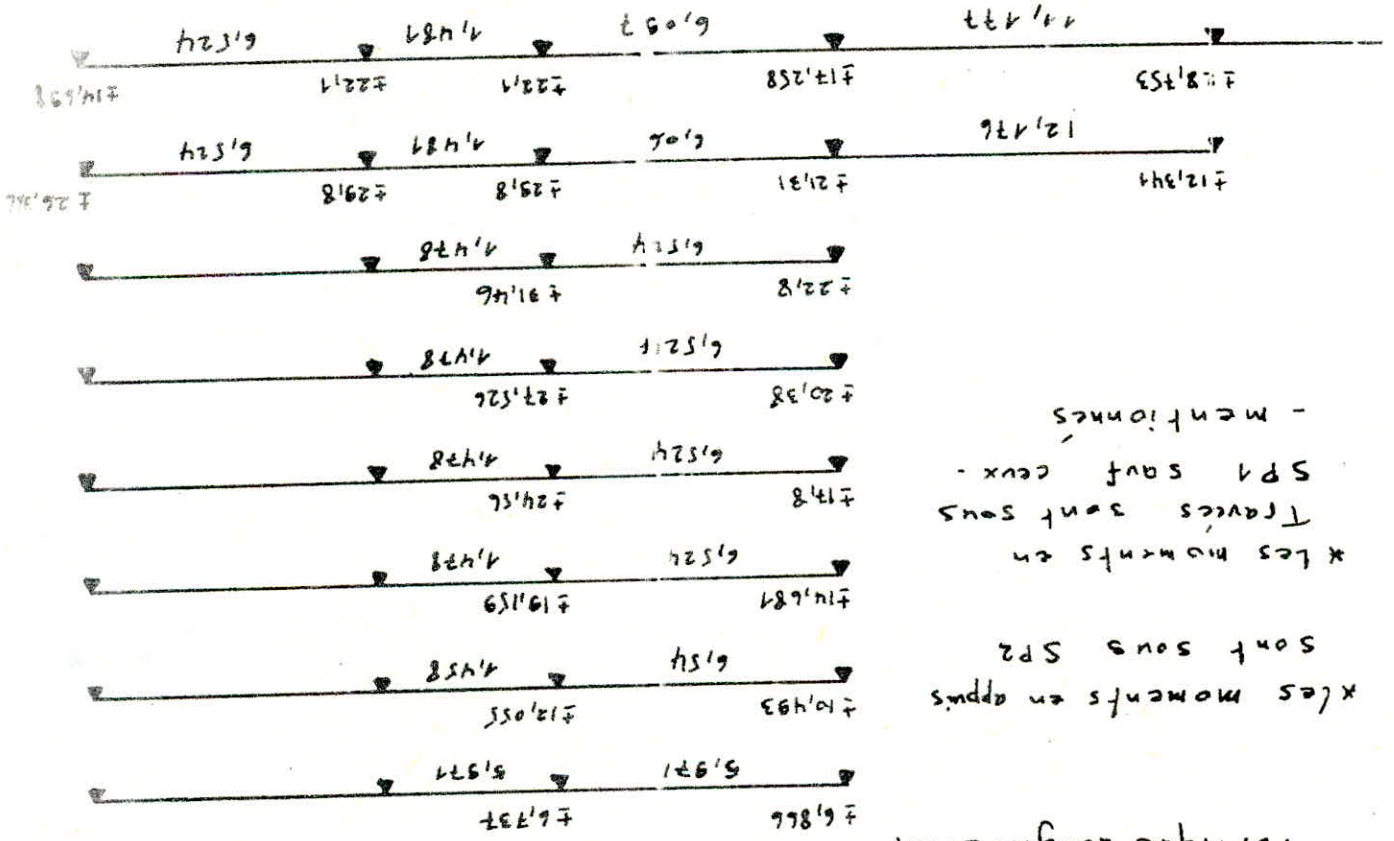
Determination des armatures longitudinales

Portique Transversal (Moments pris en consideration)



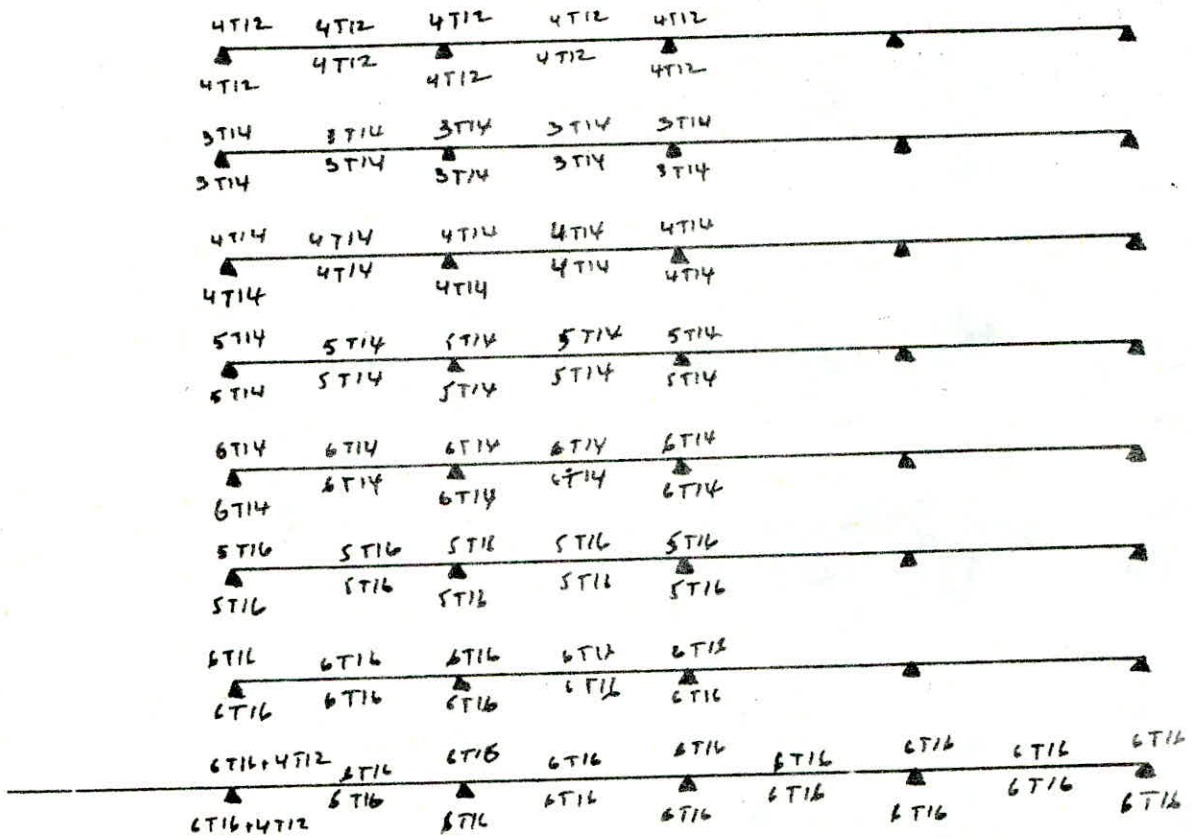
Portique Longitudinal

Les moments en appuis SP2 sont sous SP1 sauf ceux - mentionnés

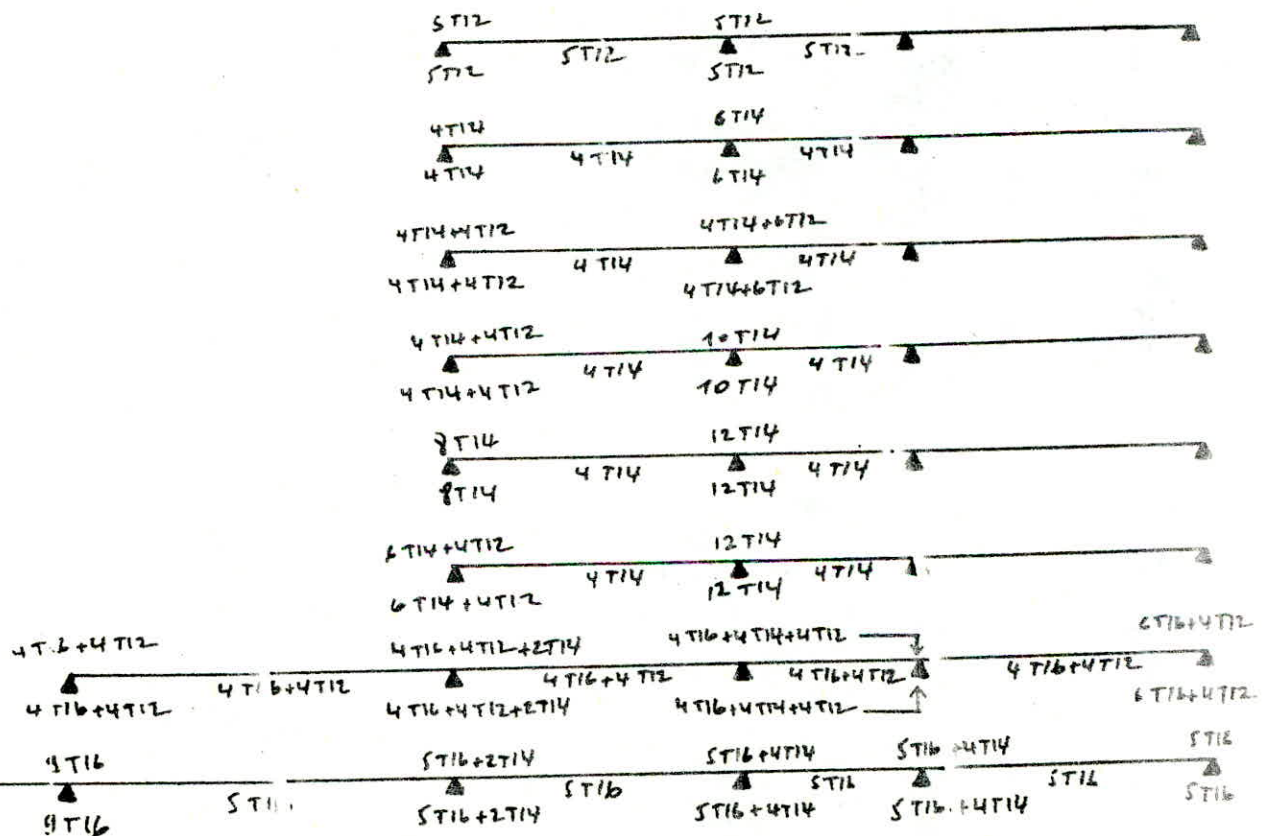


Ferrailage adopté

Portique Transversal



portique Longitudinal



Verifications

* Verification de la fleche. (art. 61 CCBA 68)

$$\frac{A}{b_0 \cdot h} \leq \frac{43}{\sigma_{en}} \quad (\text{la plus restrictive}).$$

$$h_t = 50 \quad (d=4) \Rightarrow h = 46$$

$$b_0 = 30$$

$$\sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} h_t = 50 \quad (d=4) \Rightarrow h = 46 \\ b_0 = 30 \\ \sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\} \text{d'où } A \leq \frac{43 b_0 h}{\sigma_{en}} = 14,13 \text{ cm}^2$$

verifié pour toutes les sections en travée

* Condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} = 0,69 \times 30 \times 46 \times \frac{5,9}{4200} = 1,34 \text{ cm}^2 \quad (\text{Verifié})$$

* Verification de l'adhérence:

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

$$\tau_d = \frac{T \max}{n p z}$$

n : nbre de barres

$$z = \frac{7}{8} h = 40,25 \text{ cm}$$

$$p = \pi \phi.$$

	Niv	T	VIII	VI	V	IV	III	II	I
	ϕ	12	14,14	14	14	14	14,16	12,14,16	16
Transversal	$T \max$ (t)	2,51	3,75	5,23	6,862	8,421	10,688	11,988	15,43
	τ_d	4,13	7,06	9,85	11,69	9,5	10,57	9,88	8,47
Longitudinal	$T \max$ (t)	8,94	10,99	12,48	12,39	22,91	25,94	24,69	18,74
	τ_d	11,78	10,35	10,18	10,0	10,78	12,21	11,62	10,29

* Condition aux appuis :

on doit avoir : $c \geq \frac{2T}{b \bar{f}'_{bo}}$

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

$d = 4$

$r = 5,5\phi$

$a = \begin{cases} 40 \text{ m} \\ 60 \end{cases}$

	Niv	T	VII	VI	V	IV	III	II	I
	ϕ	12	14	14	14	14	14,14	16	16
Transversal	T^{\max}	2,51	3,75	5,23	6,862	8,421	10,688	11,988	15,43
	$\frac{2T}{b \bar{f}'_{bo}}$	2,43	3,63	5,06	6,64	8,15	10,35	11,61	14,9
	c	29,4	28,3	28,3	28,3	28,3	28,2	28,2	28,2
Longitudinal	T^{\max}	8,94	10,99	16,48	12,39	22,81	25,94	24,69	18,74
	$\frac{2T}{\bar{f}'_{bo} b}$	8,66	10,64	15,96	12,0	22,18	25,12	23,91	18,15
	c	49,4	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	47,2	47,2

* Condition de non écrasement du béton :

(art 30.62 CCBA 68)

$r \geq 0,10 \phi \frac{\bar{f}_a}{\bar{f}'_{bo}} \left(1 + \frac{\phi}{d_1}\right) \downarrow = r_0$

avec $\downarrow = 1$

$d_1 = 5\phi + d$

Niv	T	VII	VI	V	IV	III	II	I
ϕ	12	14	14	14	14	16	16	16
$r = 5,5\phi$	6,6	7,7	7,7	7,7	7,7	8,8	8,8	8,8
r_0	5,53	6,49	6,49	6,49	6,49	7,45	7,45	7,45

x Armatures inférieures aux niveau des appuis
(art. 35.32 CCBA 68)

$$A \geq \frac{1}{\sigma_a} \left(T + \frac{M}{z} \right)$$

	Niveau	Noeud	M	T	$\frac{1}{\sigma_a} \left(T + \frac{M}{z} \right)$	A prise
Transversal	T	1	2,156	-2,57	0,68	4,52
	VII	3	4,251	-3,75	1,62	4,62
	VI	5	6,915	-5,23	2,84	6,76
	V	7	9,581	-6,862	4,03	7,70
	IV	10	11,531	-8,421	4,82	9,23
	III	11	15,916	-10,688	6,87	10,05
	II	13	18,399	-11,988	8,03	12,06
	I	18	16,246	-13,47	6,4	16,58
Longitudinal	T	1	5,866	-2,94	4,06	5,65
	VII	4	12,055	-10,99	4,51	9,23
	VI	6	19,159	-16,48	7,41	12,94
	V	8	24,56	-12,39	11,58	15,39
	IV	10	27,526	-22,91	10,83	18,47
	III	12	31,46	-25,94	12,43	18,47
	II	15	29,8	-24,69	11,75	18,72
	I	18	28,753	-18,74	12,55	19,09

x Verification de l'ancrage :

	Niv ϕ	T 12	VII 14	VI 14	V 14	IV 14	III 14,16	II 16	I 16
Transversal	$L_1 = c$	30,4	29,3	29,3	29,3	29,3	28,2	28,2	28,2
	$L_3 = 8\phi$	9,6	11,2	11,2	11,2	11,2	12,8	12,8	12,8
	$L_4 = \frac{\phi}{4} \frac{E_s}{E_c}$	47,46	55,37	55,37	55,37	55,37	63,28	63,28	63,28
	r	6,6	7,7	7,7	7,7	7,7	8,8	8,8	8,8
	$L_1 + 2,5L_3$	54,98	57,97	57,97	57,97	57,97	60,97	60,97	60,97
	$L_4 - 3,92r$	25,99	25,19	25,19	25,19	25,19	28,78	28,78	35,97
Longitudinal	$L_1 = c$	49,4	48,3	48,3	48,3	48,3	48,3	47,2	47,2
	$L_1 + 2,5L_3$	73,98	76,97	76,97	76,97	76,97	76,97	79,97	79,97
	$L_4 - 3,92r$	21,59	25,19	25,19	25,19	25,19	25,19	27,74	35,97

* Verification à la fissuration

$$\sigma_1 = \frac{k \eta}{\phi} \frac{\tilde{\omega}_f}{1 + 10 \tilde{\omega}_f}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k^2}{\phi} \bar{\sigma}_b}$$

Transversal	Niv	A	B _f	$\tilde{\omega}_f$	σ_1	σ_2	$\bar{\sigma}_a$
	T	4,52	240	0,0188	3165	2659,2	2800
	VII	4,62	240	0,0193	2829	2461,9	2800
	VI	6,15	240	0,0256	3494	2461,9	2800
	V	6,75	240	0,0256	3494	2461,9	2800
	IV	9,23	240	0,0384	4756,4	2461,9	2800
	III	10,05	240	0,0419	4429,2	2302,9	2800
	II	12,06	240	0,050	5000,0	2302,94	2800
	I	12,06	240	0,050	5000,0	2059,8	2800
Longitudinal	T	5,65	240	0,0235	3881,8	2659,2	2800
	VII	9,23	240	0,0384	4851,5	2464	2800
	VI	12,94	240	0,0539	6129	2464	2800
	V	15,39	240	0,0671	6835,8	2464	2800
	IV	18,47	240	0,0765	7607,4	2464	2800
	III	18,47	240	0,0769	7607,4	2464	2800
	II	18,72	240	0,0781	6710	2304,8	2800
	I	18,09	240	0,0774	6571,2	2304,8	2800

* Verification des contraintes: (Sections avec A' ≠ 0)

Longitudinal	Appuis	A	A'	γ	I	M	σ'_1	σ'_2	σ_a
	10	18,17	18,47	17,09	3289,4	27,53	143	1643	3229
	12	18,17	18,47	17,09	3289,4	31,46	163,5	1879	4149
	15	18,72	18,72	17,15	3327,5	29,18	153,6	1767	3876
	17	16,58	16,58	16,64	3001,31	26,37	146,2	1166	3969
	18	18,09	18,09	17,10	3231,14	28,75	151,24	1735	3870
Trans.	16	16,58	16,58	16,64	3001,31	28,08	155,7	1774	4121

Sections avec $\alpha' = 0$

	Niv	Appuis	M	A	$\bar{\omega}$	E	K	$\bar{\sigma}_a$	$\bar{\sigma}_b$
Transversal	T	1	-2,758	4,52	0,327	0,9108	47	1458,4	35,6
	VII	3	-4,899	4,62	0,335	0,9098	40,4	2533,7	62,7
	VI	5	-7,57	6,15	0,446	0,8984	34,2	2978,4	87,1
	V	7	-10,236	7,69	0,557	0,8886	29,9	3256,4	108,9
	IV	9	-12,202	9,23	0,668	0,8848	26,8	3248,1	121,2
	III	11	-16,571	10,05	0,728	0,8765	25,5	3914,3	153,5
	II	13	-19,054	12,06	0,874	0,8674	22,7	3336,3	147
	I	18	-16,9	12,06	0,874	0,8674	22,7	3512,1	154,7
	Longitudinal	T	1	-6,866	5,65	0,4094	0,920	36	2928,8
VIII		3	-10,493	6,16	0,4464	0,8984	34,2	4121,8	120,5
		4	-12,055	9,23	0,6688	0,8804	26,8	3225	120,9
VI		5	-14,691	10,63	0,7739	0,8734	24,5	3421,5	139,7
		6	-19,159	12,94	0,9377	0,8638	21,7	3726,2	171,4
V		7	-17,8	10,68	0,7739	0,8734	24,5	4148,4	169,3
		8	-24,56	15,39	1,1152	0,8551	19,5	4057,7	208,06
IV		9	-20,38	12,31	0,8920	0,8663	22,4	4154,5	185,5
III		11	-22,8	13,75	0,9964	0,8607	20,9	4188,2	200,4
II		14	-21,31	15,64	1,1333	0,8542	19,3	3467,6	179,7
I		19	-11,258	13,13	0,9514	0,8634	21,6	3309,5	153,2
		20	-22,1	16,2	1,1739	0,8525	18,9	3478,8	184,1
	22	-14,698	10,05	0,7283	0,8762	25,4	3628,5	142,9	

Armatures transversales

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

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$z = \frac{7}{8} \cdot h = 40,25 \text{ cm}$$

T^{\max} : Effort tranchant max sous SPA.

on verifie: $\tau_b^{\max} \leq 3,5 \bar{\sigma}_b$ si $\sigma'_b < \bar{\sigma}_b$

$$\tau_b^{\max} \leq \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}_b}\right) \bar{\sigma}_b \text{ si } \bar{\sigma}_b < \sigma'_b < 2\bar{\sigma}_b$$

	Niv.	T	VII	VI	V	IV	III	II	I
	Transversal	T^{\max}	1,249	1,265	1,283	1,283	1,283	1,293	1,268
σ'_b		23,73	41,8	58,06	72,6	80,8	102,3	98	103,1
τ_b^{\max}		1,034	1,048	1,063	1,063	1,063	1,063	1,050	6,47
$\bar{\tau}_b$		20,65	20,65	20,65	20,33	19,63	17,78	18,15	17,71
Longitudinal	T^{\max}	7,131	7,068	7,060	7,060	7,060	7,060	10,393	10,393
	σ'_b	54,2	80,6	114,3	138,7	123,7	133,6	119,8	122,7
	τ_b^{\max}	6,37	5,85	5,85	5,85	5,85	5,85	8,61	8,61
	$\bar{\tau}_b$	20,65	19,64	16,76	14,66	15,95	15,10	16,28	16,04

La quantité d'armature est donnée par:

$$A_E = 0,003 A' \cdot b_1 \quad (\text{RPA 81}) \quad \text{avec } s' \leq \frac{h_t}{2} = 25 \text{ cm} \rightarrow s' = 20$$

b_1 : largeur du poteau.

Trans: D'où $A_E \geq 0,003 \times 20 \times 60 = 3,6 \text{ cm}^2$

Long: $A_E \geq 0,003 \times 20 \times 40 = 2,4 \text{ cm}^2$

on choisit 2 cadres + 2 étriers $\phi 10 \rightarrow \begin{cases} A_E = 4,71 \text{ cm}^2 \\ s_{em} = 4200 \end{cases}$

* Espacement:

1) Zone nodale: $s' \leq \min\left(\frac{h_t}{4}, 12\phi\right) = \min(12,5; 12)$

soit $s' = 10 \text{ cm}$

2) Zone courante: $s' \leq \frac{h_t}{2} = 25$, soit $s' = 20 \text{ cm}$

Ferrailage des poteaux

Tableaux donnant: $N^{\max} \rightarrow M^{\text{corr.}}$ (sous SP2)

Portique long:

$$\text{Poteau: } 40 \times 60 : e_1 = \frac{h_e}{6} = 10 \text{ cm}$$

Portique Trans:

$$e_1 = \frac{40}{6} = 6,67 \text{ cm}$$

Niv	Pot.	N^{\max}	$M^{\text{corr.}}$	e_0	$\bar{\sigma}_b$	obs.
T	1-3	10,59	7,67	72,4	206,5	SPC
	2-4	16,33	10,11	61,9	206,5	"
VII	3-5	21,98	9,55	43,5	206,5	"
	4-6	34,61	15,48	44,7	206,5	"
VI	5-7	35,41	11,96	33,8	206,5	"
	6-8	57,42	21,53	37,5	206,5	"
V	7-9	50,38	13,51	26,8	130,4	"
	8-10	83,69	26,59	31,8	206,5	"
IV	9-11	66,41	14,24	21,4	118,0	"
	10-12	111,66	27,94	25,0	126,3	"
III	11-14	83,61	21,17	25,3	127	"
	12-15	142,07	29,26	20,6	116,2	"
	12-16	105,21	29,26	27,8	132,7	"
II	13-18	13,83	21,22	153,5	206,5	"
	14-19	108,79	19,69	18,1	110,5	"
	15-20	170,02	24,91	14,7	102,7	"
	16-21	100,93	24,91	24,7	125,6	"
	17-22	101,48	13,14	12,9	98,5	"
I	18-23	30,14	25,66	85,4	206,5	"
	19-24	129,56	25,09	19,4	113,4	"
	20-25	192,76	25,95	13,5	99,9	"
	21-26	100,07	25,95	25,9	128,4	"
	22-27	115,63	26,39	22,8	121,3	"

Niv	Pot.	N^{\max}	$M^{\text{corr.}}$	e_0	$\bar{\sigma}_b$	obs.
T	1-3	4,98	3,24	65,1	206,5	SPC
	2-4	4,87	3,08	63,3	"	"
	2-4'	4,66	3,08	66,2	"	"
VII	3-5	11,39	5,08	44,6	"	"
	4-6	9,85	7,18	72,9	"	"
	4-6'	9,31	7,18	77,1	"	"
VI	5-7	19,58	6,71	34,3	"	"
	6-8	14,96	9,43	63,1	"	"
	6-8'	13,97	9,43	67,5	"	"
V	7-9	29,78	8,50	28,6	"	"
	8-10	20,04	13,03	65,0	"	"
	8-10'	18,62	13,03	70	"	"
IV	9-11	41,73	9,83	21,2	"	"
	10-12	24,69	17,95	72,7	"	"
	10-12'	23,28	17,95	77,1	"	"
III	11-13	56,47	12,54	22,2	"	"
	12-14	29,79	21,16	71,0	"	"
	12-14'	27,93	21,16	75,7	"	"
II	13-16	72,76	27,84	38,3	"	"
	14-17	34,14	22,98	67,3	"	"
	14-17'	32,59	23,53	72,2	"	"
	14-17''	33,06	23,25	70,3	"	"
	15-18	65,27	12,53	19,2	135	"
I	16-19	89,43	39,16	43,8	"	"
	17-20	40,51	35,02	86,5	"	"
	17-21	38,96	35,02	89,9	"	"
	17-22	34,13	35,02	102,6	"	"
	18-23	78,55	28,19	37,2	"	"

Tableaux donnant $N^{\min} \rightarrow M^{\text{corr.}}$ (sous SP2)Longitudinal : $e_1 = 10 \text{ cm}$ Transversal : $e_1 = 6,67$

Niv	Pot.	N^{\min}	$M^{\text{corr.}}$	e_0	\bar{F}_b	obs.
T	1-3	5,24	6,87	131	206,5	SPC
	2-4	7,84	8,66	110,4	"	"
VII	3-5	7,75	8,25	106,4	"	"
	4-6	10,06	13,06	129,9	"	"
VI	5-7	8,57	10,24	119,5	"	"
	6-8	8,49	18,10	213,1	"	"
V	7-9	8,10	11,53	142,3	"	"
	8-10	4,05	22,32	551,7	"	"
IV	9-11	6,75	12,14	179,8	"	"
	10-12	11,48	26,06	227,1	"	"
III	11-14	4,43	17,91	404,3	"	"
	12-15	5,03	27,38	544,5	"	"
	12-16	21,0	24,54	116,8	"	"
II	13-18	3,95	17,78	449,7	"	"
	14-19	12,75	16,63	130,4	"	"
	15-20	9,66	19,33	200,1	"	"
	16-21	42,02	20,92	49,8	"	"
	17-22	1,55	9,22	593,9	"	"
I	18-23	17,67	21,39	121	"	"
	19-24	21,28	20,91	98,3	"	"
	20-25	9,55	21,62	226,5	"	"
	21-26	60,19	21,62	35,9	"	"
	22-27	1,77	21,99	1242,5	"	"

Niv	Pot.	N^{\min}	$M^{\text{corr.}}$	e_0	\bar{F}_b	obs.
T	1-3	1,48	2,16	146,0	4	"
	2-4	3,35	3,65	109	"	"
	2-4'	3,56	3,15	89,3	"	"
VII	3-5	1,57	3,96	252,5	"	"
	4-6	6,43	5,98	93	"	"
	4-6'	6,88	5,28	86,9	"	"
VI	5-7	0,18	5,29	2941	"	"
	6-8	9,37	7,86	83,9	"	"
	6-8'	10,20	7,86	77,1	"	"
V	7-9	0,46	6,71	1461,6	"	"
	8-10	12,33	10,86	98,1	"	"
	8-10'	13,52	10,86	80,4	"	"
IV	9-11	33,50	7,31	21,8	"	"
	10-12	15,66	14,96	95,6	"	"
	10-12'	11,83	14,96	89,9	"	"
III	11-13	45,50	10,16	22,3	"	"
	12-14	18,60	17,63	94,8	"	"
	12-14'	20,15	17,63	87,5	"	"
II	13-16	58,81	19,73	33,6	"	"
	14-17	20,54	19,55	95,1	"	"
	14-17'	23,47	19,55	83,3	"	"
	14-17''	12,98	19,211	147,9	"	"
	15-18	59,39	12,45	21	"	"
I	16-19	10,57	29,19	276	"	"
	17-20	24,56	29,19	118,8	"	"
	17-21	26,77	29,19	109	"	"
	17-22	16,13	29,19	181	"	"
	18-23	65,12	35,02	53,3	"	"

Tableaux donnant $N \rightarrow M^{\max}$ (sous SP1)Longitudinal: $e_1 = 10 \text{ cm}$ Transversal: $e_1 = 6,67 \text{ cm}$

Niv	Pot.	N	M^{\max}	e_0	\bar{F}_b	obs.
T	1-3	9,05	2,89	91,9	137,7	SPC
	2-4	13,86	1,40	101,1	92,1	SPC
VII	3-5	17,50	1,82	101,4	92,8	SPC
	4-6	26,38	1,03	9,9	77,9	SEC
VI	5-7	25,96	1,73	6,7	84,3	SEC
	6-8	38,89	0,99	2,6	74,9	SEC
V	7-9	34,42	1,73	5,0	80,4	SEC
	8-10	51,39	0,99	1,9	73,3	SEC
IV	9-11	42,87	1,73	4,0	78,1	SEC
	10-12	63,9	0,99	1,6	72,6	SEC
III	11-14	54,33	1,73	3,4	76,7	SEC
	12-15	76,41	0,99	1,3	71,9	SEC
	12-16	76,41	0,99	1,3	71,9	SEC
II	13-13	11,04	6,95	63,0	132,7	SPC
	14-13	72,53	1,70	2,3	74,2	SEC
	15-20	86,94	0,99	1,1	71,4	SEC
	16-21	88,91	0,99	1,1	71,4	SEC
	17-21	59,79	1,73	2,9	75,6	SEC
I	18-23	31,35	0,62	2,0	114,8	SEC
	19-24	91,23	1,39	1,5	72,3	SEC
	20-25	97,65	0,99	1,0	91,9	SEC
	21-26	101,42	0,99	1,0	91,9	SEC
	22-27	68,24	1,73	2,5	74,6	SEC

Niv	Pot.	N	M^{\max}	e_0	\bar{F}_b	obs.
T	1-3	3,50	0,36	10,2	104,0	SPC
	2-4	4,69	0	0		CS
	2'-4'	4,69	0	0		CS
VII	3-5	6,96	0,21	3,0	79,2	SPC
	4-6	9,45	0	0		CS
	4'-6'	9,45	0	0		CS
VI	5-7	10,43	0,21	2	75,8	SEC
	6-8	14,21	0	0		CS
	6'-8'	14,21	0	0		CS
V	7-9	19,89	0,21	1,5	74,1	SEC
	8-10	18,97	0	0		CS
	8'-10'	18,97	0	0		CS
IV	9-11	17,36	0,21	1,2	73,0	SEC
	10-12	23,72	0	0		CS
	10'-12'	23,72	0	0		CS
III	11-13	20,83	0,21	1,0	72,3	SEC
	12-14	28,48	0	0		CS
	12'-14'	28,48	0	0		CS
II	13-16	24,29	0,21	0,8	72,0	SEC
	14-17	33,24	0,29	0,9	72,0	SEC
	14'-17'	33,24	0	0		CS
	14''-17''	33,24	0	0		CS
	15-18	24,34	0,21	0,9	72,0	SEC
I	16-19	35,88	4,93	13,7	116,1	SPC
	17-20	39,88	0,29	0,7	71,3	SEC
	17'-21'	37,99	0	0		CS
	17''-22''	37,84	0	0		CS
	18-23	27,81	0,21	0,8	71,7	SEC

Choix du ferrailage

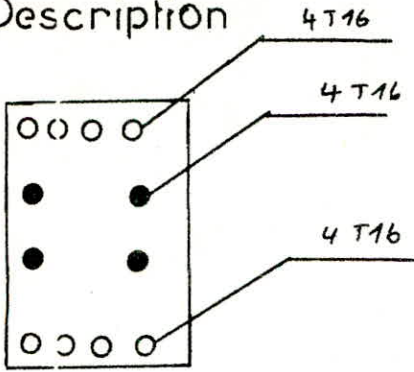
Longitudinal

Niv	Pat.	A'cal	Acal	A'choisie	Achoisie
T	1-3	0	2,15	4T16	4T16
	2-4	0	3,05	4T16	4T16
VII	3-5	0	2,87	4T16	4T16
	4-6	0	4,92	4T16	4T16
VI	5-7	0	3,73	4T16	4T16
	6-8	0	7,57	4T16	4T16
V	7-9	0	4,40	4T16	4T16
	8-10	0,95	10,15	4T16	4T16
IV	9-11	0	4,85	4T20 +2T14	4T20 +2T14
	10-12	12,72	11,24	4T20 +2T14	4T20 +2T14
III	11-14	1,01	7,93	8T20 +2T14	8T20 +2T14
	12-15	26,77	12,60	8T20 +2T14	8T20 +2T14
	12'-15'	9,26	9,46	8T20 +2T14	8T20 +2T14
II	13-18	0	8,55	14T20	14T20
	14-19	13,53	6,38	14T20	14T20
	15-20	40,56	8,05	14T20	14T20
	16-21	0,75	8,27	14T20	14T20
	17-22	12,42	4,04	14T20	14T20
I	18-23	0	9,07	16T20	16T20
	19-24	21,85	7,59	16T20	16T20
	20-25	50,69	9,21	16T20	16T20
	22-26	7,62	3,88	16T20	16T20
	22-27	14,84	19,24	16T20	16T20

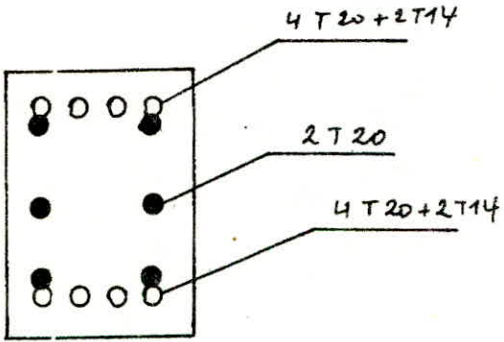
Transversal

Niv	Pat.	A'cal	Acal	A'choisie	Achoisie
T	1-3	0	1,31	4T16	4T16
	2-4	0,37	2,15	4T16	4T16
	2'-4'	0,37	1,76	4T16	4T16
VII	3-5	0	2,59	4T16	4T16
	4-6	0,74	3,98	4T16	4T16
	4'-6'	0,74	4,05	4T16	4T16
VI	5-7	0	3,74	4T16	4T16
	6-8	1,11	5,10	4T16	4T16
	6'-8'	1,11	5,22	4T16	4T16
V	7-9	0	4,75	4T16	4T16
	8-10	1,48	6,57	4T16	4T16
	8'-10'	1,48	7,50	4T16	4T16
IV	9-11	0	4,89	3T20 +2T14	3T20 +2T14
	10-12	1,85	8,32	3T20 +2T14	3T20 +2T14
	10'-12'	1,85	10,86	3T20 +2T14	3T20 +2T14
III	11-13	0	7,23	5T20 +2T14	5T20 +2T14
	12-14	2,22	11,11	5T20 +2T14	5T20 +2T14
	12'-14'	2,22	12,93	5T20 +2T14	5T20 +2T14
II	13-16	4,80	8,44	8T20	8T20
	14-17	5,51	17,42	8T20	8T20
	14-17'	2,59	13,92	8T20	8T20
	15-18	7,76	10,44	8T20	8T20
	16-19	2,2	21,23	8T20	8T20
I	17-20	16,72	2,2	8T20	8T20
	17'-21	16,6	22,3	8T20	8T20
	17'-22	15,33	22,77	8T20	8T20
	18-23	17,06	13,14	8T20	8T20

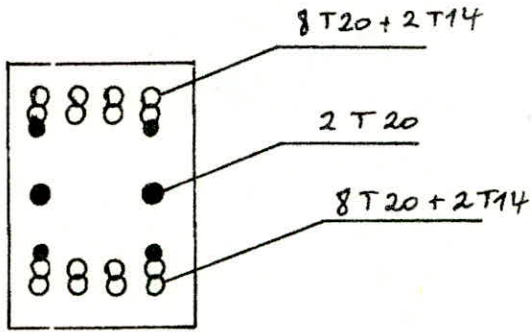
Description



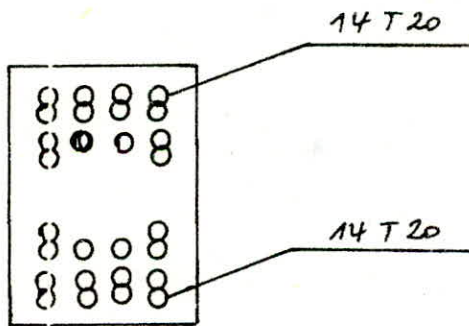
Niv: T-VII-VI-V



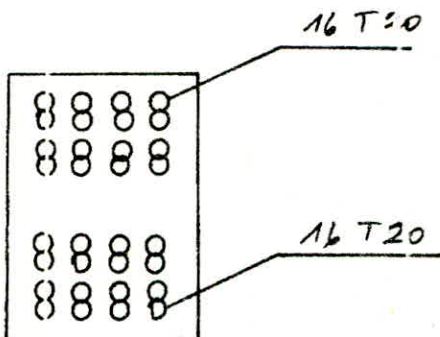
Niv: IV



Niv: III



Niv: II



Niv: I

Armatures transversales

Le RPA 81 (art. 42.312) exige un pourcentage minimum des aûers transversaux en Zone II :

$$A_t = 0,4\% \cdot t \cdot b$$

les armatures utilisées sont des cadres et étriers fermés.

Espacement admissible : RPA 81.

$$\bar{t} \leq \min(10 \phi_L, 15 \text{ cm}) \text{ Zone nodale.}$$

$$\bar{t} \leq 12 \phi_L \text{ Zone courante.}$$

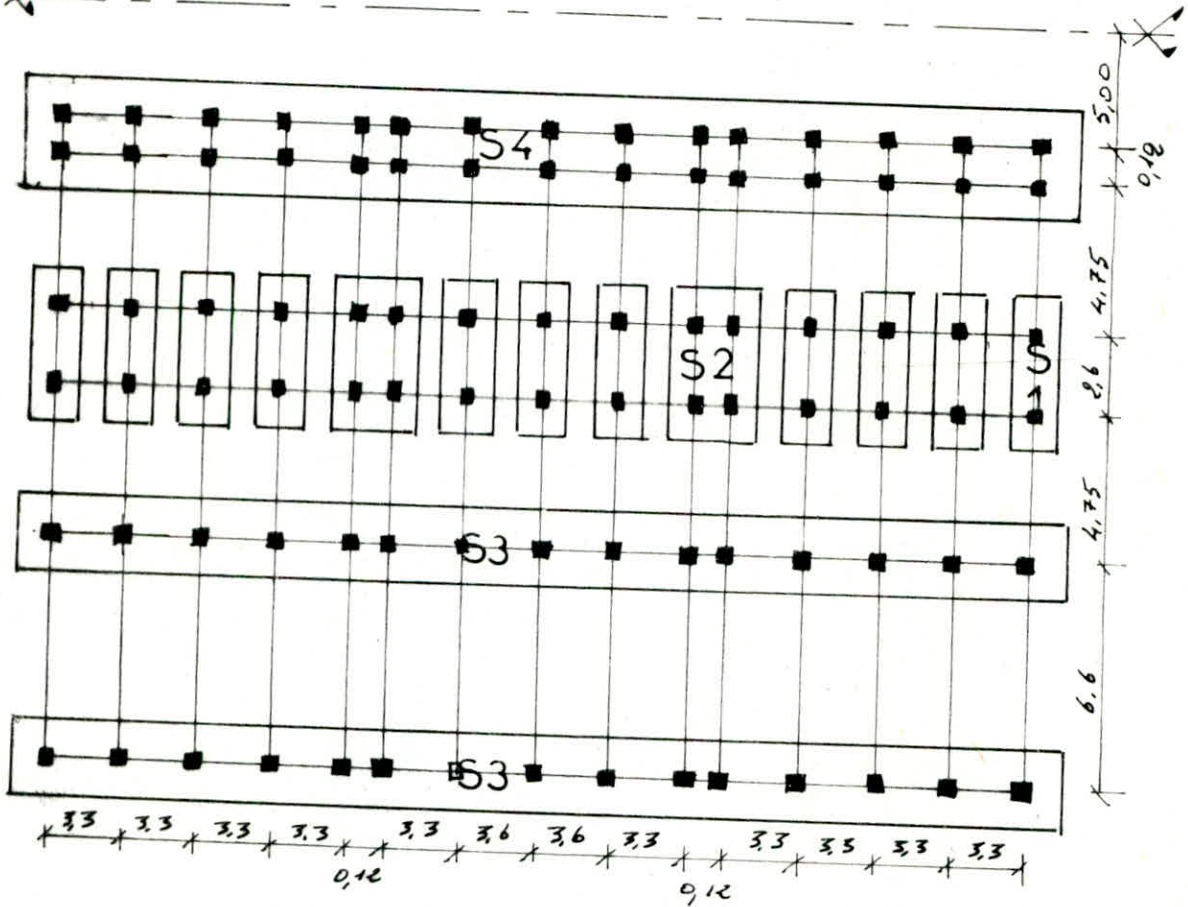
L'écartement t de calcul est donné par : $\frac{A_t}{t} = \frac{1,25T}{h \text{ Gen}}$

$T = 2 \times$ Effort tranchant de calcul (RPA 81).

Niveau	$2T$ (t)	A_t cm ²	cadre + étriers	t cm	Z. courante $t_{\text{adopté}}$	Z. nodale $t_{\text{adopté}}$	$\phi_d = 50 \phi$ cm
T	5,604	3,01	1 cadre + 2 étriers	101,06	15	15	80
VII	10,99	3,01	"	51,53	15	15	80
VI	15,596	3,01	"	36,31	15	15	80
V	19,434	3,01	"	29,14	15	15	80
IV	22,502	3,01	"	25,17	15	15	100
III	23,6	3,01	"	24,00	15	15	100
II	19,974	3,01	"	28,35	15	15	100
I	20,848	3,01	"	27,17	15	15	100

Fondations

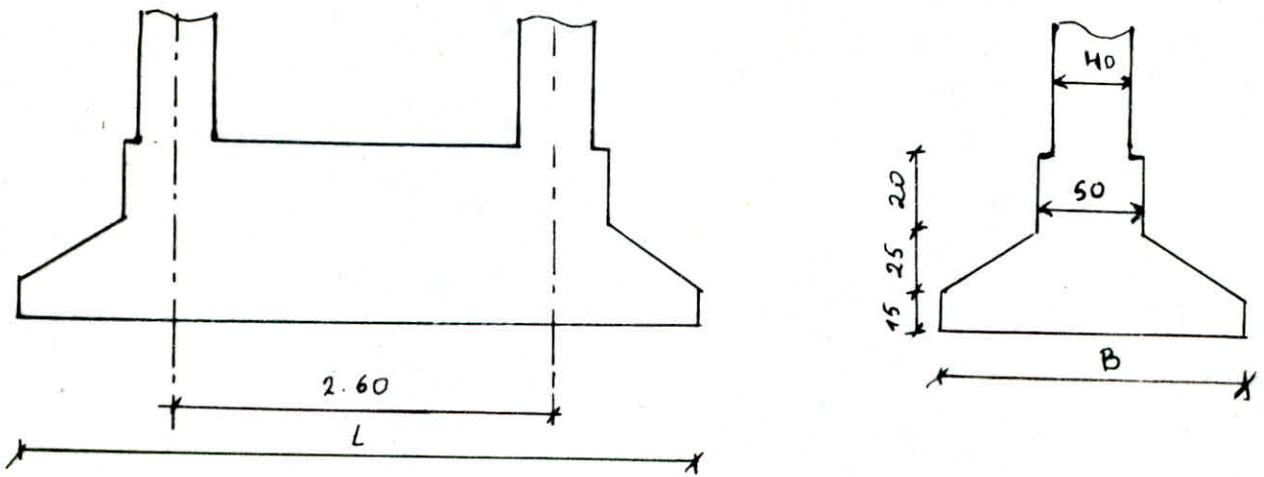
Vue en plan de la structure:



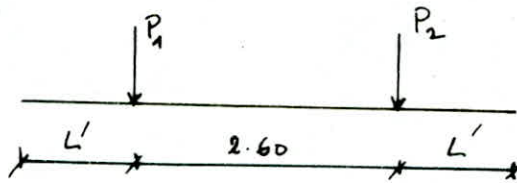
- Types - semelle sous poteaux S1
 - semelle sous 4 poteaux S2
 - semelle continue sous 15 poteaux S3
 - semelle continue sous 2x15 poteaux S4.

remarque: la semelle S4 ne sera pas étudiée dans ce chapitre car n'ayant pas terminé l'étude du bloc nous ne pouvons pas donner une valeur à l'effort de compression à la base de ce bloc pour pouvoir dimensionner notre semelle.

Semelle sous deux poteaux S1 :



Schema statique :



$$P_1 = P_2 = 101,421 \text{ t (sous SP1) .}$$

Prédimensionnement :

$$\text{soit } L' = 1,00 \text{ m} \longrightarrow L = 4,60 \text{ m}$$

$$R = P_1 + P_2 = 2 \cdot 101,421 = 202,842 \text{ t}$$

B : largeur de la semelle :

$$B \cdot L \geq \frac{R}{\sqrt{s}} \longrightarrow B \geq \frac{202842}{460 \cdot 3,5 \cdot 1,2} = 123,5 \text{ cm soit } B = 150 \text{ cm}$$

Poutre de rigidité :

$$h_t \geq \frac{L}{6} = \frac{460}{6} = 76,7 \text{ cm soit } h_t = 60 \text{ cm.}$$

Poids propre de la semelle :

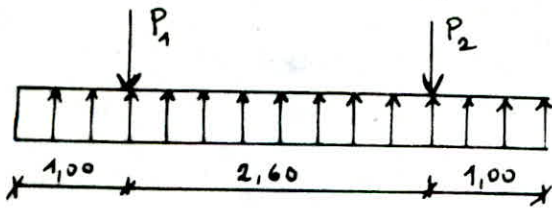
$$N_0 = 2,5 [1,50 \times 0,40 \times 4,60 + 0,2 \times 0,50 \times 3,2 - 0,25 \times 4,60 \times 0,50]$$

$$N_0 = 6,263 \text{ t}$$

$$N_t = R + N_0 = 209,105 \text{ t}$$

$$\sigma = \frac{N_t}{B \cdot L} = \frac{209105}{150 \times 460} = 3,03 \text{ kg/cm}^2 < \sqrt{s}$$

Determination des efforts:



$$P_1 = P_2 = 101,421 \text{ t}$$

$$q = \frac{P_1 \times 2,60}{4,60 \left(\frac{4,60}{2} - 1 \right)} = 44,1 \text{ t/ml}$$

$$0 \leq x \leq 1$$

$$M(x) = q \frac{x^2}{2}$$

$$T(x) = q \cdot x$$

$$M(0) = 0$$

$$M(1) = 22,05 \text{ t.m}$$

$$T(0) = 0$$

$$T(1) = 44,1 \text{ t}$$

$$1 \leq x \leq 2,3$$

$$M(x) = 22,05x - 101,421x + 101,421$$

$$T(x) = 44,1x - 101,421$$

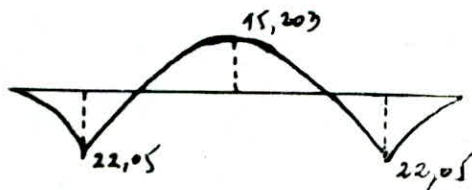
$$M(1) = 22,05$$

$$M(2,3) = -15,203$$

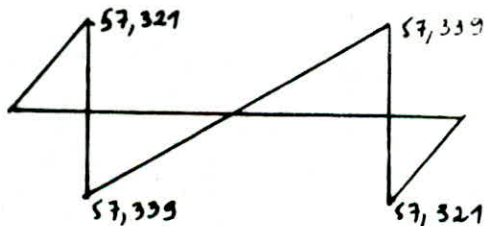
$$T(1) = -57,321$$

$$T(3,6) = 57,339$$

(M)



(T)



• Calcul des armatures longitudinales:

Section aux appuis: $M = 22,05 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = \frac{15 \times 22,05 \cdot 10^5}{2800 \cdot 50 \cdot 55^2} = 0,0781$$

$$\rightarrow k = 29$$

$$E = 0,8864$$

$$r'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{29} = 96,55 < \bar{\sigma}'_b = 137,7 \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a E h} = \frac{22,05 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8864 \cdot 55} = 16,15 \text{ cm}^2 \rightarrow 6 \text{ T} 20 (A = 18,84)$$

• Condition aux appuis: $A \geq \frac{1}{\bar{\sigma}_a} \left(T + \frac{M}{\beta} \right) = \frac{1}{2800} \left(57,339 - \frac{22,05 \cdot 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 55} \right) = 4,11$

Entraînement des armatures: $\tau_d = \frac{T^{\max}}{npz} = \frac{57339}{6\pi \cdot 2 \cdot \frac{7}{8} \cdot 55} = 7,9 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{\tau}_d = 2\psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \times 1,5 \times 5,9 = 17,7 \text{ vérifié}$$

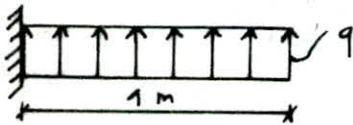
Section en travée: $M = 15,203 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 15,203 \cdot 10^5}{2800 \cdot 50 \cdot 55^2} = 0,0538 \longrightarrow \begin{matrix} K = 36,6 \\ E = 0,9031 \end{matrix}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{36,6} = 76,5 < \bar{\sigma}'_b \longrightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{15,203 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9031 \cdot 55} = 10,93 \text{ cm}^2 \longrightarrow 6T20 (A = 12,06)$$

• Calcul des armatures perpendiculaire à la poutre de rigidité:



$$q = 44,1 \text{ t/ml} \\ h_t = 40 \text{ cm} \quad h = 35 \text{ cm}$$

$$M_A = q \frac{l^2}{2} = \frac{44,1 \times 1}{2} = 22,05 \text{ t.m}$$

soit $b = 100$ $\mu = \frac{15 \times 22,05 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 35^2} = 0,0877 \longrightarrow \begin{matrix} K = 26,9 \\ E = 0,8807 \end{matrix}$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{26,9} = 104,08 < \bar{\sigma}'_b \longrightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{22,05 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8807 \cdot 35} = 25,55 \text{ cm}^2 \longrightarrow 6T20 + 4T16 (A = 26,88)$$

• Contrainte de cisaillement au niveau de l'encastrement:

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{57339}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 35} = 18,77 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} < \bar{\tau}_b = 20,65$$

• Calcul des armatures transversales pour la poutre de rigidité

$$\tau_b = \frac{59339}{50 \cdot \frac{7}{8} \cdot 55} = 24,66 > \bar{\tau}_b, \text{ soit pour } b = 60, \text{ ça vérifie.}$$

on utilise des armatures perpendiculaires à la ligne moyenne,

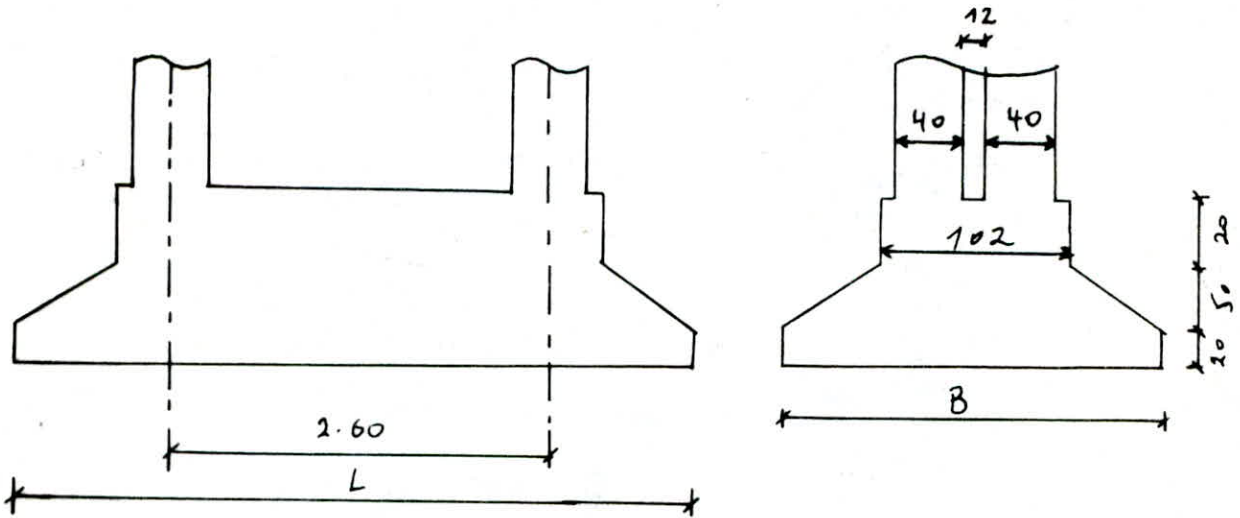
soit 2 cadres + 2 étriers T8 ($A_t = 4,02 \text{ cm}^2$) $\rightarrow t = \frac{A_t \cdot z \cdot \sigma_{at}}{T}$

avec $\sigma_{at} = \left(1 - \frac{19,38}{9 \times 5,9}\right) \times 4200 = 2667,12 \rightarrow t = 8,69 \text{ cm}$

$$\bar{t} = \max(t_1, t_2) \quad t_1 = 0,2 \cdot h = 0,2 \cdot 55 = 11 \text{ cm} \quad t_2 = \left(1 - 0,3 \cdot \frac{20,55}{5,9}\right) \cdot 55 < 0$$

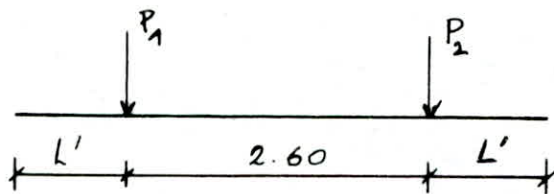
soit $t = 10 \text{ cm}$

Semelle sous deux poteaux S2



Schema statique :

$$P_1 = P_2 = 201,941 \text{ t}$$



Predimensionnement :

$$\text{soit } L' = 1,00 \longrightarrow L = 4,60 \text{ m}$$

$$R = P_1 + P_2 = 2 \cdot 201,941 = 403,882 \text{ t}$$

$$B \geq \frac{R}{L \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{403882}{460 \cdot 3,57} = 2,459 \text{ m} \quad \text{soit } B = 2,60 \text{ m}$$

Poutre de rigidité :

$$h_t \geq \frac{l}{6} = \frac{260}{6} = 43,33 \text{ cm} \quad \text{soit } h_t = 90 \text{ cm}$$

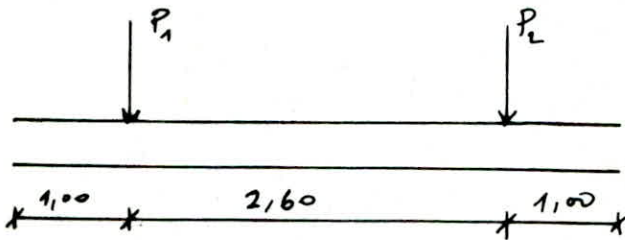
Poids propre de la Semelle :

$$N_0 = 2,5 \left[2,60 \times 0,70 \times 4,60 + 0,12 \times 1,02 \times 3,2 - 0,4 \times 0,54 \times 4,60 \right] = 8,031 \text{ t}$$

$$N_t = R + N_0 = 403,882 + 8,031 = 411,913 \text{ t}$$

$$\sigma = \frac{N_t}{B \cdot L} = \frac{411913}{260 \cdot 4,60} = 3,44 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s$$

Determination des efforts:



$$P_1 = P_2 = 201,941 \text{ t}$$

$$q = \frac{201,941}{4,60 \left(\frac{4,60}{2} - 1 \right)} = 87,8 \text{ t/m}$$

$$0 \leq x \leq 1 \quad M(x) = q \frac{x^2}{2}$$

$$T(x) = q \cdot x$$

$$M(0) = 0$$

$$M(1) = 43,9 \text{ t.m}$$

$$T(0) = 0$$

$$T(1) = 87,8 \text{ t}$$

$$1 \leq x \leq 4,3$$

$$M(x) = 43,9x - 201,941x + 201,941$$

$$T(x) = 87,8x - 201,941$$

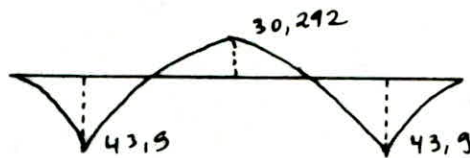
$$M(1) = 43,9$$

$$M(2,3) = -30,292$$

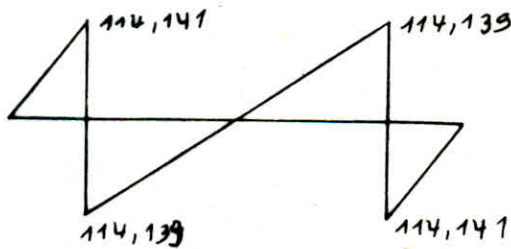
$$T(1) = -114,141$$

$$T(3,6) = 114,131$$

(M)



(T)



• Calcul des armatures longitudinales :

Section aux appuis : $M = 43,9 \text{ t.m}$

$$\mu = \frac{15 \times 43,9 \cdot 10^5}{2800 \cdot 102 \cdot 85^2} = 0,0319 \longrightarrow K = 50$$

$$\epsilon = 0,9231$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{50} = 56 \text{ kg/cm}^2 \longrightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{43,9 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9231 \cdot 85} = 19,98 \text{ cm}^2 \longrightarrow 10 \text{ T16 } (A = 20,10 \text{ cm}^2)$$

Condition aux appuis: $A \geq \frac{1}{2800} \left(114141 - \frac{43,9 \cdot 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 85} \right) = 19,68$ vérifié.

Entraînement des armatures: $\tau_d = \frac{T^{\max}}{n p z} = \frac{114141}{10 \pi \cdot 1,6 \cdot \frac{7}{8} \cdot 85} = 30,53$

$\bar{\tau}_d = 2 \times 1,5 \times 5,9 = 17,7$ non vérifié.

$\tau_d \leq 17,7 \rightarrow \frac{114141}{n \pi \phi \cdot \frac{7}{8} \cdot 85} \leq 17,7 \rightarrow n \phi \geq 27,6$ soit 14T20

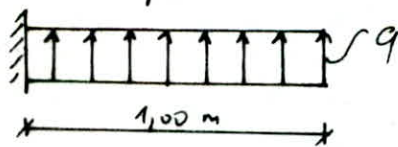
Section en Travée: $M = 30,292$

$\mu = \frac{15 \times 30,292 \cdot 10^5}{2800 \cdot 102 \cdot 85^2} = 0,0220 \rightarrow K = 6290$
 $E = 0,9351$

$r'_b = \frac{2800}{62} = 45,16 \rightarrow A' = 0$

$A = \frac{30,292 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9351 \cdot 85} = 13,61 \rightarrow 4T20 + 2T14 (A = 15,64)$

Calcul des armatures longitudinales perpendiculaires à la poutre rigidité:



$q = 87,8 \text{ t/ml}$

$h_t = 65$

$M_A = q \frac{l^2}{2}$

soit $b = 1,00$ $M_A = 43,9 \text{ t.m}$

$\mu = \frac{15 \times 43,9 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 65^2} = 0,0557 \rightarrow K = 35,8$
 $E = 0,9016$

$r'_b = \frac{2800}{35,8} = 78,21 \rightarrow A' = 0$ $A = \frac{43,9 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9016 \cdot 65} = 26,75 \text{ cm}^2$

soit 8T20 + 2T14 ($A = 28,21$)

Contrainte de cisaillement au niveau de l'encastrement:

$\tau_b = \frac{114141}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 65} = 20,07 < \bar{\tau}_b$

Armatures Transversales pour la poutre de rigidité:

$\tau_b = \frac{114141}{102 \cdot \frac{7}{8} \cdot 85} = 15,05 < \bar{\tau}_b$

soit 2 cadres + 2 étriers T8 ($A_t = 4,02$)

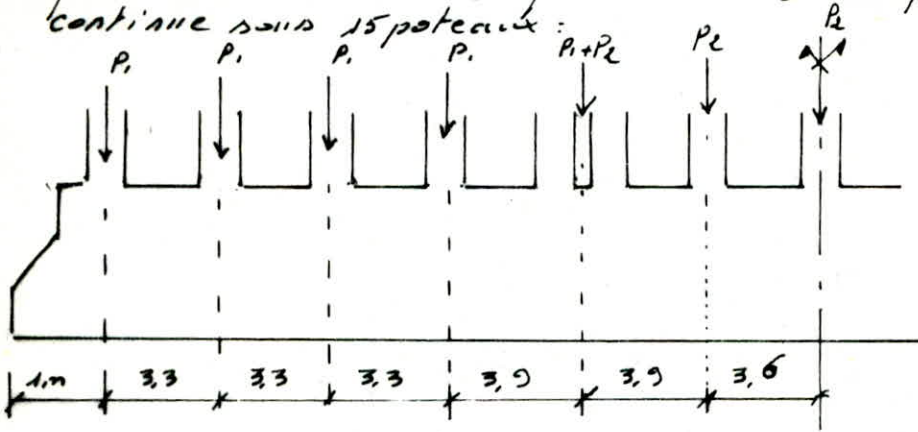
$t = \frac{A_t \cdot s \cdot \sigma_{at}}{T}$ avec $\sigma_{at} = 3009,6$

d'où $t = 7,88 \text{ cm}$ $\bar{F}_1 = 0,2 \cdot 85 = 17$

$\bar{F}_2 = (1 - 0,3 \frac{15,05}{5,9}) \cdot 85 = 19,9$ soit $t = 10 \text{ cm}$

Semelle sous 15 poteaux

Les autres axes étant petits maximum = 3,6m et dans le but de faciliter l'exécution des fondations on adopte une semelle continue sous 15 poteaux :



$$P_1 + P_2 = 91,23 + 90,06 = 181,29 \text{ t}$$

$$P_1 = 91,23 \text{ t}$$

$$P_2 = 90,06 \text{ t}$$

Prédimensionnement :

$$L = 44,6 \text{ m}$$

$$R = \sum P_i = 1362,6 \text{ t}$$

largeur de la semelle :

$$B \geq \frac{R}{\bar{\sigma}_s} = \frac{1362,610^3}{44,610^2 \times 3,5 \times 10^2} = 85,5 \text{ cm}$$

on prend $B = 150 \text{ cm}$

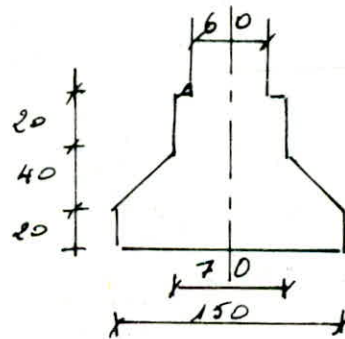
soit N_0 = poids de la semelle :

$$N_0 = (0,7 \times 0,2 \times 44,6 + 150 \times 0,2 \times 44,6) \times 2,5 + (9,4 \times 0,4 \times 44,6) \times 2,5$$

$$N_0 = 66,9 \text{ t}$$

$$N = R + N_0 = 1362,6 + 66,9 = 1429,5 \text{ t}$$

$$\bar{\sigma} = \frac{N}{B L} = \frac{1429,5}{150 \times 44,610^2} = 2,11 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s = 3,5$$



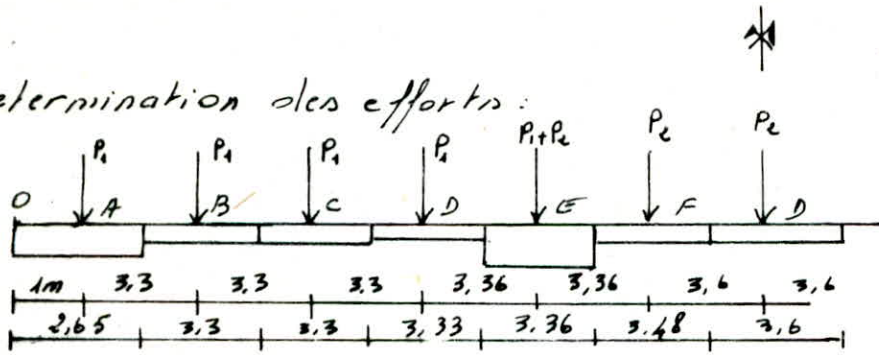
L_e = longueur élastique :

$$L_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{K \cdot B}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 210^5 \times 150 \times 80^3 / 12}{4 \times 150}} = 303,94 \text{ cm}$$

$$\frac{\pi}{2} L_e = \frac{\pi}{2} \cdot 303,94 = 4,77 \text{ m}$$

$l_{\max} = 3,9 \text{ m} < \frac{\pi}{2} L_e \rightarrow$ donc on considère que la répartition des contraintes est linéaire :

Determination des efforts :



$$q_1 = \frac{91,23}{2,65} = 34,43 \text{ t/mf}$$

$$q_2 = \frac{91,23}{3,3} = 27,65 \text{ t/mf}$$

$$q_3 = \frac{91,23}{3,33} = 27,40 \text{ t/mf}$$

$$q_4 = \frac{91,23 + 40,06}{3,36} = 53,96 \text{ t/mf}$$

$$q_5 = \frac{90,06}{3,48} = 25,88 \text{ t/mf}$$

$$q_6 = \frac{90,06}{3,6} = 25,02 \text{ t/mf}$$

dimension de la poutre de rigidité

$$b = 70 \text{ cm}$$

$$h_f = 80 \text{ cm}$$

$$d = 4 \text{ cm}$$

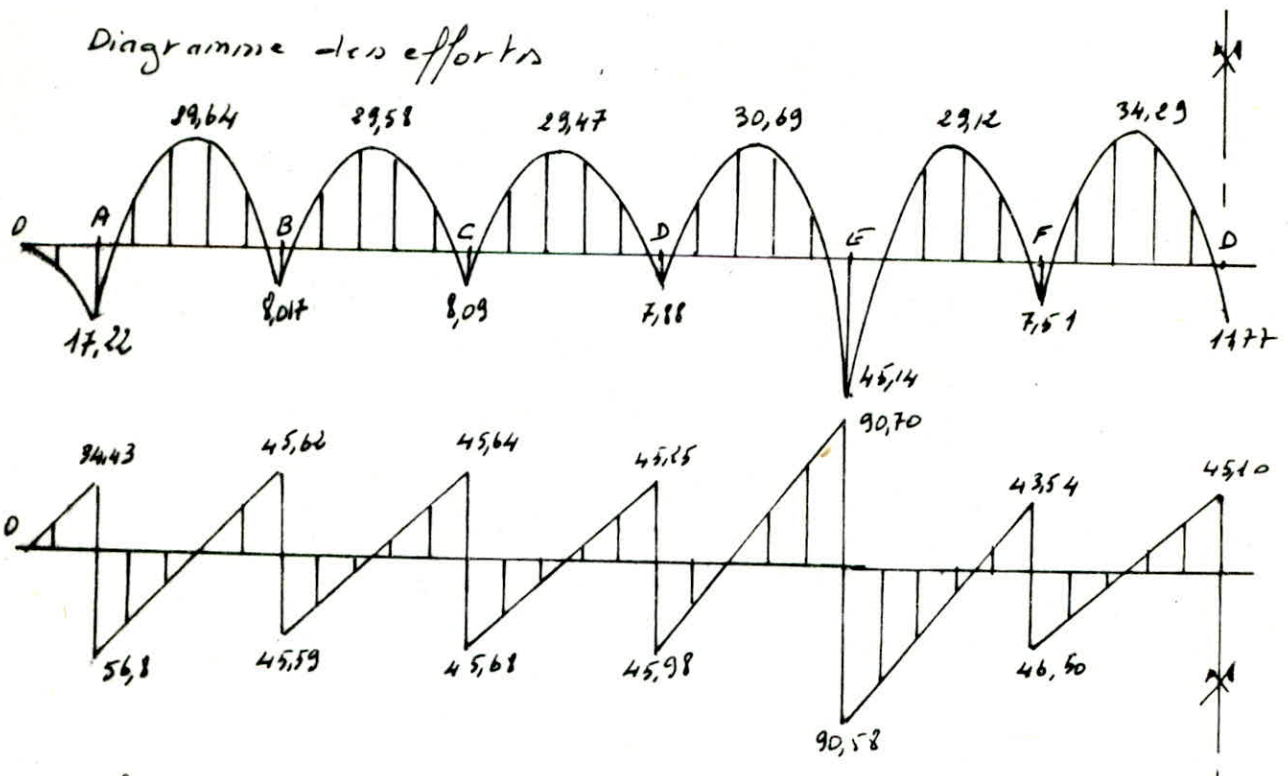
	OA 0 ≤ x ≤ 1		AB 1 ≤ x ≤ 4,3		BC 4,3 ≤ x < 7,6				CD 7,6 ≤ x ≤ 10,9			DE 10,9 ≤ x ≤ 14,26		
x (cm)	0	1	1	2,65	4,3	4,3	5,95	7,6	7,6	9,25	10,9	10,9	12,58	14,26
M (tm)	0	17,22	17,22	-29,64	8,017	8,017	-29,58	8,098	8,098	-29,47	7,88	7,88	-30,69	45,14
T (t)	0	34,43	-56,8	0	46,62	-46,59	0	46,64	-46,68	0	45,25	-45,28	0	90,70

	EF 14,26 ≤ x ≤ 17,62		FD 17,62 ≤ x ≤ 21,22			
x (m)	14,26	15,94	17,62	17,62	19,42	21,22
M (tm)	45,26	-29,2	7,51	7,51	-24,29	11,77
T (t)	-90,58	0	43,54	-46,5	0	45,10

Armature longitudinales :

Section	IT (tm)	γ	ε	K	σ _b '	A _{col} cm ²	A _{adopt}
Travée	+34,29	0,0454	0,9101	40,6	68,97	17,71	6T20 A=18,84
appuis	+45,26	0,0596	0,8988	34,14	81,40	23,66	10T20 A=31,41

Diagramme des efforts



Verifications:

conditions aux appuis:

$$A = 18,84 \text{ cm}^2 \geq \frac{1}{6a} \left(T_{\max} + \frac{\pi}{3} \right) = \frac{1}{2800} \left(90,7 \cdot 10^3 - \frac{45,14 \cdot 10^5}{\frac{\pi}{8} \cdot 76} \right)$$

$$A = 18,84 \text{ cm}^2 \geq 8,15 \text{ cm}^2$$

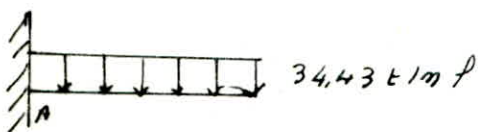
entrainement des armatures:

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

$$T_d = \frac{T_{\max}}{\pi \rho} = \frac{90,7 \cdot 10^3}{10 \times \pi \times 2 \times \frac{\pi}{8} \cdot 76} = 21,76 \text{ kg/cm}^2 > 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

donc je prend 14 T20 $\Rightarrow T_{01} = \frac{90,7 \cdot 10^3}{14 \times \pi \times 2 \times \frac{\pi}{8} \cdot 76} = 15,51 < 17,7 \text{ kg/cm}^2$

Armatures perpendiculaires à la poutre de rigidité:



soit $b = 100 \text{ cm}$
 $h = 60 \text{ cm}$
 $d = 4 \text{ cm}$

$$\rho_a = 34,43 \times \frac{1^2}{2} = 17,22 \text{ km}$$

ρ_a (km)	γ	E	K	σ'_b (kg/cm ²)	A_{col} (cm ²)	A_{adapt}	e
17,22	0,0316	0,9237	50,5	55,45	12,33	8 T16/m ¹ A = 16,08	12

contrainte de cisaillement au niveau de l'encastrement:

$$\tau_b = \frac{T}{b_z} = \frac{34,43 \cdot 10^3}{100 \times \frac{7}{8}} = 7,03 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

Vérification du poinçonnement:

$$\bar{\sigma}_b = \frac{1,5 Q}{P_c \cdot h_t} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b$$

$$Q = \text{charge max des poteaux} = 181,2 \text{ kT}$$

$$h_t = 80 \text{ cm}$$

$$P_c = 2(60 + 40 + 2 \times 80) = 520 \text{ cm}$$

$$P_c = 2(b_x + b_y + 2h_t)$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{1,5 \times 181,29 \cdot 10^3}{520 \cdot 80} = 6,54 \text{ kg/cm}^2 < 1,2 \times 5,9 = 7,08 \text{ kg/cm}^2$$

Armatures transversales:

pour la poutre de rigidité:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{90,7 \cdot 10^3}{70 \times \frac{7}{8}} = 19,48 < 20,65 \text{ kg/cm}^2$$

on choisit cadres + étriers en T8 $A_t = 4,02 \text{ cm}^2$

$$\sigma_{\text{cat}} = f_{\text{cat}} \cdot \bar{\sigma}_{\text{cat}} = \frac{2}{3} \cdot 4200 = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$t \leq \frac{A_t \cdot z \cdot \sigma_{\text{cat}}}{T} = \frac{4,02 \cdot 76 \cdot \frac{7}{8} \cdot 2800}{90,7 \cdot 10^3} = 8,25 \text{ cm}$$

on prend $t = 8 \text{ cm}$ le long de la poutre.

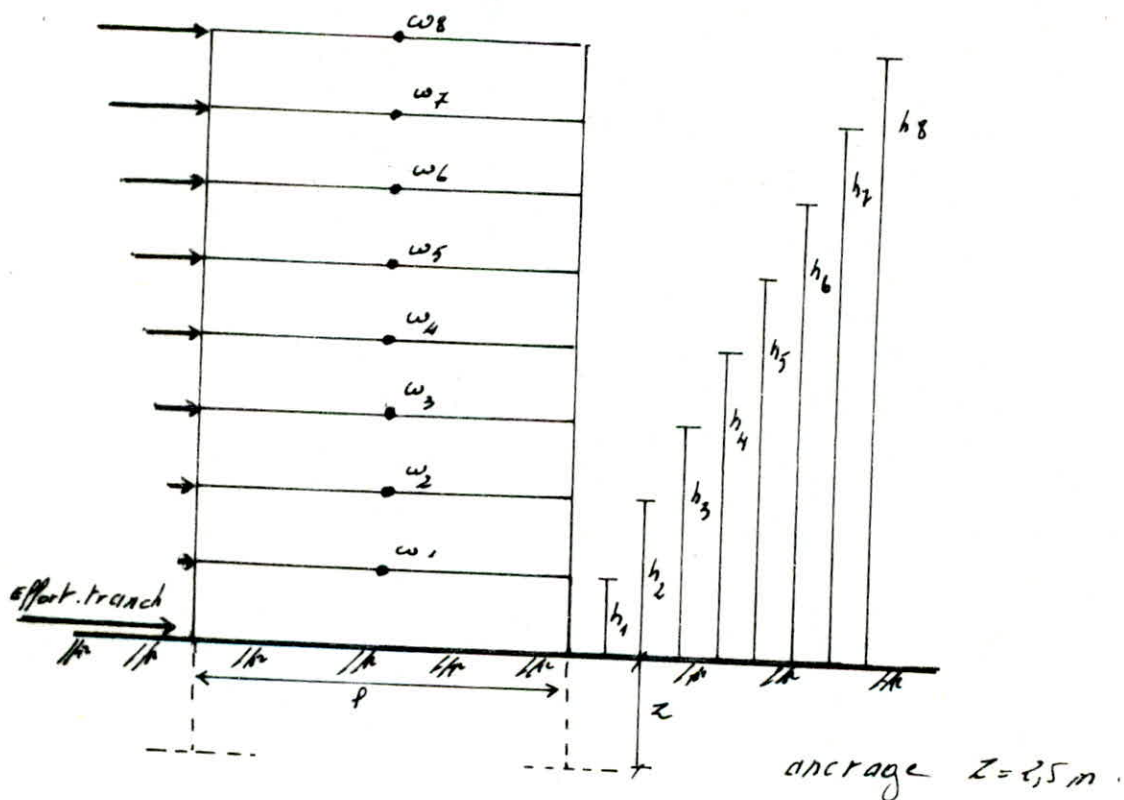
Verification au renversement

chaque structure doit être calculée afin de résister aux efforts de renversement qui peuvent être engendrés par les efforts sismiques.
Le moment de renversement est défini comme suit.

$$M_{renv}^t = M_{encorsole}^{(RDC)} + \text{effort tranchant} \times Z \quad (\text{base})$$

pour que notre bâtiment soit stable il faut vérifier :

$$M_{resist}^t \geq 1,5 M_{renv}^t$$



$$M_{encorsole}^{(RDC)} = \sum_{i=1}^8 F_i h_i =$$

$$\text{Effort tranchant à la base} : T = \sum_{i=1}^8 F_i$$

$$\text{Moment résistant} : M_r = b \cdot \sum_{i=1}^8 w_i \quad b = \frac{P}{2}$$

	SENS	$M_r^{resist} \text{ tm}$	$M_{renv}^t \text{ tm}$	$\frac{M_{resist}}{M_{renv}}$	Verification
BLOCA	Longitudinal	14 864,06	3517,26	4,23	Verifiée
	Transvers	10 969,20	4071,29	2,69	Verifiée
BLOC B	Longitudinal	12 116,8	4030,8	3,01	Verifiée
	Transvers	11 159,9	4001,79	2,778	Verifiée

Calcul des longrines

Les longrines sont placées au niveau des semelles qu'elles relient entre elles, elles doivent être calculées pour résister à la traction ou à la compression sous l'action d'une force égale à 10% de l'effort normal.

La longrine a une section 45×45 et elle est soumise à $10\% N = 10,14 \text{ t}$

$$\text{En compression: } A_L \geq \frac{1}{\gamma} \left(\frac{N'}{\sigma_c} - B \right) = \frac{1}{15} \left(\frac{10,14 \cdot 10^3}{68,85} - 45 \cdot 45 \right) < 0$$

$$\text{En traction: } A_L \geq \frac{N}{\sigma_a} = \frac{10,14 \cdot 10^3}{2800} = 3,62 \text{ cm}^2$$

condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 b h \frac{\sigma_b}{\sigma_{bcn}} = 0,69 \times 45 \times 40 \frac{5,9}{4200} = 1,75 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

on prend: 4T14 $A = 6,16 \text{ cm}^2$
pour les armatures transversales on prend des cadres $\phi 8$ avec $t = 20 \text{ cm}$

Calcul du voile périphérique

D'après le règlement préconisé par le CTC. sous le RDC on dispose des murs périphériques en B.A qui ceinturent le bâtiment, ces murs reprennent les efforts du sisme au niveau du RDC et assurent une grande stabilité à l'ensemble du bâtiment. la hauteur du voile doit être telle:

$$h \geq \max \left(\frac{1}{10} H, 0,8 \text{ m} \right) \text{ RPA 84 3.3.8.5} \Rightarrow h = 3,2 \text{ m.}$$

$$e = 30 \text{ cm (épaisseur)}$$

Fermeture:

Armatures longitudinales filantes sup et inf:

$$A \geq 0,20\% S_L \quad S_L = h \cdot e \text{ (section transversale)}$$

$$A \geq 0,002 \cdot 320 \cdot 30 = 19,2 \text{ cm}^2$$

soit: 8T20.

Armature longitudinale de peau de section $\geq 2 \text{ cm}$ par face et par ml. de hauteur
soit 5T12

