

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

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : G-Civil

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

ETUDE DE LA STRUCTURE
BATIMENT R+7 EN PORTIQUES
3 PLANCHES

Proposé Par : CTC

Etudié par : A. Kebaili

Dirigé par : R. Boud

B. Choubkha

PROMOTION : J/88

DEDICACES



- Je dédie cette thèse à toute ma famille .
- A tous les collègues
- A toute la famille IDIR
- A tout le personnel du Lycée de Belfort en particuliers
M^r. BOUKEDJAR ET M^r BĒNARBIA
- A tous les amis

A - KEBAILI

-
- A mes chers parents
 - A mes frères
 - A mes sœurs
 - A tous mes amis

B. CHOUBKHA

REMERCIEMENTS

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Nous remercions vivement tous les collègues qui ont collaboré, en particulier notre promoteur M^r BLOUD pour sa constante disponibilité et son précieux concours pour l'établissement de ce projet.

Nous tenons à remercier également tous les enseignants de l'ENPA du département genie-civil

SO M M A I R E

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

GENERALITES

- Présentation de l'ouvrage	1
- Caractéristiques des matériaux	3
- Charges et surcharges	5
- Prédimensionnement	6

CALCUL DES ELEMENTS

- Calcul des poutrelles	7
- Calcul des escaliers	8

ETUDE AU SEISME

- Calcul des rigidités	12
- Etude au seisme	19

CALCUL DES EFFORTS SOUS CHARGES HORIZONTALES. . . 31

CALCUL DES EFFORTS SOUS CHARGES VERTICALES. . . 44

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS. . . 57

FERRAILLAGE DES POUTRES. . . 65

FERRAILLAGE DES POTEAUX. . . 76

CALCUL DES FONDATIONS. . . 84

Chapitre 1

GENERALITES

Le projet qui nous a été confié par le CTC consiste à étudier la structure résistante d'un bâtiment à usages d'habitation commercial et culturel.

Le bâtiment est constitué d'une ossature en portiques autostables.

Cette structure comporte sept niveaux, un RDC à usage commercial (Marché), le premier niveau est à usage culturel.

Le bâtiment comporte un vide sanitaire de 3^m40 de hauteur.

Le lieu d'implantation est dans la région d'Alger classée par le CTC zone II de moyenne sismicité.

Le bâtiment comporte deux blocs séparés par un joint de dilatation.

Caractéristiques géométriques :

Longueur totale : 18,80m

Largeur totale : 12,75m

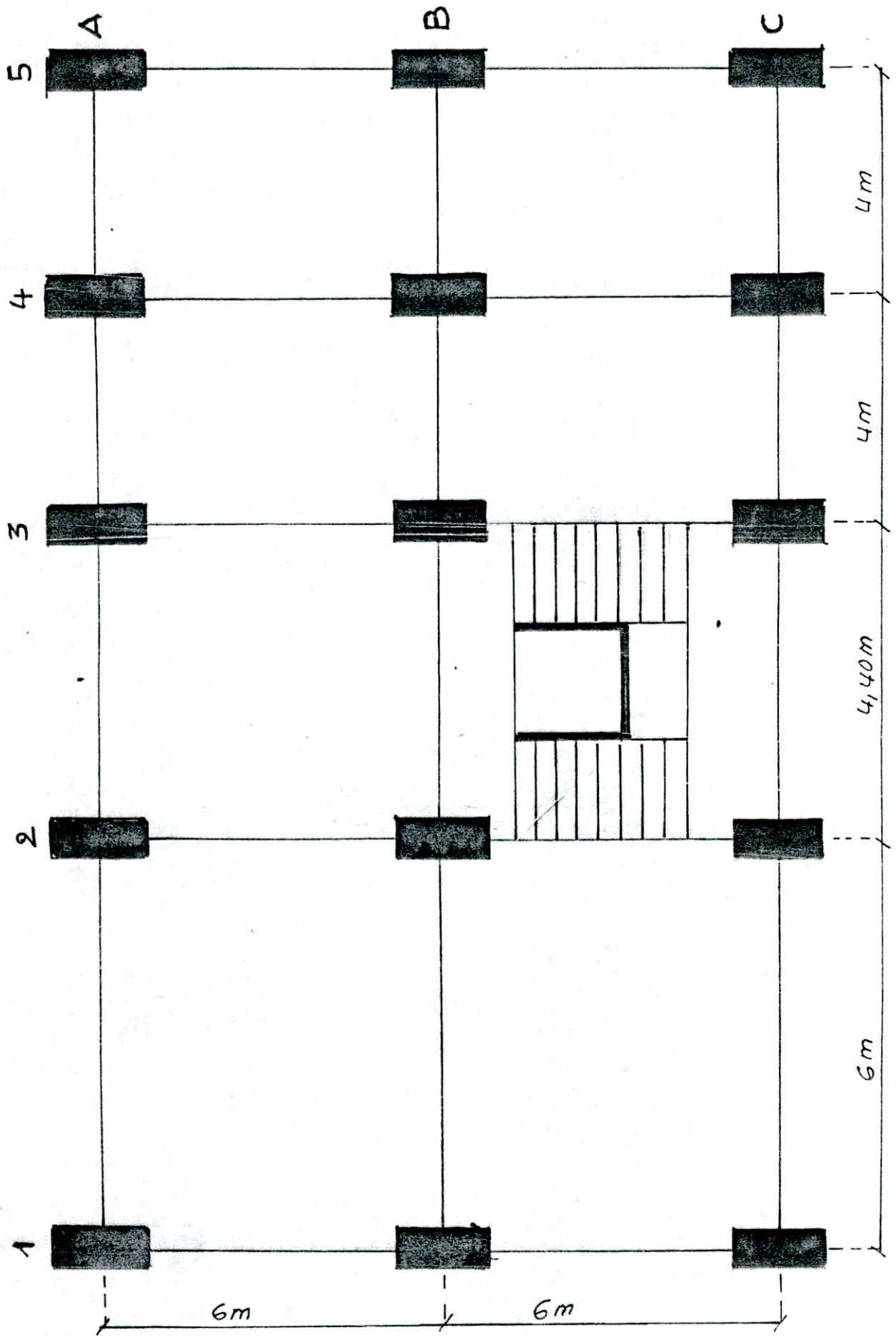
hauteur totale acrotère comprise : 28,70 m.

hauteur de plancher en plancher : 5,60 (RDC) ; 3,40 (1^{er}) ; 3,20 (autres)

Ossature : constituée de : 3 portiques longitudinaux et 5 portiques transversaux.

Planchers : tous les planchers sont constitués par des corps creux et une dalle de compression reposant sur des poutrelles préfabriquées

La terrasse est inaccessible (sauf entretien)



CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

A) BETON :

Le béton utilisé doit être conforme aux règles CCBA 68 et à tous les règlements en vigueur, la composition pour un m^3 sera :

- 350 kg de ciment CPA 325 avec contrôle atténué
- 800 litres de gravillons ($C_g \leq 25 \text{ mm}$)
- 400 litres de sable ($D_s \leq 5 \text{ mm}$)
- 175 litres d'eau

La résistance nominale à la compression : $\sigma'_{28} = 270 \text{ bars} = 270 \text{ kg/cm}^2$

La résistance nominale à la traction : $\sigma_{28} = 7 + 0,06 \sigma'_{28} = 23,5 \text{ kg/cm}^2$

La contrainte de compression admissible du béton est :

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

compression simple : $\bar{\sigma}'_{b0} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$

Sollicitations du 2^e genre $\bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 68,5 = 103 \text{ kg/cm}^2$

En flexion simple ou composée avec traction :

1^e genre : $\bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$. 2^e genre : $\bar{\sigma}'_b = 206 \text{ kg/cm}^2$

La contrainte de traction de référence :

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

1^e genre : $\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2$. 2^e genre : $\bar{\sigma}_b = 8,85 \text{ kg/cm}^2$

B) ACIERS :

On distingue deux catégories d'aciers :

- Aciers doux : FeE24 : $\sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

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

sous SP2 : $\bar{\sigma}_a = \sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

- Aciers à haute adhérence : FeE40

$\sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ pour $\phi \leq 20 \text{ mm}$

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

Tableaux récapitulatifs :

- Béton :

Contraintes	$\bar{\sigma}_b$		$\bar{\sigma}'_b$		$\bar{\sigma}_b$	
	bars	Kg/cm ²	bars	Kg/cm ²	bars	Kg/cm ²
SP1	67,5	68,5	136	137	5,8	5,9
SP2	101,25	103	202,5	205,5	8,7	8,85

- Aciers :

Nature	R.L		H.A				
Nuances	FeE24		FeE40 $\phi \leq 20$		FeE40 $\phi > 20$		
unités	bars	Kg/cm ²	bars	Kg/cm ²	bars	Kg/cm ²	
σ_{en}	2350	2400	4120	4200	3920	4000	
$\bar{\sigma}_a$	SP1	1567	1600	2747	2800	2613	2667
	SP2	2350	2400	4120	4200	3920	4000

Contrainte de traction imposée par la condition de fissuration

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

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

$$\sigma_f = \max(\sigma_1, \sigma_2)$$

$$\bar{\sigma}_a \leq \min\left(\frac{2}{3}\sigma_{en}, \sigma_f\right)$$

Remplissage :

brlques creuses (25cm)

$$1400 \times 0,25 = 350, \text{ Kg/m}^2$$

Enduit extérieur

$$2000 \times 0,02 = 40 \text{ Kg/m}^2$$

Enduit intérieur

$$1700 \times 0,015 = 26 \text{ Kg/m}^2$$

$$\underline{\underline{416 \text{ Kg/m}^2}}$$

CHARGES ET SURCHARGES

Plancher terrasse :

- Protection gravillons (4cm) ----- 72 kg/m²
- Etanchéité multicouches ----- 10 kg/m²
- Isolation thermique ----- 10 kg/m²
- Béton de pente ----- 200 kg/m²
- Corps creux + table (20+5) ----- 325 kg/m²
- Enduit en plâtre (2cm) ----- 30 kg/m²

$$G = 647 \text{ kg/m}^2 . S = 100 \text{ kg/m}^2 . G + 1,25 = 767 \text{ kg/m}^2$$

Plancher étage courant :

- Carrelage (2cm) ----- 44 kg/m²
- Mortier de pose (2cm) ----- 40 kg/m²
- Sable de pose (2cm) ----- 34 kg/m²
- Corps creux + table (20+5) ----- 325 kg/m²
- Enduit en plâtre (2cm) ----- 30 kg/m²
- Cloisons ----- 75 kg/m²

$$G = 548 \text{ kg/m}^2 . S = 175 \text{ kg/m}^2 . G + 1,25 = 758 \text{ kg/m}^2$$

Plancher étage centre culturel :

$$G = 548 \text{ kg/m}^2 . S = 500 \text{ kg/m}^2 . G + 1,25 = 1148 \text{ kg/m}^2$$

Plancher rez de chaussée + mezanines

$$G = 548 \text{ kg/m}^2 . S = 400 \text{ kg/m}^2 . G + 1,25 = 1028 \text{ kg/m}^2$$

PREDIMENSIONNEMENT

Principe :

La prédimensionnement des poteaux, en flexion composée est fait suivant les étapes :

- On calcule les poids des planchers W_i et le poids total W
- Dans le sens transversal $V = 0,1W = 217 \text{ t}$
- On distribue les efforts horizontaux : $F_i = \frac{h_i W_i}{\sum h_i W_i} V_i$
- On détermine les efforts revenant aux poteaux :

On utilisera la méthode de "BOWMAN"

$$F_j = \frac{F I_j}{0,8(I_1 + I_n) + \sum_2^{n-1} I_j} ; F = \frac{F I_j 0,8}{0,8(I_1 + I_n) + \sum_2^{n-1} I_j}$$

selon le poteau est intermédiaire ou de rive

- On détermine les moments dans les poteaux :

$$M_s = F_j \alpha h \quad \text{et} \quad M_u = F_j (1 - \alpha) h$$

- On détermine les efforts horizontaux sous le seisme.
- On vérifiera les poteaux (75x40) en flexion composée avec $M_{\max} = 27,93 \text{ tm}$; $N(E) = 44,87 \text{ t}$; $N(\text{Descente}) = 335,91 \text{ t}$
- D'où les sections des poteaux :

Niveau	1-2-3	4-5-6	7-8-9
Section	75x40	60x40	50x40

Poutres principales et secondaires

portée max : $L = 6,00 \text{ m}$

$$\frac{L}{15} \leq h_t \leq \frac{L}{10} \Rightarrow 40 \leq h_t \leq 60 \Rightarrow h_t = 60 \text{ cm}$$

$$0,8 h_t \leq b \leq 0,7 h_t \Rightarrow 18 \leq b \leq 42 \Rightarrow b = 30 \text{ cm}$$

Planchers :

La hauteur des planchers est déterminée à partir de la condition suivante :

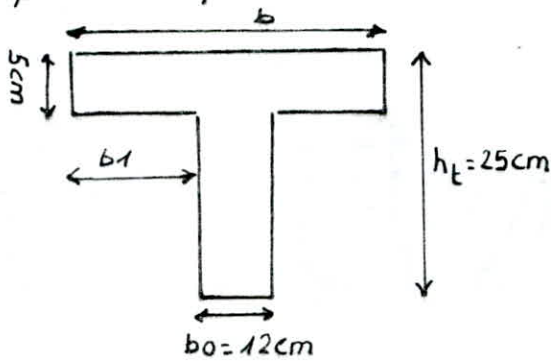
$$h_t \geq \frac{L}{22,5} = 25,1 \text{ cm} \Rightarrow h_t = 25 \text{ cm.}$$

Chapitre 2

CALCUL DES ELEMENTS

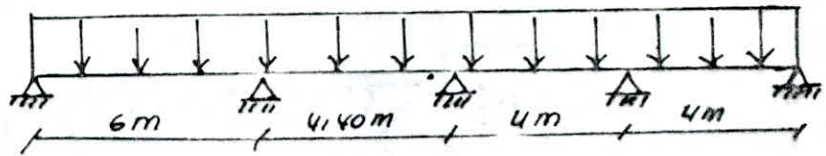
calcul des poutrelles

Sous les planchers sont à corps creux associés à des poutrelles préfabriquées.

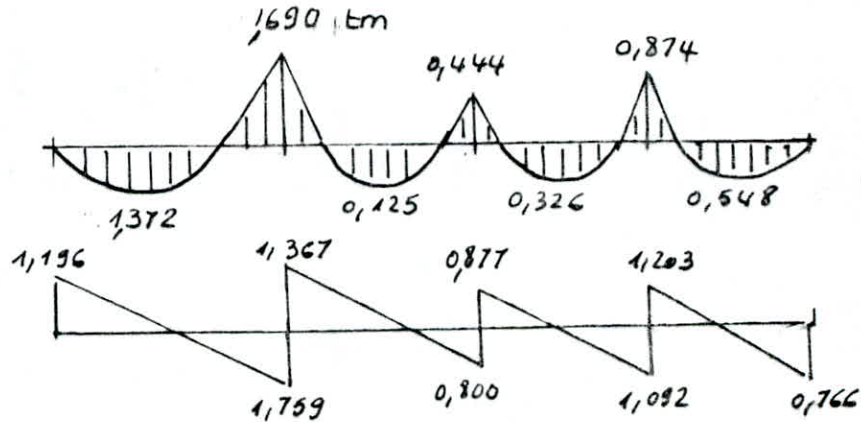


$b_1 = 26 \text{ cm}$
 $b = 64 \text{ cm}$

schema statique



Moments et efforts tranchants :



$M_L = 1,372$ $M_a = 1,690$ (tm) $y < h_0 \Rightarrow$ section rectangulaire

Armatures longitudinales : travée : $A' = 0$ $A = 2,27 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3T12 \rightarrow A = 3,39 \text{ cm}^2$

Appuis : $A' = 0$ $A = 2,82 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3T12 \rightarrow A = 3,39 \text{ cm}^2$

verification des contraintes :

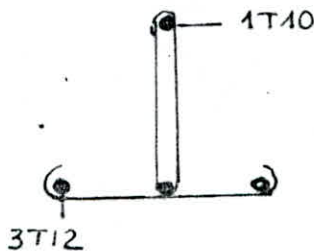
$\bar{\sigma}_a = 1906,28 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$; $\bar{\sigma}'_b = 38,12 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$

calcul des armatures transversales :

$\tau_b = \frac{T_{max}}{b_0 \cdot z} = 7,28 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\tau}_b = 26,04 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{e} \leq \max \left\{ \begin{aligned} (1 - 0,3 \frac{z_b}{\bar{\sigma}_b}) h &= 14,48 \text{ cm} \\ 0,2h &= 4,6 \text{ cm} \end{aligned} \right. \Rightarrow \bar{e} = 15 \text{ cm}$
 $A_L = 2 \phi 6 = 0,56 \text{ cm}^2$

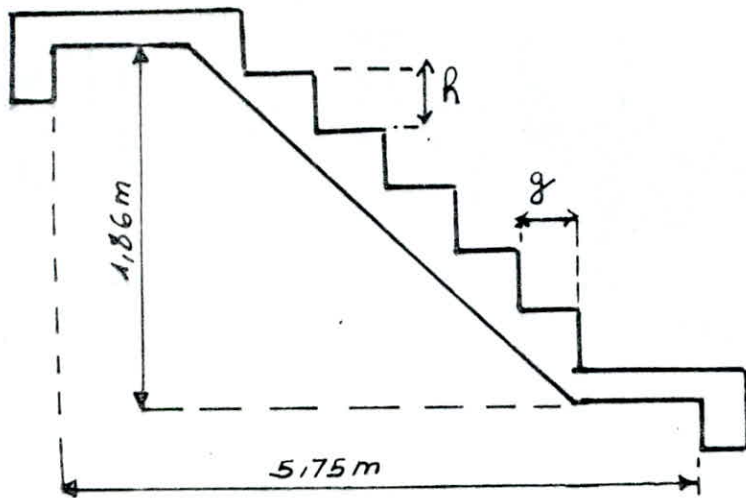
$e \leq 10,24 \text{ cm}$ on prend $e = 10 \text{ cm}$



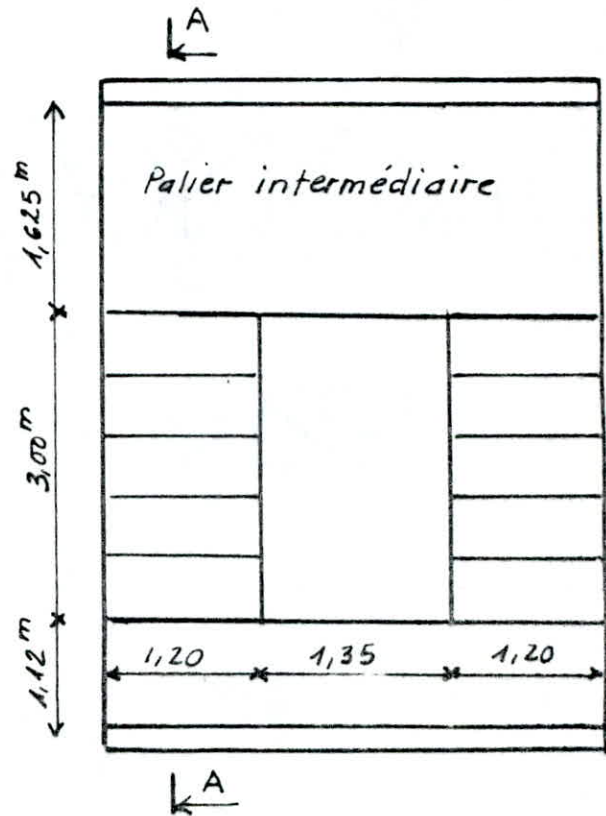
Calcul des escaliers

Type d'escalier : d'étage courant

Coupe AA



$$g = 0,30 \text{ m}$$
$$h = 16,47 \text{ cm}$$



On a une paillasson à double palier, le calcul courant se conduit pour la portée L projetée.

Vérification de la formule de Blondel :

$$59 \text{ cm} \leq g + 2h \leq 66 \text{ cm}.$$

La limite (59) correspond aux escaliers courants d'appartements

La limite (66) correspond aux escaliers des locaux publics

$$\text{soit } h = 17 \text{ cm} \quad H = 280 \text{ cm} \Rightarrow n = \frac{280}{17} = 16,47 \text{ cm}$$

$$n' = 17 \Rightarrow h = 16,47 \text{ cm}$$

$$0,30 + 2(16,47) = 33,24 \text{ cm} \quad \text{OK.}$$

Prédimensionnement :

$$\tan \alpha = \frac{1,86}{3,00} = 0,62 \Rightarrow \alpha = 31,79^\circ \approx 32^\circ \Rightarrow \cos \alpha = 0,8480$$

$$\Rightarrow L = \frac{3,00}{\cos \alpha} = 3,53 \text{ m}$$

$\frac{L}{30} \leq e \leq \frac{L}{20} \Rightarrow 11,76 \leq e \leq 17,65 \Rightarrow e = 15 \text{ cm}$
 on prend la même épaisseur pour la paillasse et les paliers
Charges et surcharges :

- Paillasse :

pois de la dalle paillasse : $\frac{2500 \cdot e}{\cos \alpha} = 442,3 \text{ kg/m}^2$

pois des marches : $\frac{2500 \cdot h}{2} = 205 \text{ kg/m}^2$

Carrelage + mortier : $(44 + 40) = 84 \text{ kg/m}^2$

Enduit + platre : $= 30 \text{ kg/m}^2$

Garde - corps : $= 50 \text{ kg/m}^2$

$G_2 = 811,3 \text{ kg/m}^2$

surcharge : $250 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow q_2 = G_2 + 1,2 S_2 = 1111,30 \text{ kg/m}^2$

- Palier

pois de la dalle palier : $2500 \times 0,15 = 375 \text{ kg/m}^2$

Carrelage + mortier : $(44 + 40) = 84 \text{ kg/m}^2$

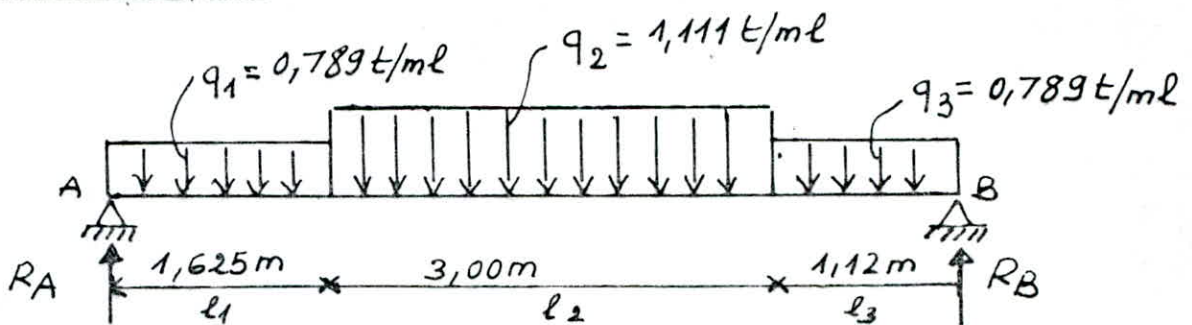
Enduit + platre : $= 30 \text{ kg/m}^2$

$G_1 = 489 \text{ kg/m}^2$

surcharge : $250 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow q_1 = G_1 + 1,2 S_1 = 789 \text{ kg/m}^2$

Détermination des efforts :

Schema statique :



$$\sum M/B = 0 \Rightarrow R_A = \frac{q_1 l_1 (l_3 + l_2 + l_1/2) + q_2 l_2 (l_3 + l_2/2) + q_3 l_3^2/2}{(l_1 + l_2 + l_3)}$$

$$R_B = q_1 (l_1 + l_3) + q_2 l_2 - R_A$$

$$R_A = 2,706 \text{ t/ml} \quad ; \quad R_B = 2,792 \text{ t/ml}$$

Calcul du moment isostatique (M^{\max} sous la paille) :

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

$$\frac{dM(x)}{dx} = 0 \Rightarrow R_A - q_1 l_1 - q_2 (x - l_1) = 0 \Rightarrow x = 2,90 \text{ m}$$

$$M_0^{\max} = M(x = 2,90 \text{ m}) = 3,468 \text{ t/ml}$$

Moment hyperstatique : encastrement partiel aux appuis

$$M_E = 0,85 M_0^{\max} = 2,948 \text{ t/ml}$$

$$M_a = 0,3 M_0^{\max} = 1,040 \text{ t/ml}$$

Calcul des armatures :

En travée :

$$\mu = \frac{n M_E}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 2,948 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,0932 \Rightarrow \begin{cases} K = 25,9 \\ \epsilon = 0,8777 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 108,11 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 ; A' = 0$$

$$A = \frac{M_E}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = \frac{2,948 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8777 \cdot 13} = 9,23 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

donc on prend 9T12 $\rightarrow A = 10,17 \text{ cm}^2$ avec $t = 12 \text{ cm}$

Dans l'autre sens on adoptera des armatures de répartition données par :

$$A_r \geq \frac{A}{4} = \frac{10,17}{4} = 2,54 \text{ cm}^2/\text{ml} \Rightarrow 6T8/\text{ml} \rightarrow A = 3,01 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

avec $t = 16 \text{ cm}$.

Aux appuis :

$$\mu = \frac{15 \cdot 1,040 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,03280 \Rightarrow \begin{cases} K = 49,2 \\ \epsilon = 0,9221 \end{cases}$$

$$\sigma'_b = \frac{2800}{49,2} = 56,91 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 ; A' = 0$$

$$A = \frac{1,040 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9221 \cdot 13} = 3,10 \text{ cm}^2 ; 5T10 \rightarrow A = 3,92 \text{ cm}^2 ; t = 20$$

Vérifications :

- Contraintes : entravée $\tilde{\omega} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \cdot 10,17}{100 \cdot 13} = 0,7823 \Rightarrow \varepsilon, \kappa ; \zeta = \varepsilon h = 11,34$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot \zeta} = \frac{2,948 \cdot 10^5}{10,17 \cdot 11,34} = 2556 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{\kappa} = 105,14 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

aux appuis ; $\tilde{\omega} = \frac{100A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 3,92}{100 \cdot 13} = 0,304 \Rightarrow \varepsilon, \kappa ; \zeta = \varepsilon h = 11,87$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot \zeta} = \frac{1,040 \cdot 10^5}{3,92 \cdot 11,87} = 2235 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{\kappa} = 52,21 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

non fragilité : $A \leq b \cdot h \frac{43}{\sigma_{en}} = 100 \cdot 13 \frac{43}{4200} = 13,30 \text{ cm}^2 \text{ OK}$

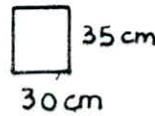
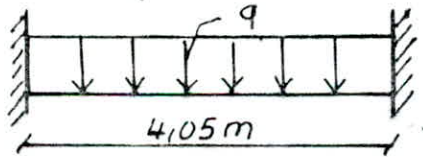
fissuration : $\tilde{\omega}_f = \frac{A}{2bd} = \frac{10,17}{2 \cdot 100 \cdot 2} = 0,0254 ; \sigma_1 = 4051 \text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_a \leq \min\left(\frac{2}{3}\sigma_{en}, \sigma_f\right) \text{ OK}$

non fragilité $A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\sigma_{en}} = 1,260 \text{ cm}^2 \text{ OK}$

Conditions aux appuis : $T_{max}^{\sigma_{en}} = 2,792t \quad A \geq \frac{1}{\sigma_{en}}(T + M) = -3,18 \text{ cm}^2 < 0$

Armatures transversales : $\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot \zeta} = 2,45 \text{ kg/cm}^2 < 1,15 \frac{\sigma_a}{\sigma_b} = 6,68 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A_t = 0$

Poutre palière :



$$q = 3470 \text{ kg/m}^2$$

reactions d'appuis $R_A = R_B = 7,02t = T_m$

$$M_0 = q \frac{l^2}{8} = 7,11t \cdot m$$

$$M_t = 0,85 M_0 = 6,04t \cdot m \quad M_a = 0,3 M_0 = 2,13t \cdot m$$

Entravée : $\eta = 0,1053 \rightarrow \varepsilon, \kappa \quad \sigma'_b = 117,15 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$$A = 7,13 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T16 \rightsquigarrow A = 8,04 \text{ cm}^2$$

Aux appuis : $\mu = 0,0371 \rightarrow \varepsilon, \kappa \quad \sigma'_b = 61,13 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$$A = 2,59 \text{ cm}^2 \Rightarrow 4T10 \rightsquigarrow A = 3,14 \text{ cm}^2$$

Chapitre 3

ETUDE AU SEISME

CALCUL DES RIGIDITES

Principe :

La méthode approchée de MUTO est utilisée pour le calcul des ossatures poteaux-poutres, elle est basée sur la rigidité relative de niveau dont MUTO suggère comme valeur la rigidité avec poteaux parfaitement encastres multipliée par un coefficient "a" correcteur tenant compte de la flexibilité des poutres arrivant aux nœuds.

$R^\infty =$ rigidité relative de niveau d'un portique.

$R = a R^\infty =$ rigidité relative de niveau d'un portique corrigée.

La méthode s'applique aux bâtiments à étages rigides dans leur plan ayant une ossature autostable reprenant la totalité des charges verticales et horizontales.

Etapes de calcul :

- Calcul des rigidités linéaires des poutres et des poteaux :

$$K_{pout} = \frac{I}{L}$$

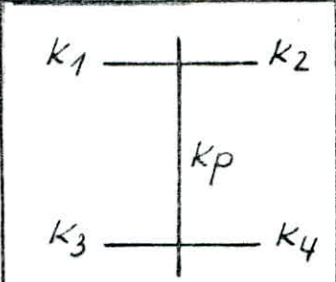
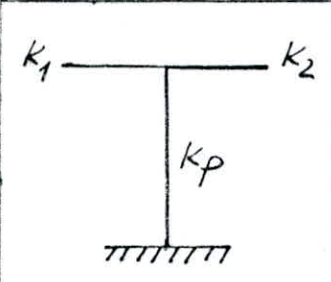
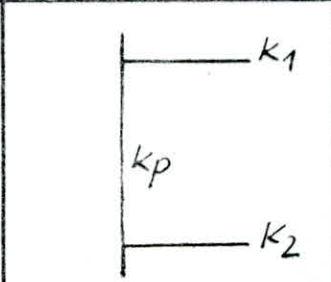
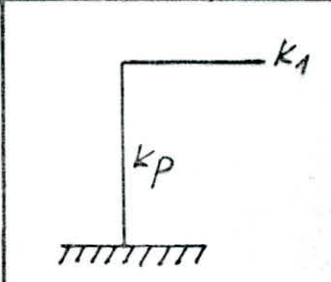
$$K_{pot} = \frac{I}{h}$$

I : Moment d'inertie

h : hauteur d'étage

L : Portée entre axe

- Calcul des coefficients \bar{K} et a_j des rigidités des poteaux :

Poteaux intermédiaires		Poteaux de rive	
Etage courant	RDC	Etage courant	RDC
			
$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2}{k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1 + k_2}{2k_p}$	$\bar{K} = \frac{k_1}{k_p}$
$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{\bar{K}}{2 + \bar{K}}$	$a = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}}$

- Rigidité corrigée d'un poteau "i" de niveau "j" :

$$r_j^i = \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_{p_j}^i$$

$$E = E_i = 21000 \sqrt{\sigma_j'} \quad (\text{CCBA68})$$

σ_j' : résistance du béton à j jours

E : Module de YOUNG

Pour les bétons à base de ciment de classe 325 : $\sigma_j' = 1,2 \sigma_{28}'$
 $\Rightarrow E = 3,78 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2$.

- Rigidité relative de niveau corrigée d'un portique :

$$R_j^i = \sum_{i=1}^n r_j^i = \sum_{i=1}^n \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_{p_j}^i \quad (\text{kg/cm})$$

On suppose que tous les poteaux d'un même niveau ont le même déplacement.

- Rigidité relative d'étage "j" :

- Sens longitudinal : $R_{jx} = \sum_{l=1}^n R_{jx}^l$

- Sens transversal : $R_{jy} = \sum_{t=1}^t R_{jy}^t$

RIGIDITES DE NIVEAUX
Portique longitudinal B-B

Niv	file	\bar{K}	a	K_p	ak_p	Σak_p	$\frac{ak_p}{\Sigma ak_p}$	R_{jx}
9 8 7	1	0,691	0,257	1302,08	334,63	2673,15	0,125	113400,03
	2	1,634	0,449	//	584,63		0,218	
	3	1,979	0,497	//	647,13		0,242	
	4	2,073	0,509	//	662,76		0,247	
	5	1,037	0,341	//	444,00		0,166	
6 5 4	1	0,400	0,166	2250,00	373,50	3278,25	0,113	139069,51
	2	0,945	0,321	//	722,25		0,220	
	3	1,145	0,364	//	819,00		0,249	
	4	1,200	0,375	//	843,75		0,257	
	5	0,600	0,231	//	519,75		0,158	
3	1	0,217	0,098	4136,03	405,33	3825,82	0,105	143766,11
	2	0,514	0,204	//	843,75		0,220	
	3	0,623	0,237	//	980,24		0,256	
	4	0,653	0,246	//	1017,46		0,265	
	5	0,326	0,140	//	579,04		0,151	
2	1	0,179	0,082	5022,32	411,83	4397,03	0,093	147521,60
	2	0,423	0,174	//	873,88		0,198	
	3	0,379	0,159	//	798,55		0,181	
	4	1,075	0,512	2511,16	1285,71		0,292	
	5	0,537	0,409	//	1027,06		0,233	
1	1	0,179	0,311	5022,32	1561,94	4022,87	0,388	222907,22
	2	0,423	0,381	//	1913,50		0,475	
	3	0,244	0,109	//	547,43		0,136	

RIGIDITES DE NIVEAUX Portiques transversaux

Portiques transversaux (1-1). (2-2).

Niv	file	\bar{K}	a	K_p	aK_p	ΣaK_p	aK_p ΣaK_p	R_{jy}
9 8 7	A,C	0,691	0,257	1302,08	334,63	1200,51	0,278	50925,63
	B	1,382	0,408	"	531,25		0,442	
6 5 4	A,C	0,400	0,166	2250,00	373,50	1390,50	0,268	58985,01
	B	0,800	0,286	"	643,50		0,462	
3	A,C	0,217	0,098	4136,03	405,33	1546,87	0,262	58131,37
	B	0,435	0,178	"	736,21		0,475	
2	A,C	0,179	0,082	5022,32	411,83	1587,05	0,259	87938,44
	B	0,358	0,152	"	763,39		0,463	
1	A,C	0,179	0,311	"	1561,94	4952,00	0,315	274390,32
	B	0,358	0,364	"	1828,12		0,369	

Portique transversal (3-3)

Niv	file	\bar{K}	a	K_p	aK_p	ΣaK_p	aK_p ΣaK_p	R_{jy}
9 8 7	A,C	0,691	0,257	1302,08	334,63	1200,51	0,278	50925,63
	B	1,382	0,408	"	531,25		0,442	
6 5 4	A,C	0,400	0,166	2250,00	373,50	1390,50	0,268	58985,01
	B	0,800	0,286	"	643,50		0,462	
3	A,C	0,217	0,098	4136,03	405,33	1546,87	0,262	58131,37
	B	0,435	0,178	"	736,21		0,475	
2	A	0,379	0,082	5022,32	411,83	2096,81	0,196	73501,73
	B	0,301	0,131	"	657,92		0,313	
	C	0,538	0,409	2511,16	1027,06		0,489	
1	A	0,179	0,311	5022,32	1561,94	3123,88	0,500	173094,19
	B	0,179	0,311	"	1561,94		0,500	

Portiques transversaux (4-4) · (5-5)

Niv	file	\bar{K}	a	K_p	a_{kp}	Σa_{kp}	$\frac{a_{kp}}{\Sigma a_{kp}}$	R_{jy}
8 7 6	A,C	0,691	0,257	1302,08	334,63	1200,51	0,278	50925,63
	B	1,382	0,408	//	531,25		0,442	
5 4 3	A,C	0,400	0,166	2250,00	373,50	1390,50	0,268	58985,01
	B	0,800	0,286	//	643,50		0,462	
2	A,C	0,217	0,098	4136,03	405,33	1546,87	0,262	58131,37
	B	0,435	0,178	//	736,21		0,475	
1	A,C	0,358	0,364	2511,16	914,06	2953,12	0,309	40906,74
	B	0,717	0,448	//	1125,00		0,380	

Rigidités relatives d'étage :

Sens longitudinal :

Niv	9, 8, 7	6, 5, 4	3	2	1
\mathcal{D}_{jx}	340200,09	417208,53	431298,33	442564,80	668721,66

Sens transversal :

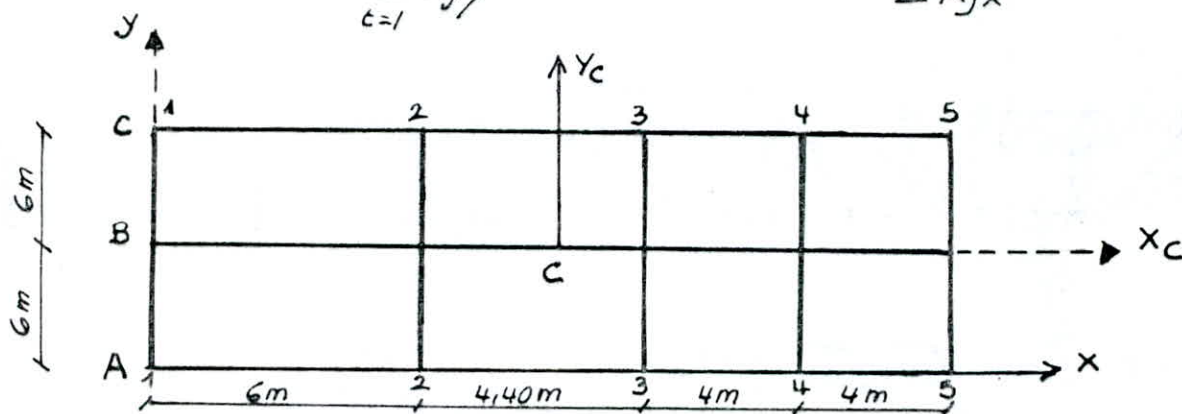
Niv	9, 8, 7	6, 5, 4	3	2	1
\mathcal{D}_{jy}	254628,15	294925,05	290656,85	331192,09	721874,83

calcul du centre de torsion

Les coordonnées sont données par les relations :

$$x_{cj} = \frac{\sum_{t=1}^5 R_{jt} x_j^t}{\sum_{t=1}^5 R_{jt}}$$

$$y_{cj} = \frac{\sum_{t=1}^3 R_{jt} y_j^t}{\sum_{t=1}^3 R_{jt}}$$



Niv	9... 3	2	1
x_{ci} (m)	9,83	7,96	4,78
y_{ci} (m)	6	6	6

Coordonnées des portiques par rapport au centre de torsion

Portiques longitudinaux :

Portiques	A-A	B-B	C-C
y_j (m)	-6	0	6

Portiques transversaux

Niv \ Port	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5
9... 3	-9,83	-3,83	0,57	4,57	8,57
2	-7,96	-1,96	2,44	6,44	10,44
1	-4,78	-1,22	5,62	9,62	13,62

Calcul de $\sum R_{jt} (y_j)^2$ et $\sum R_{jt} (x_j)^2$.

Niv	9, 8, 7	6, 5, 4	3	2	1
$\sum R_{jt} (y_j)^2 \cdot 10^4$	0,816480	1,001300	1,035115	1,062155	1,604931
$\sum R_{jt} (x_j)^2 \cdot 10^4$	3,514275	4,070437	4,0115295	3,344753	2,859991

Calcul de la rigidité à la torsion de l'étage

$$R_{j\theta} = \sum_{k=1}^5 R_{jy}^k (x_j)^2 + \sum_{l=1}^3 R_{jx}^l (y_j)^2$$

Niv	9, 8, 7	6, 5, 4	3	2	1
$R_{j\theta} \cdot 10^{11}$	4,330756	5,071737	5,046645	4,406909	4,464923

Coordonnées du centre de masse :

Niveau	9	8.....3	2	1
x_G (m)	9,30	9,32	9,01	6,67
y_G (m)	6,00	6,01	6,06	5,94

Excentricités entre C et G :

Niveau	9	8....3	2	1
x_C (m)	9,83	9,83	7,96	4,78
x_G (m)	9,30	9,32	9,01	6,67
$e_x = x_G - x_C$	-0,53	-0,51	1,05	1,89
y_C (m)	6,00	6,00	6,00	6,00
y_G (m)	6,00	6,01	6,06	5,94
$e_y = y_G - y_C$	0,00	0,01	0,06	-0,06

D'après le règlement (RPA Art 3.3.5) ; l'excentricité par rapport au centre de torsion est égale à la plus grande des deux valeurs :

- 5% de la plus grande dimension du bâtiment

$$5\% L = \frac{5}{100} \cdot 18,80 = 0,94 \text{ m.}$$

- Excentricités théoriques e_x ou e_y .

ETUDE AU SEISME

Principe de calcul : La méthode statique équivalente proposée par le "RPA" étant non applicable dans notre cas, car les conditions énoncées par celle-ci ne sont pas vérifiées, on peut citer la variation de rigidités des deux premiers niveaux qui dépasse 25%, on utilise alors la méthode pseudo-dynamique.

Détermination des charges sismiques : Les charges sismiques sont supposées concentrées au niveau des planchers.

Niv	9	8,7	6,5,4	3	2	1
W (t)	253,60	256,60	259	266,13	284,80	160,80

Évaluation des pulsations et des périodes propres :

Le calcul dynamique des périodes propres d'oscillations se fera par la méthode de "HOLZER" : c'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative de niveau, elle se prête bien pour des bâtiments contreventés par des portiques.

La méthode consiste en la détermination des pulsations $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ et des formes propres correspondantes à ces valeurs.

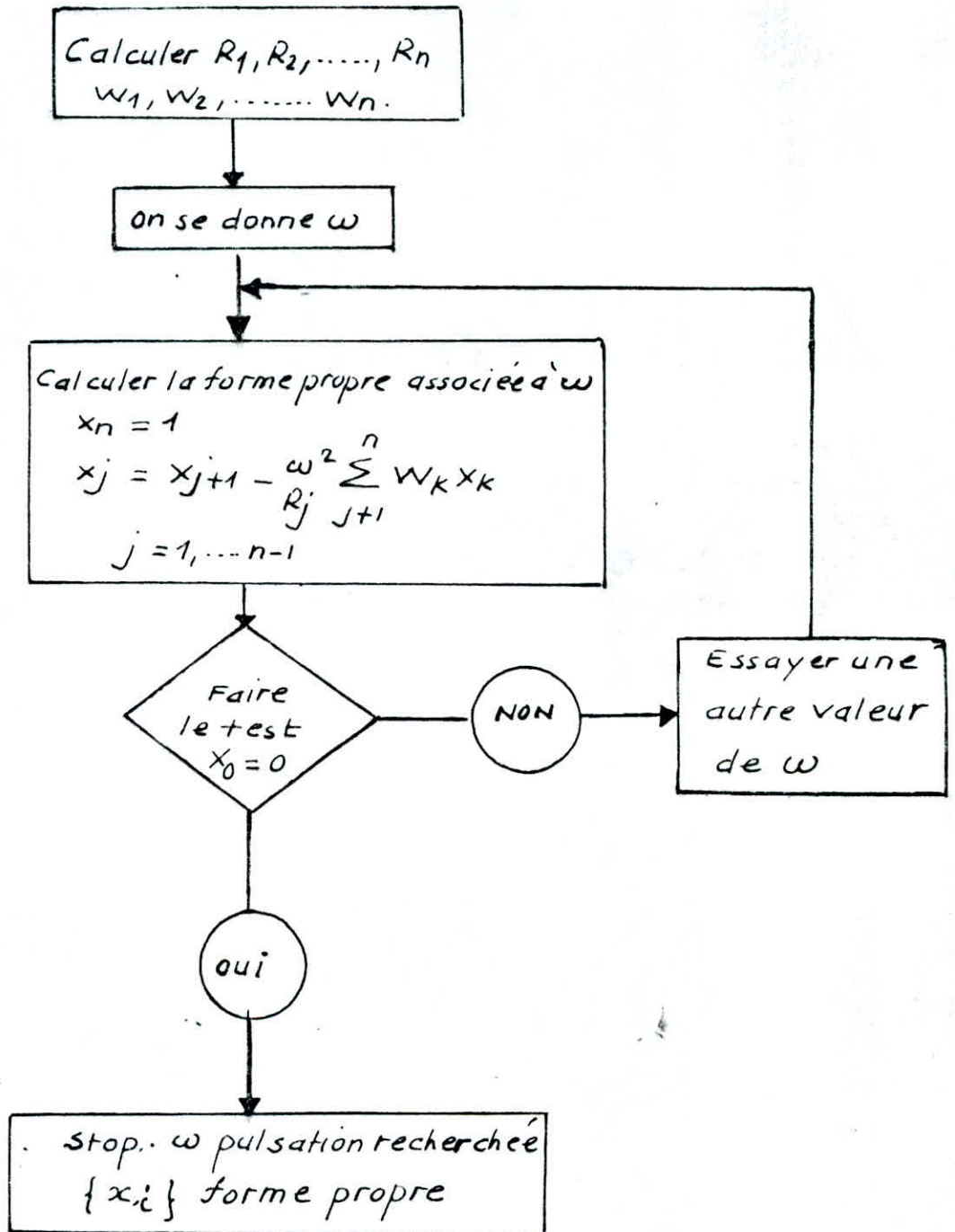
Procédé de la méthode :

- On se fixe w
- On calcule la forme propre associée à w par :

$$x_j = x_{j+1} - \frac{\omega^2}{R_j} \sum_{k=j+1}^n W_k x_k$$

- Si $x_0 = 0$ w est la pulsation recherchée.

Ce procédé est donné sous forme d'organigramme :



a) Sens longitudinal :

- Mode fondamentale : $\omega_1^2 = 47,88(\text{rd/s})^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	3,4020	"	"	4,1720	"	"	4,3129	4,4256	6,6872
x_j	1	0,964	0,893	0,790	0,683	0,556	0,411	0,260	0,104
$\frac{\omega^2}{R_j} \sum W_j x_j$	0,035	0,070	0,102	0,107	0,127	0,144	0,151	0,155	0,104

$$x_1 = 0,104 \quad \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = 0,104 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = 0$$

$$\omega_1^2 = 47,88(\text{rd/s})^2 \Rightarrow T_1 = 0,9075$$

- 2^e Mode : $\omega_2^2 = 384,72 (\text{rd/s})^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	3,4020	"	"	4,1720	"	"	4,3129	4,4256	6,6872
x_j	1	0,713	0,219	-0,337	-0,711	-0,915	-0,900	-0,672	-0,283
$\frac{\omega^2}{R_j} \sum W_j x_j$	0,286	0,381	0,430	0,373	0,204	0,014	0,227	0,388	-0,283

$$x_1 = -0,283 \quad \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = -0,283 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = 0$$

$$\omega_2^2 = 384,72 (\text{rd/s})^2 \Rightarrow T_2 = 0,3205$$

- 3^e Mode : $\omega_3^2 = 1039,08 (\text{rd/s})^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	3,4020	"	"	4,1720	"	"	4,3129	4,4256	6,6872
x_j	1	0,225	-0,725	-1,108	-0,705	0,152	0,912	1,061	0,497
$\frac{\omega^2}{R_j} \sum W_j x_j$	0,774	0,950	0,382	-0,402	-0,857	-0,759	-0,149	0,563	0,497

$$x_1 = 0,497 \quad \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = 0,497 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \sum W_j x_j \omega^2 = 0$$

$$\omega_3^2 = 1039,08 (\text{rd/s})^2 \Rightarrow T_3 = 0,1945$$

b) Sens transversal :

- Mode fondamentale : $\omega_1^2 = 35,78 \text{ (rd/s)}^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	2,5462	"	"	2,9492	"	"	2,9065	3,3119	7,2187
x_j	1	0,964	0,893	0,791	0,677	0,543	0,391	0,224	0,070
$\frac{\omega^2}{R_j} \cdot \sum W_j x_j$	0,035	0,070	0,102	0,113	0,134	0,151	0,166	0,153	0,070

$$x_1 = 0,070 \quad \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 = 0,070 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 = 0$$

$$\omega_1^2 = 35,78 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T_1 = 1,048 \text{ s}$$

- 2^e Mode : $\omega_2^2 = 294,35 \text{ (rd/s)}^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	2,5462	"	"	2,9492	"	"	2,9065	3,3119	7,2187
x_j	1	0,706	0,204	-0,359	-0,752	-0,951	-0,904	-0,612	-0,201
$\frac{\omega^2}{R_j} \cdot \sum W_j x_j$	0,293	0,502	0,563	-0,393	-0,198	-0,046	-0,291	-0,410	-0,201

$$x_1 = -0,201 \quad \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 = -0,201 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 = 0$$

$$\omega_2^2 = 294,35 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T_2 = 0,365 \text{ s}$$

- 3^e Mode : $\omega_3^2 = 787,30 \text{ (rd/s)}^2$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
W_j	253,60	256,60	256,60	259	259	259	266,13	284,80	160,80
$R_j (10^5)$	2,5462	"	"	2,9492	"	"	2,9065	3,3119	7,2187
x_j	1	0,215	-0,739	-1,108	-0,660	0,244	0,979	1,019	0,364
$\frac{\omega^2}{R_j} \cdot \sum W_j x_j$	0,784	0,954	-0,368	-0,448	-0,904	-0,735	-0,040	0,654	0,363

$$x_1 = 0,364 \quad \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 = 0,363 \Rightarrow x_0 = x_1 - \frac{1}{R_j} \cdot \sum W_j x_j \omega^2 \approx 0$$

$$\omega_3^2 = 787,30 \text{ (rd/s)}^2 \Rightarrow T_3 = 0,223 \text{ s}$$

Evaluation des forces sismiques :

Pour le mode fondamental, on a des périodes $T > 0,75s$ dans les deux sens, d'après le RPA on doit donc prendre en considération les trois premiers modes d'oscillations.

Les forces sismiques correspondant à chaque mode sont données par la relation :

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

Γ_i : facteur de contribution du mode

A : Coefficient d'accélération de zone

B : facteur de comportement de la structure

D_i : facteur d'amplification dynamique

Q : facteur de qualité

W_k : Poids revenant au plancher k.

x_{ki} : Vecteur propre correspondant au mode i

La sollicitation totale agissant à chaque niveau résulte de la combinaison des réponses nodales, les différents modes ne sont pas en phase, afin de tenir compte de cette différence de phase, on fera une superposition quadratique.

La force sismique sera donnée par :

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

Sens	Mode	A	B	Q	T (s)	$D = 2\sqrt{\frac{0,5}{T}}$	$\Gamma = \frac{\sum W_k x_{ki}}{\sum W_k x_{ki}^2}$
Longit.	1	0,15	0,25	1,50	0,907	1,484	1,294
	2				0,320	2,500	-0,435
	3				0,194	3,210	0,222
transv.	1	0,15	0,25	1,30	1,048	1,381	1,289
	2				0,365	2,340	-0,435
	3				0,223	2,994	0,234

sens longitudinal

1 ^e Mode				2 ^e Mode				3 ^e Mode			
$W_k (t)$	X_k^2	$W_k X_k$	$W_k X_k^2$	X_k	X_k^2	$W_k X_k$	$W_k X_k^2$	X_k	X_k^2	$W_k X_k$	$W_k X_k^2$
1,000	1,000	253,60	253,60	1,000	1,000	253,60	253,60	1,000	1,000	253,60	253,60
0,964	0,929	247,36	238,38	0,713	0,508	182,95	130,35	0,225	0,050	57,73	12,83
0,893	0,797	229,14	204,51	0,219	0,047	56,19	12,06	-0,725	0,525	-186,03	134,71
0,790	0,624	204,61	161,61	-0,337	0,113	-87,28	29,26	-1,108	1,227	-286,97	317,79
0,683	0,466	176,89	120,69	-0,711	0,505	-184,14	130,79	-0,705	0,497	-182,59	128,72
0,556	0,309	144,00	80,03	-0,915	0,837	-236,98	216,78	0,152	0,023	39,36	5,95
0,411	0,168	109,37	44,70	-0,900	0,810	-239,51	215,56	0,912	0,831	242,71	221,15
0,260	0,067	74,04	19,08	-0,672	0,451	-191,38	128,44	1,061	1,125	302,17	320,40
0,104	0,010	16,72	1,60	-0,283	0,080	-45,50	12,86	0,497	0,247	79,91	39,71
Σ		1455,73	1124,20	Σ		-492,05	1129,70	Σ		319,89	1434,86

$\Gamma_{ABD_1} Q W_k$	X_{k1}	$F_{k1} (t)$	$\Gamma_{ABD_2} Q W_k$	X_{k2}	$F_{k2} (t)$	$\Gamma_{ABD_3} Q W_k$	X_{k3}	$F_{k3} (t)$
27,38	1,000	27,38	-15,49	1,000	-15,49	10,14	1,000	10,14
27,71	0,964	26,71	-15,67	0,713	-11,17	10,26	0,225	2,30
27,71	0,893	24,74	-15,67	0,219	-3,43	10,26	-0,725	-7,43
27,97	0,790	22,09	-15,82	-0,337	5,33	10,36	-1,108	-11,47
27,97	0,683	19,10	-15,82	-0,711	11,24	10,36	-0,705	-7,30
27,97	0,556	15,55	-15,82	-0,915	14,47	10,36	0,152	1,57
28,74	0,411	11,81	-16,26	-0,900	14,63	10,64	0,912	9,70
30,75	0,260	7,99	-17,40	-0,672	11,69	11,39	1,061	12,08
17,36	0,104	1,80	-9,82	-0,283	2,77	6,43	0,497	3,19

sens transversal.

1 st Mode				2 nd Mode				3 rd Mode			
x_k	x_k^2	$W_k x_k$	$W_k x_k^2$	x_k	x_k^2	$W_k x_k$	$W_k x_k^2$	x_k	x_k^2	$W_k x_k$	$W_k x_k^2$
1,000	1,000	253,60	253,60	1,000	1,000	253,60	253,60	1,000	1,000	253,60	253,60
0,964	0,929	247,36	238,38	0,706	0,498	181,15	127,78	0,215	0,046	55,16	11,80
0,893	0,797	229,14	204,51	0,204	0,041	52,34	10,52	-0,739	0,546	-189,62	140,10
0,791	0,625	204,86	161,87	-0,359	0,128	-92,98	33,15	-1,108	1,227	-286,97	317,79
0,677	0,458	175,34	118,62	-0,752	0,565	-194,76	146,33	-0,660	0,435	-170,94	112,66
0,543	0,294	140,63	76,14	-0,951	0,904	-246,30	234,13	0,244	0,059	63,19	15,28
0,391	0,152	104,05	40,45	-0,904	0,817	-240,58	217,42	0,979	0,958	260,54	254,95
0,224	0,050	63,79	14,24	-0,612	0,374	-174,29	106,51	1,019	1,038	290,21	295,62
0,070	0,005	11,25	0,80	-0,201	0,040	-32,32	6,43	0,364	0,132	58,53	21,22
Σ		1430,02	1108,61	Σ		494,14	1135,87	Σ		333,70	1423,02

$\Gamma_1 ABD_1 QW_k$	x_{k1}	$F_{k1} (t)$	$\Gamma_2 ABD_2 QW_k$	x_{k2}	$F_{k2} (t)$	$\Gamma_3 ABD_3 QW_k$	x_{k3}	$F_{k3} (t)$
21,98	1,000	21,98	-12,57	1,000	-12,57	8,64	1,000	8,64
22,24	0,964	21,43	-12,72	0,706	-8,98	8,75	0,215	1,88
22,24	0,893	19,86	-12,72	0,204	-2,59	8,75	-0,739	-6,46
22,45	0,791	17,75	-12,84	-0,359	4,60	8,83	-1,108	-9,78
22,45	0,677	15,19	-12,84	-0,752	9,65	8,83	-0,660	-5,82
22,45	0,543	12,19	-12,84	-0,951	12,21	8,83	0,244	2,15
23,07	0,391	9,02	-13,20	-0,904	11,93	9,07	0,979	8,87
24,69	0,224	5,53	-14,12	-0,612	8,64	9,71	1,019	9,89
13,94	0,00	0,97	-7,97	-0,201	1,60	5,48	0,364	1,99

Forces sismiques - sens longitudinal

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F_{k1} (t)$	27,38	26,71	24,74	22,09	19,10	15,55	11,81	7,99	1,80
$F_{k2} (t)$	-15,49	-11,17	-3,43	5,33	11,24	14,47	14,63	11,69	2,77
$F_{k3} (t)$	10,14	2,30	-7,43	-11,47	-7,30	1,57	9,70	12,08	3,19
$F (t)$	33,05	29,04	26,05	25,45	23,33	21,29	21,15	18,61	4,59

Forces sismiques - sens transversal

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$F_{k1} (t)$	21,98	21,43	19,86	17,75	15,19	12,19	9,02	5,53	0,97
$F_{k2} (t)$	-12,57	-8,98	-2,59	4,60	9,65	12,21	11,93	8,64	1,60
$F_{k3} (t)$	8,64	1,88	-6,46	-9,78	-5,82	2,15	8,87	9,89	1,99
$F (t)$	26,75	23,31	21,04	20,78	18,91	17,38	17,38	14,24	2,73

Calcul des efforts tranchants de niveaux :

D'après le RPA, l'effort tranchant revenant à chaque niveau est:

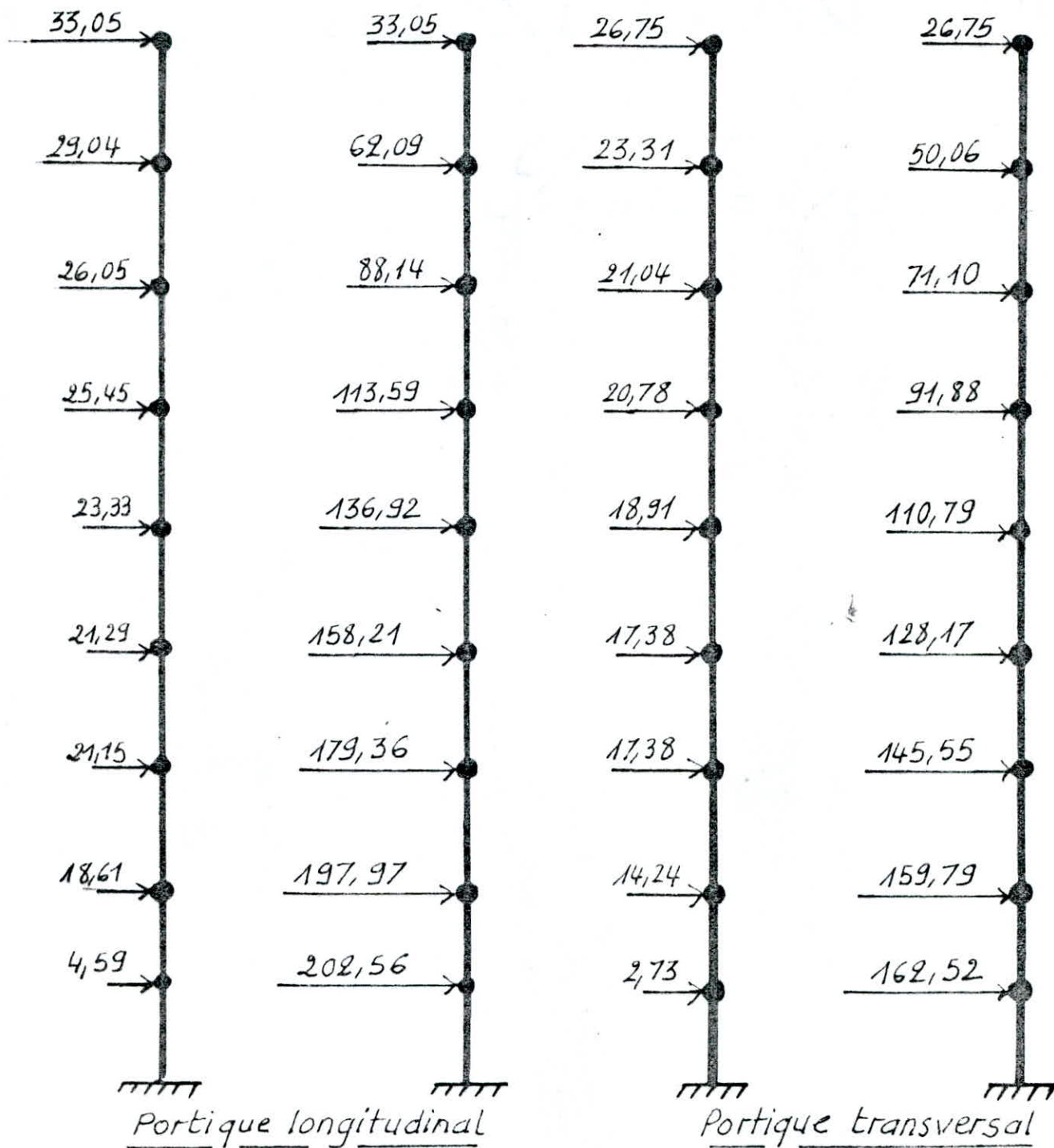
$$T_n = F_n$$

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

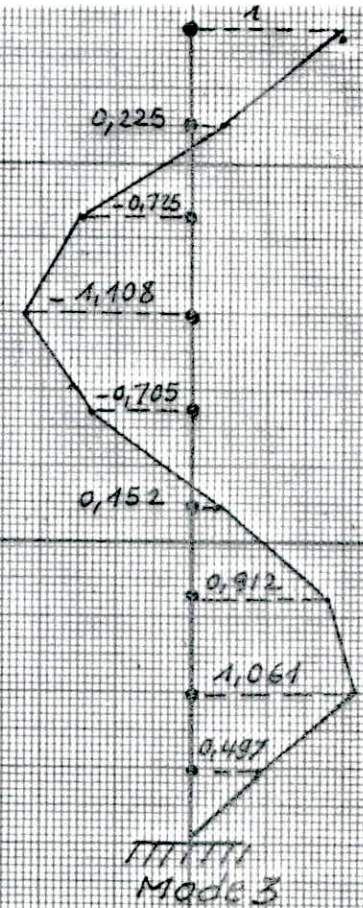
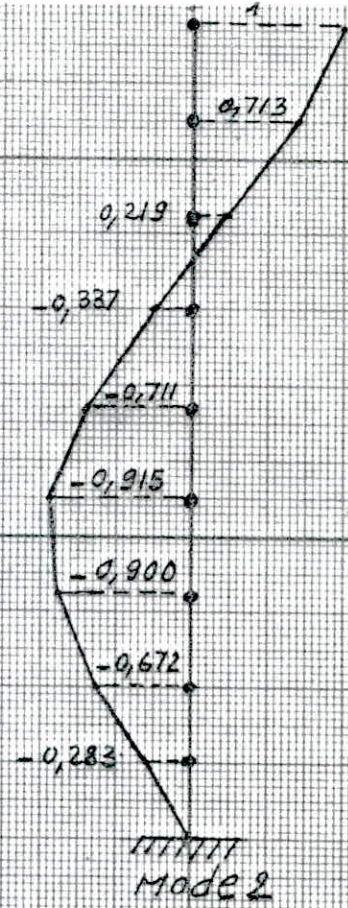
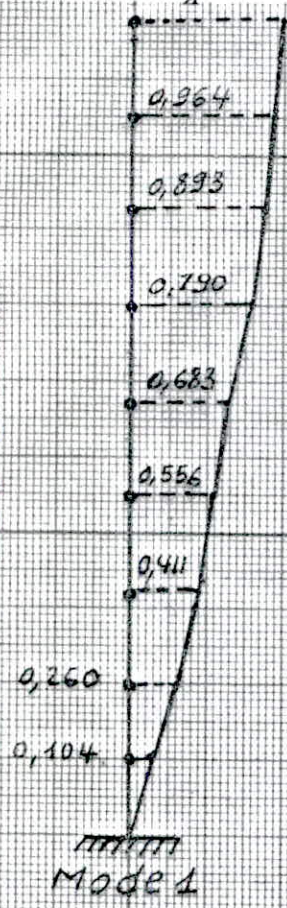
$$\vdots$$

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

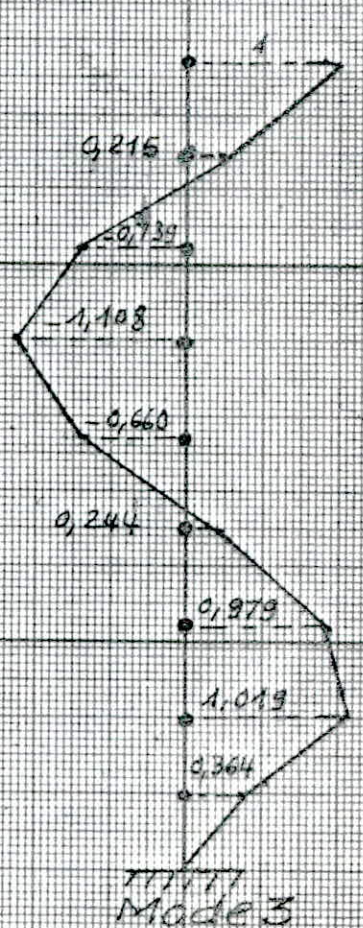
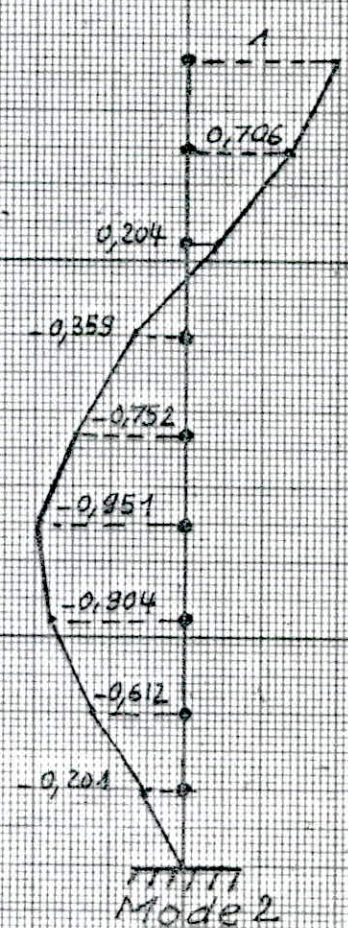
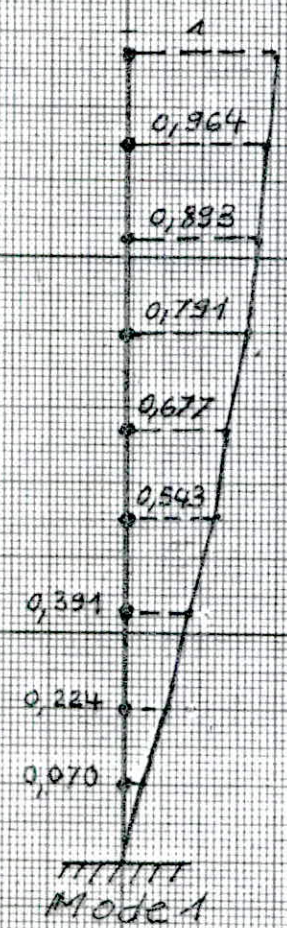
F_1, F_2, \dots, F_n : forces sismiques appliquées à chaque niveau.



Portique longitudinal



Portique transversal



Déformations horizontales:

Sous l'action des forces horizontales, la structure subira des déformations horizontales, pour éviter le désordre dans les éléments de remplissage ainsi que l'augmentation des contraintes dans le système de contreventement et le heurt des deux constructions voisines. Le déplacement latéral calculé à partir des forces sismiques doit être multiplié par $1/2B$ (Art 3.3.7.1 RPA81)

$$\delta_k = \frac{T_k}{R_k} \cdot \frac{1}{2B}$$

δ_k : déplacement relatif de niveau $k / k-1$

T_k : effort tranchant de niveau k

R_k : Rigidité de niveau k

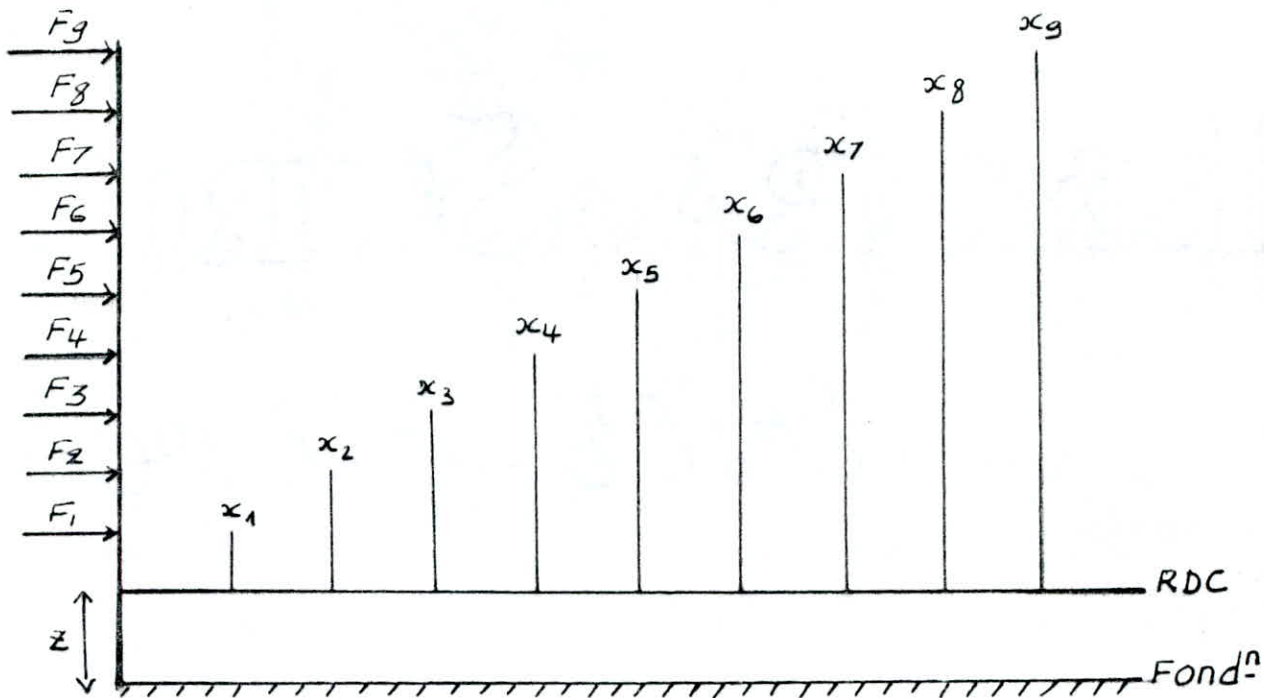
B : facteur de comportement de la structure

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

	Sens longitudinal				Sens transversal			
Niv	$T_k (kg) 10^3$	$R_k (kg/cm)$	$\delta_k (cm)$	$\bar{\delta}_k (cm)$	$T_k (kg) 10^3$	$R_k (kg/cm)$	$\delta_k (cm)$	$\bar{\delta}_k (cm)$
9	33,050	340200,09	0,19	2,40	26,750	254628,15	0,21	2,40
8	62,090	"	0,36	2,40	50,060	"	0,39	2,40
7	88,140	"	0,51	2,40	71,100	"	0,55	2,40
6	113,590	417208,53	0,54	2,40	91,880	294925,05	0,62	2,40
5	136,920	"	0,65	2,40	110,790	"	0,75	2,40
4	158,210	"	0,75	2,40	128,170	"	0,86	2,40
3	179,360	431298,33	0,83	2,55	145,550	290656,85	1,00	2,55
2	197,970	442564,80	0,89	2,10	159,790	331192,09	0,96	2,10
1	202,560	668721,66	0,60	2,10	162,520	721874,83	0,45	2,10

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

Toute structure doit être calculée afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par le séisme



Moment de renversement = Moment en console (RDC) + effort tranchant $\times z$

$$\text{Moment en console (RDC)} = \sum_1^9 F_i x_i$$

$$\text{Effort tranchant à la base} = \sum_1^9 F_i$$

$$\text{Moment résistant} = b \sum_1^9 W_i = \frac{L}{2} \sum_1^9 W_i$$

Sens longitudinal:

$$L = 18,40 \text{ m} \quad b = 9,20 \text{ m} \quad z = 3 \text{ m} \quad \sum_1^9 W_i = 2255,53 \text{ t}$$

$$\text{Moment en console (RDC)} = 3625,708 \text{ t.m}$$

$$\text{Effort tranchant à la base} = 202,56 \text{ t}$$

$$\text{Moment résistant} = 9,20 \times 2255,53 = 21201,982 \text{ t.m}$$

$$\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{21201,982}{4233,388} = 5,008 > 1,5 \Rightarrow \text{stable dans ce sens}$$

Sens transversal:

$$\text{Moment en console (RDC)} = 2929,358 \text{ t.m}$$

$$\text{Effort tranchant à la base} = 162,52 \text{ t}$$

$$\text{Moment résistant} = 6,37 \times 2255,53 = 14379,003 \text{ t.m}$$

$$\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{14379,003}{3416,898} = 4,200 > 1,5 \Rightarrow \text{stable dans ce sens}$$

Chapitre 4

CALCUL DES EFFORTS SOUS

LES CHARGES HORIZONTALES

EFFORTS SOUS LES CHARGES HORIZONTALES

"Methode de MUTO"

Repartition des efforts tranchants de niveau

a) Portique longitudinal :

$$\tau_{jx} = T_{jx} \cdot \frac{R_j^l}{\sum_1^3 R_j^l} + T_{jx} \cdot y_G \cdot \frac{R_j^l}{R_{j\theta}} \cdot y$$

b) Portique transversal :

$$\tau_{jy} = T_{jy} \cdot \frac{R_j^t}{\sum_1^5 R_j^t} + T_{jy} \cdot x_G \cdot \frac{R_j^t}{R_{j\theta}} \cdot x$$

τ_{jx} : effort tranchant de niveau dans le sens longitudinal

τ_{jy} : effort tranchant de niveau dans le sens transversal

x_G, y_G : excentricités.

x : Distance d'un portique transversal au C.T

y : Distance d'un portique longitudinal au C.T

Effort tranchant revenant à chaque poteau :

$$t_j^i = \frac{a_j^i k_j^i}{\sum a_j^i k_j^i} \tau_j$$

t_j^i : effort tranchant revenant au poteau i du niveau j

a_j : coefficient de correction

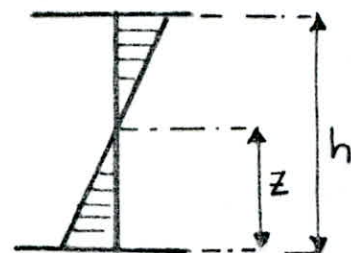
τ_j : effort tranchant revenant au portique du niveau j

k_j^i : raideur du poteau i au niveau j

Determination de la position des points de moments nuls :

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

$$z = y h \quad y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$



Repartition des efforts tranchants: portiques longitudinaux

$$x_G = y_G = 189 \text{ cm}$$

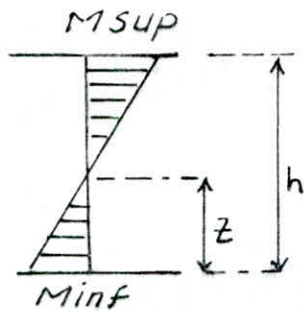
N	T_{jx}	$\sum R_j^l$	$R_j^{\theta} \cdot 10^4$	Port.	R_j^l kg/cm	$y_{j \text{ cm}}$	$T_{jx} \frac{R_j^l}{\sum R_j^l}$	$T_{jx} y_G \frac{R_j^l}{R_j^{\theta}}$	Z_{jx}
9	33,05	340200,0	4,33075	A-A	113400,03	-600	11,0166	-0,9813	11,016
				B-B	"	0	"	0	11,016
				C-C	"	+600	"	+0,9813	11,997
8	62,09	"	"	A-A	"	-600	20,6966	-1,8436	20,696
				B-B	"	0	"	0	20,696
				C-C	"	+600	"	+1,8436	22,540
7	88,14	"	"	A-A	"	-600	29,3800	-2,6171	29,380
				B-B	"	0	"	0	29,380
				C-C	"	+600	"	+2,6171	31,997
6	113,59	417208,5	5,07173	A-A	139069,51	-600	37,8633	-3,5320	37,863
				B-B	"	0	"	0	37,863
				C-C	"	+600	"	+3,5320	41,395
5	136,92	"	"	A-A	"	-600	45,6400	-4,2575	45,640
				B-B	"	0	"	0	45,640
				C-C	"	+600	"	+4,2575	49,897
4	158,21	"	"	A-A	"	-600	52,7366	-4,9195	52,736
				B-B	"	0	"	0	52,736
				C-C	"	+600	"	+4,9195	57,656
3	179,36	431298,3	5,04664	A-A	143766,11	-600	59,7866	-5,7941	59,786
				B-B	"	0	"	0	59,786
				C-C	"	+600	"	+5,7941	65,580
2	197,97	442564,8	4,40690	A-A	147521,60	-600	65,9900	-7,5150	65,990
				B-B	"	0	"	0	65,990
				C-C	"	+600	"	+7,5150	73,505
1	202,56	668721,6	4,46492	A-A	222907,22	-600	67,5200	-11,4677	67,520
				B-B	"	0	"	0	67,520
				C-C	"	+600	"	+11,4677	78,987

Repartition des efforts tranchants : portiques transversaux

$$x_G = y_G = 94 \text{ cm}$$

N	T_{jy}	$\sum R_j^t$	$R_j \cdot 10''$	Port.	R_j^t kg/cm	x_j cm	$T_{jy} \frac{R_j^t}{\sum R_j^t}$	$T_{jy} x_G \frac{R_j^t}{R_j \theta} x$	τ_{jy}
9	26,75	254628,15	4,33075	1-1	50925,63	-983	5,350	-0,290	5,350
				2-2	"	-383	"	-0,113	5,350
				5-5	"	857	"	0,253	5,603
8	50,06	"	"	1-1	"	-983	10,120	-0,543	10,120
				2-2	"	-383	"	-0,211	10,120
				5-5	"	857	"	0,474	10,594
7	71,10	"	"	1-1	"	-983	14,220	-0,772	14,220
				2-2	"	-383	"	-0,301	14,220
				5-5	"	857	"	0,673	14,893
6	91,88	294925,05	5,07173	1-1	58985,01	-983	18,376	-0,987	18,376
				2-2	"	-383	"	-0,384	18,376
				5-5	"	857	"	0,860	19,236
5	110,79	"	"	1-1	"	-983	22,158	-1,190	22,158
				2-2	"	-383	"	-0,463	22,158
				5-5	"	857	"	1,037	23,195
4	128,17	"	"	1-1	"	-983	25,634	-1,377	25,634
				2-2	"	-383	"	-0,536	25,634
				5-5	"	857	"	1,200	26,834
3	145,55	290656,85	5,04664	1-1	58131,01	-983	29,110	-1,549	29,110
				2-2	"	-383	"	-0,603	29,110
				5-5	"	857	"	1,350	30,460
2	159,79	331192,09	4,40690	1-1	87938,44	-796	42,427	-2,385	42,427
				2-2	"	-196	"	-0,587	42,427
				5-5	40906,74	1044	19,736	1,455	21,191
1	162,52	721874,83	4,46492	1-1	274390,32	-478	61,775	-4,487	61,775
				2-2	"	-122	"	-1,145	61,775
				5-5	/	/	/	/	/

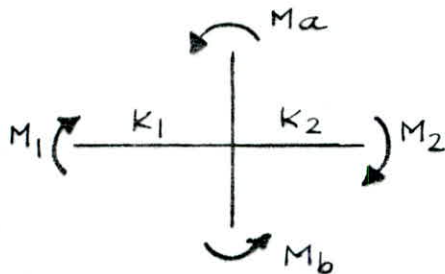
Calcul des moments revenant à chaque poteau :



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

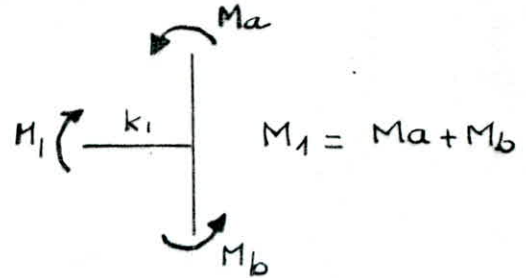
$$M_{inf} = t.z$$

Calcul des moments fléchissants dans les poutres :

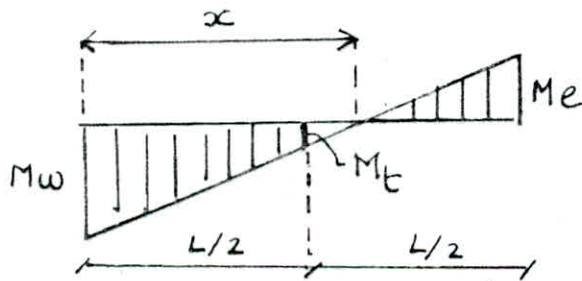


$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$

$$M_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$



Calcul des moments en travée dans les poutres :



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

$$\frac{x}{M_w} = \frac{x - L/2}{M_e} \Rightarrow M_e = M_w \left(1 - \frac{L}{2x}\right)$$

$$M_e = \frac{M_w - M_e}{2}$$

Dans un autre sens (\leftarrow) le moment en travée change de signe

Calcul des efforts normaux dans les poteaux :

les efforts tranchants s'exerçant sur les nœuds des poutres se transmettent en efforts normaux dans les poteaux

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

T_{e_i}, T_{w_i} étant en valeurs algébriques.

$N_i > 0$: compression du poteau

$N_i < 0$: traction du poteau.

Moments fléchissants dans les poteaux
Portique longitudinal (B-B)

Niv	Pot	t_j	\bar{k}	y	$z=yh$	$h-z$	M_{sup}	M_{inf}
9	B ₁	1,379	0,691	0,30	0,96	2,24	3,088	1,323
	B ₂	2,409	1,634	0,40	1,28	1,92	4,625	3,083
	B ₃	2,666	1,979	0,40	1,28	1,92	5,118	3,412
	B ₄	2,731	2,073	0,45	1,44	1,76	4,806	3,932
	B ₅	1,829	1,037	0,40	1,28	1,92	3,511	2,341
8	B ₁	2,590	0,691	0,40	1,28	1,92	4,972	3,315
	B ₂	4,526	1,634	0,45	1,44	1,76	7,965	6,517
	B ₃	5,010	1,979	0,45	1,44	1,76	8,817	7,214
	B ₄	5,131	2,073	0,45	1,44	1,76	9,030	7,388
	B ₅	3,437	1,037	0,45	1,44	1,76	6,049	4,949
7	B ₁	3,677	0,691	0,45	1,44	1,76	6,471	5,294
	B ₂	6,425	1,634	0,45	1,44	1,76	11,308	9,252
	B ₃	7,112	1,979	0,45	1,44	1,76	12,517	10,241
	B ₄	7,284	2,073	0,50	1,60	1,60	11,654	11,654
	B ₅	4,879	1,037	0,45	1,44	1,76	8,587	7,025
6	B ₁	4,313	0,400	0,45	1,44	1,76	7,590	6,210
	B ₂	8,341	0,945	0,45	1,44	1,76	14,680	12,011
	B ₃	9,459	1,145	0,50	1,60	1,60	15,134	15,134
	B ₄	9,745	1,200	0,50	1,60	1,60	15,592	15,592
	B ₅	6,003	0,600	0,45	1,44	1,76	10,565	8,644
5	B ₁	5,199	0,400	0,50	1,60	1,60	8,318	8,318
	B ₂	10,055	0,945	0,50	1,60	1,60	16,088	16,088
	B ₃	11,402	1,145	0,50	1,60	1,60	18,243	18,243
	B ₄	11,746	1,200	0,50	1,60	1,60	18,793	18,793
	B ₅	7,235	0,600	0,45	1,44	1,76	12,733	10,418

Efforts tranchants revenant à chaque poteau

Portique transversal (A-A)

Portique longitudinal (B-B)

Ni	$\Sigma F_y(t)$	Σakp	Pot	1A	1B	1C
9	5,350	1200,31	ajkj	334,63	531,25	334,63
			Ej	1,491	2,360	1,491
8	10,120	"	ajkj	334,63	531,25	334,63
			Ej	2,820	4,478	2,820
7	14,220	"	ajkj	334,63	531,25	334,63
			Ej	3,963	6,292	3,963
6	18,376	1390,50	ajkj	373,50	643,50	373,50
			Ej	4,935	8,504	4,935
5	22,158	"	ajkj	373,50	643,50	373,60
			Ej	5,951	10,254	5,951
4	25,634	"	ajkj	373,50	643,50	373,50
			Ej	6,885	11,862	6,885
3	29,110	1546,87	ajkj	405,33	736,21	405,33
			Ej	7,627	13,854	7,627
2	42,427	1587,05	ajkj	441,83	763,39	441,83
			Ej	11,009	20,407	11,009
1	61,775	4952,00	ajkj	1561,94	1828,12	1561,94
			Ej	19,484	22,805	19,484

Niv	$\Sigma F_x(t)$	Σakp	Pot	B1	B2	B3	B4	B5
9	11,016	2673,15	ajkj	334,63	584,63	647,13	662,76	444,00
			Ej	1,379	2,409	2,666	2,731	1,829
8	20,696	"	ajkj	334,63	584,63	647,13	662,76	444,00
			Ej	2,590	4,526	5,010	5,131	3,437
7	29,380	"	ajkj	334,63	584,63	647,13	662,76	444,00
			Ej	3,677	6,425	7,112	7,284	4,879
6	37,863	3278,25	ajkj	373,50	722,25	819,00	843,75	519,75
			Ej	4,313	8,341	9,459	9,745	6,003
5	45,640	"	ajkj	373,50	722,25	819,00	843,75	519,75
			Ej	5,199	10,055	11,402	11,746	7,235
4	52,736	"	ajkj	373,50	722,25	819,00	843,75	519,75
			Ej	6,008	11,618	13,175	13,573	8,361
3	59,786	3825,82	ajkj	405,33	843,75	980,24	1017,46	579,04
			Ej	6,334	13,185	15,318	15,899	9,048
2	65,990	4397,03	ajkj	441,83	873,88	798,55	1285,71	1027,06
			Ej	6,180	13,115	11,984	19,295	15,413
1	67,520	4022,87	ajkj	1561,94	1913,50	547,43		
			Ej	26,215	32,116	9,188		

-36-

Moments fléchissants dans les poteaux
Portique longitudinal (B-B) suite.

Niv	Pot	t_j	\bar{k}	y	$z=yh$	$h-z$	M_{slip}	M_{inf}
4	B ₁	6,008	0,400	0,50	1,60	1,60	9,604	9,604
	B ₂	11,618	0,945	0,50	1,60	1,60	18,588	18,588
	B ₃	13,175	1,145	0,50	1,60	1,60	21,080	21,080
	B ₄	13,573	1,200	0,50	1,60	1,60	21,716	21,716
	B ₅	18,361	0,600	0,50	1,60	1,60	13,377	13,377
3	B ₁	6,334	0,217	0,60	2,04	1,60	8,614	12,921
	B ₂	13,185	0,514	0,50	1,70	1,70	22,414	22,414
	B ₃	15,318	0,623	0,50	1,70	1,70	26,040	26,040
	B ₄	15,899	0,653	0,55	1,87	1,53	24,325	29,731
	B ₅	9,048	0,326	0,50	1,70	1,70	15,381	15,381
2	B ₁	6,180	0,179	0,95	2,66	0,14	0,865	16,438
	B ₂	13,115	0,423	0,60	1,68	1,12	14,688	22,033
	B ₃	11,984	0,379	0,35	0,98	1,82	21,810	11,744
	B ₄	19,295	1,075	0,45	2,52	3,08	59,428	48,623
	B ₅	15,413	0,537	0,50	2,80	2,80	43,156	43,156
1	B ₁	26,215	0,179	1,30	3,64	-0,84	-22,020	80,862
	B ₂	32,116	0,423	0,80	2,24	0,56	17,984	71,939
	B ₃	9,188	0,244	1,00	2,80	0,00	0,000	25,726

Moments fléchissants dans les poteaux

Portique transversal (1-1)

Niv	Pot	t_j	\bar{K}	y	$z=yh$	$h-z$	M_{sup}	M_{inf}
9	1A	1,491	0,691	0,30	0,96	2,24	3,339	1,431
	1B	2,360	1,382	0,40	1,28	1,92	4,531	3,020
	1C	1,491	0,691	0,30	0,96	2,24	3,339	1,431
8	1A	2,820	0,691	0,40	1,28	1,92	5,414	3,609
	1B	4,478	1,382	0,45	1,44	1,76	7,881	5,731
	1C	2,820	0,691	0,40	1,28	1,92	5,414	3,609
7	1A	3,963	0,691	0,45	1,44	1,76	6,974	5,706
	1B	6,292	1,382	0,45	1,44	1,76	11,073	9,060
	1C	3,963	0,691	0,45	1,44	1,76	6,974	5,706
6	1A	4,935	0,400	0,45	1,44	1,76	8,685	7,106
	1B	8,504	0,800	0,45	1,44	1,76	14,967	12,245
	1C	4,935	0,400	0,45	1,44	1,76	8,685	7,106
5	1A	5,951	0,400	0,50	1,60	1,60	9,521	9,521
	1B	10,254	0,800	0,45	1,44	1,76	18,047	14,765
	1C	5,951	0,400	0,50	1,60	1,60	9,521	9,521
4	1A	6,885	0,400	0,50	1,60	1,60	11,016	11,016
	1B	11,862	0,800	0,50	1,60	1,60	18,979	18,979
	1C	6,885	0,400	0,50	1,60	1,60	11,016	11,016
3	1A	7,627	0,217	0,55	1,87	1,53	11,669	14,262
	1B	13,854	0,435	0,55	1,87	1,53	21,196	25,906
	1C	7,627	0,217	0,55	1,87	1,53	11,669	14,262
2	1A	11,009	0,179	0,60	1,68	1,12	12,330	18,495
	1B	20,407	0,358	0,70	1,96	0,84	17,141	39,997
	1C	11,009	0,179	0,60	1,68	1,12	12,330	18,435
1	1A	19,484	0,179	1,30	3,64	-0,84	-16,366	70,921
	1B	22,805	0,358	0,90	2,52	0,28	6,385	57,468
	1C	19,484	0,179	1,30	3,64	-0,84	-16,366	70,921

Moments fléchissants aux nœuds des poutres

Portique longitudinal B-B

Niv	Nd	M_a	M_b	M_1	M_2
9	1		3,088		3,088
	2		4,625	1,956	2,952
	3		5,118	2,437	2,680
	4		4,806	2,403	2,403
	5		3,511	3,511	
8	6	1,323	4,972		6,295
	7	3,083	7,965	4,674	6,206
	8	3,412	8,817	5,823	6,405
	9	3,932	9,030	6,481	6,481
	10	2,341	6,049	8,390	
7	11	3,315	6,471		9,786
	12	6,517	11,308	7,541	10,283
	13	7,214	12,517	9,395	10,335
	14	7,388	11,654	9,521	9,521
	15	4,949	8,587	13,536	
6	16	5,294	7,590		12,884
	17	9,252	14,680	10,124	13,807
	18	10,241	15,134	12,083	13,291
	19	11,654	15,592	13,623	13,623
	20	7,025	10,565	17,590	
5	21	6,210	8,318		14,528
	22	12,011	16,088	11,887	16,211
	23	15,134	18,243	15,893	17,483
	24	15,592	18,793	17,192	17,192
	25	8,644	12,733	21,377	

Niv	Nd	M_a	M_b	M_1	M_2
4	26	8,318	9,604		17,922
	27	16,088	18,588	14,670	20,005
	28	18,243	21,080	18,725	20,597
	29	18,793	21,716	20,254	20,254
	30	10,418	13,377	23,795	
3	31	9,604	8,614		18,218
	32	18,588	22,414	17,346	23,655
	33	21,080	26,040	22,438	24,681
	34	21,716	24,325	23,020	23,020
	35	13,377	15,381	28,768	
2	36	12,921	0,865		13,786
	37	22,414	14,688	15,696	21,405
	38	26,040	21,810	22,785	25,064
	39	29,731	59,428	44,579	44,579
	40	15,381	43,156	58,537	
1	41	16,438	-22,020		-5,582
	42	22,033	17,984	16,930	23,086
	43	11,744	0,000	11,744	

Moments fléchissants aux nœuds des poutres

Portique transversal 2-2

Ni	Nd	Ma	Mb	M1	M2
9	1	0,000	3,339	/	3,339
	2	0,000	4,531	2,265	2,265
	3	0,000	3,339	3,339	/
8	4	1,431	5,414	/	6,845
	5	3,020	7,881	5,450	5,450
	6	1,431	5,414	6,845	/
7	7	3,609	6,974	/	10,583
	8	5,731	11,073	8,402	8,402
	9	3,609	6,974	10,583	/
6	10	5,706	8,685	/	14,391
	11	9,060	14,967	12,013	12,013
	12	5,706	8,685	14,391	/
5	13	7,106	9,521	/	16,627
	14	12,245	18,047	15,146	15,146
	15	7,106	9,521	16,627	/
4	16	9,521	11,016	/	20,537
	17	14,765	18,979	16,872	16,872
	18	9,521	11,016	20,537	/
3	19	11,016	11,669	/	22,685
	20	18,979	21,196	20,087	20,087
	21	11,016	11,669	22,685	/
2	22	14,262	12,330	/	26,592
	23	25,906	17,141	21,523	21,523
	24	14,262	12,330	26,592	/
1	25	18,495	-16,366	/	2,129
	26	29,997	6,385	23,191	23,191
	27	18,495	-16,366	2,129	/

Poteaux sous E
Portique longitudinal (B-B)

Niv	Pot	Msup	Minf	N	Ncum
9	B ₁	3,088	1,323	-0,840	-0,840
	B ₂	4,625	3,083	-0,384	-0,384
	B ₃	5,118	3,412	-0,046	-0,046
	B ₄	4,806	3,932	-0,208	-0,208
	B ₅	3,511	2,341	1,478	1,478
8	B ₁	4,972	3,315	-1,828	-2,668
	B ₂	7,965	6,517	-0,905	-1,289
	B ₃	8,817	7,214	-0,488	-0,534
	B ₄	9,030	7,388	-0,496	-0,704
	B ₅	6,049	4,949	3,717	5,195
7	B ₁	6,471	5,294	-2,887	-5,555
	B ₂	11,308	9,252	-1,585	-2,874
	B ₃	12,517	10,241	-0,492	-1,026
	B ₄	11,654	11,654	-0,800	-1,504
	B ₅	8,587	7,025	5,764	10,959
6	B ₁	7,590	6,210	-3,834	-9,389
	B ₂	14,680	12,011	-2,050	-4,924
	B ₃	15,134	15,134	-0,844	-1,870
	B ₄	15,592	15,592	-1,075	-2,579
	B ₅	10,565	8,644	7,803	18,762
5	B ₁	8,318	8,318	-4,402	-13,791
	B ₂	16,088	16,088	-2,894	-7,818
	B ₃	18,243	18,243	-1,372	-3,242
	B ₄	18,793	18,793	-0,974	-3,553
	B ₅	12,733	10,418	9,642	28,404

Niv	Pot	Msup	Minf	N	Ncum
4	B ₁	9,604	9,604	-5,432	-19,223
	B ₂	18,588	18,588	-3,370	-11,188
	B ₃	21,080	21,080	-1,410	-4,652
	B ₄	21,716	21,716	0,800	-4,353
	B ₅	13,377	13,377	11,012	39,416
3	B ₁	8,614	12,921	-5,927	-25,150
	B ₂	22,414	22,414	-4,548	-15,736
	B ₃	26,040	26,040	-1,450	-6,102
	B ₄	24,325	29,731	-1,019	-5,372
	B ₅	15,381	15,381	12,944	52,360
2	B ₁	0,865	16,438	-4,913	-30,063
	B ₂	14,688	22,033	-5,130	-20,866
	B ₃	21,810	11,744	-7,367	-13,469
	B ₄	59,428	48,623	-8,369	-13,741
	B ₅	43,156	43,156	25,779	78,139
1	B ₁	-22,020	80,862	-3,752	-33,818
	B ₂	17,984	71,939	-4,163	-25,029
	B ₃	0,000	25,726	7,915	-5,554

Poutres sous E
Portique longitudinal (B-B)

Niv	Pout	Mw	Me	Me	T
9	1-2	3,088	1,956	0,566	-0,840
	2-3	2,952	2,437	0,515	-1,224
	3-4	2,680	2,403	0,277	-1,270
	4-5	2,403	3,511	-1,108	-1,478
8	1-2	6,295	4,674	0,810	-1,828
	2-3	6,206	5,823	0,191	-2,733
	3-4	6,405	6,481	-0,038	-3,221
	4-5	6,481	8,390	-0,954	-3,717
7	1-2	9,786	7,541	1,122	-2,887
	2-3	10,283	9,395	0,444	-4,472
	3-4	10,335	9,521	0,407	-4,964
	4-5	9,521	13,536	-2,007	-5,764
6	1-2	12,884	10,124	1,380	-3,834
	2-3	13,807	12,083	0,862	-5,884
	3-4	13,291	13,623	-0,166	-6,728
	4-5	13,623	17,590	-1,983	-7,803
5	1-2	14,528	11,887	1,320	-4,402
	2-3	16,211	15,893	0,159	-7,296
	3-4	17,483	17,192	0,145	-8,668
	4-5	17,192	21,377	-2,092	-9,642

Niv	Pout	Mw	Me	Me	T
4	1-2	17,922	14,670	1,626	-5,432
	2-3	20,005	18,725	0,640	-8,802
	3-4	20,597	20,254	0,171	-10,212
	4-5	20,254	23,795	-1,770	-11,012
3	1-2	18,218	17,346	0,436	-5,927
	2-3	23,655	22,438	0,608	-10,475
	3-4	24,681	23,020	0,830	-11,925
	4-5	23,020	28,758	-2,869	-12,944
2	1-2	13,786	15,696	-0,955	-4,913
	2-3	21,405	22,785	-0,690	-10,043
	3-4	25,064	44,579	-9,757	-17,410
	4-5	44,579	58,579 _x	-6,979	-25,779
1	1-2	5,582	16,930	5,674	-3,752
	2-3	23,086	11,744	5,671	-7,915

Portique transversal 2-2

Poteaux sous E

Poutres sous E

Niv	Pote	M _{sup}	M _{inf}	N	N _{cum}
9	A	3,339	1,431	-0,942	-0,942
	B	4,531	3,020	/	/
	C	3,339	1,431	0,942	0,942
8	A	5,414	3,609	-2,049	-2,991
	B	7,881	5,731	/	/
	C	5,414	3,609	2,049	2,991
7	A	6,974	5,706	-3,164	-6,155
	B	11,073	9,060	/	/
	C	6,974	5,706	3,164	6,155
6	A	8,685	7,106	-4,400	-10,555
	B	14,967	12,245	/	/
	C	8,685	7,106	4,400	10,555
5	A	9,521	9,521	-5,295	-15,850
	B	18,047	14,765	/	/
	C	9,521	9,521	5,295	15,850
4	A	11,016	11,016	-6,234	-22,084
	B	18,979	18,979	/	/
	C	11,016	11,016	6,234	22,084
3	A	11,669	14,262	-7,128	-29,212
	B	21,196	25,906	/	/
	C	11,669	14,262	7,128	29,212
2	A	12,330	18,495	-8,019	-37,231
	B	17,141	39,997	/	/
	C	12,330	18,495	8,019	37,231
1	A				
	B				
	C				

Ni	Pout	M _w	M _e	M _t	T
9	A-B	3,339	2,265	0,537	-0,934
	B-C	2,265	3,339	-0,537	-0,934
8	A-B	6,845	5,450	0,697	-2,049
	B-C	5,450	6,845	-0,697	-2,049
7	A-B	10,583	8,402	1,090	-3,164
	B-C	8,402	10,583	-1,090	-3,164
6	A-B	14,391	12,013	1,189	-4,400
	B-C	12,013	14,391	-1,189	-4,400
5	A-B	16,627	15,146	0,740	-5,295
	B-C	15,146	16,627	-0,740	-5,295
4	A-B	20,537	16,872	1,832	-6,234
	B-C	16,872	20,537	-1,832	-6,234
3	A-B	22,685	20,087	1,299	-7,128
	B-C	20,087	22,685	-1,299	-7,128
2	A-B	26,692	21,523	2,534	-8,019
	B-C	21,523	26,692	-2,534	-8,019
1	A-B	2,129	23,191	-10,531	-4,220
	B-C	23,191	2,129	10,531	-4,220

Chapitre 5

CALCUL DES EFFORTS SOUS

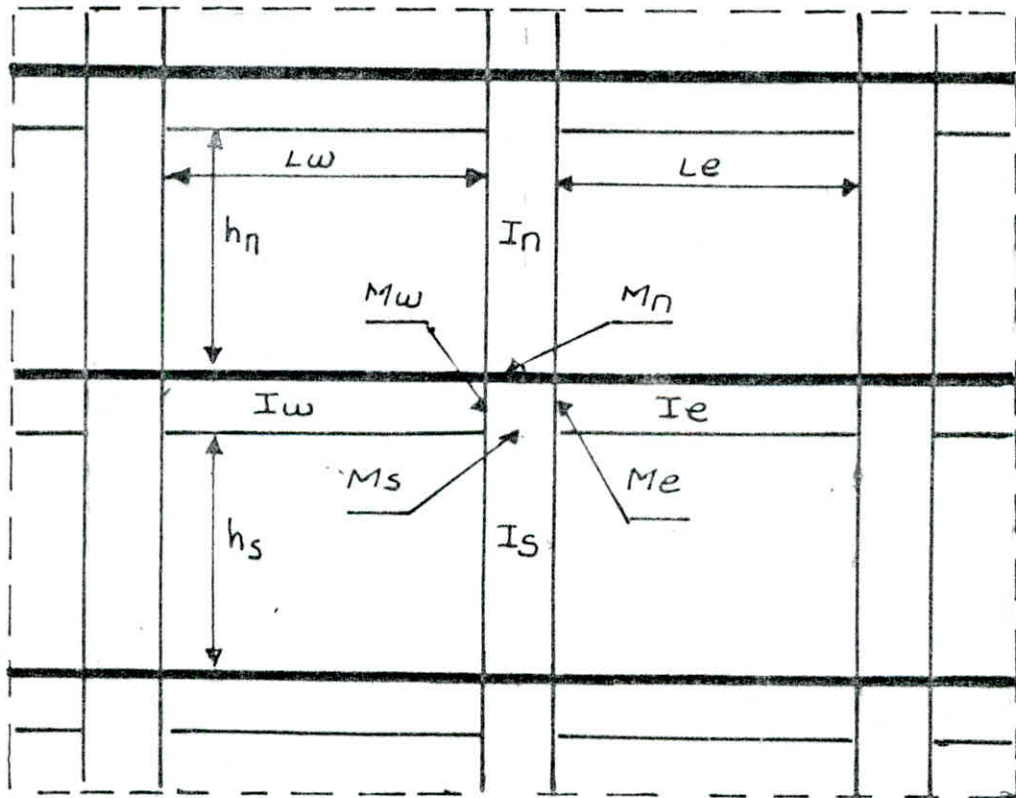
LES CHARGES VERTICALES

EFFORTS SOUS LES CHARGES VERTICALES

Le calcul des portiques sous les charges verticales se fait par la méthode de "CAQUOT". Annexe A du CCBA68

Exposé de la méthode :

La méthode suppose que les moments d'inertie des port sont constants, le principe consiste à choisir un nœud et déterminer les moments à gauche, à droite, en haut et en bas, en tenant compte des charges des travées encadrant le nœud et de la résistance offerte par les tronçons inférieurs et supérieurs qui aboutissent à ce nœud.



$$\left. \begin{array}{l} L'_w = L_w \\ L'_e = L_e \end{array} \right\} \text{travées d'extrémité}$$

$$\left. \begin{array}{l} L'_w = 0,8 L_w \\ L'_e = 0,8 L_e \end{array} \right\} \text{travées intermédiaires}$$

$h'_n = 0,9 h_n$ si le nœud considéré appartient à l'avant dernier plancher
 $h'_n = 0,8 h_n$; $h'_s = 0,8 h_s$ pour les autres cas.

h_n, h_s : hauteurs libres respectivement du poteau haut et bas
 L_w, L_e : Portées libres respectivement de gauche et de droite
 I_w, I_e, I_n, I_s : Moments d'inertie respectivement de la travée de gauche et de droite; du poteau sup. et inf.

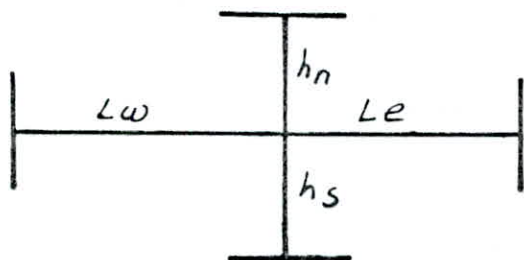
on a:

$$k_w = \frac{I_w}{L_w^3} ; k_e = \frac{I_e}{L_e^3} ; k_s = \frac{I_s}{h_s^3} ; k_n = \frac{I_n}{h_n^3}$$

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

Travée intermédiaire :

Pour un nœud i d'une travée intermédiaire, les moments dans les sections dangereuses (nus des appuis) en valeur absolue :



$$M'_w = \frac{L_w^2}{8,5} q_w + L_w \sum k_w Q_w$$

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

q_e, q_w : charge uniformément répartie par unité de longueur respectivement de la travée de droite et de gauche

Q_w : charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance a_w du nu de l'appui. ($Q_e = Q_w = 0$)

Les moments dans la section dangereuse:

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

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

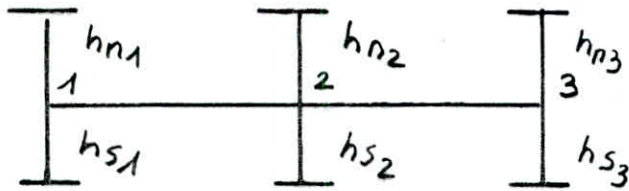
Au nu inf du poteau: $M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$

Au nu sup du poteau: $M_n = \frac{k_n}{D} (M'_e - M'_w)$

M_e et M_w sont négatifs (poutres)

Pour les poteaux, la face tendue du tronçon sup est du côté correspondant à la plus grande des valeurs M'_w, M'_e .

Travée de rive :



$$L'w_1 = 0 \quad M'w_1 = 0$$

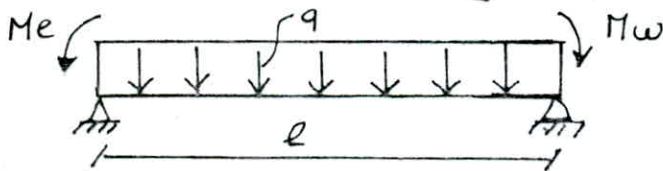
Noeud 2 :

$$L'w = \chi Lw \quad \begin{cases} \chi = 0,8 & \text{si } K_s + K_n \geq 1,5 K_e \\ \chi = 1 - \frac{K_s + K_n}{7,5 K_e} & \text{si } K_s + K_n < 1,5 K_e \end{cases}$$

$$L'e = \chi L_e \quad \begin{cases} \chi = 0,8 & \text{si } K_s + K_n \geq 1,5 K_w \\ \chi = 1 - \frac{K_s + K_n}{7,5 K_w} & \text{si } K_s + K_n < 1,5 K_w \end{cases}$$

Efforts tranchants dans les poutres

On ne fait pas état dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux et des efforts normaux dans les poutres (CCBA 68. A15) les efforts tranchants dans les poutres sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de charge "q".



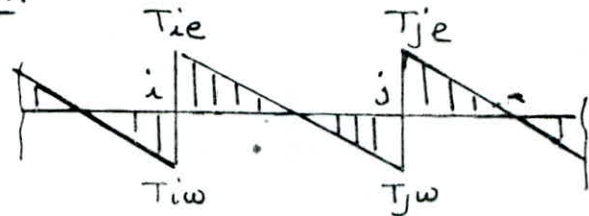
$$T_e = q \frac{l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$

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

Efforts normaux dans les poteaux

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

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



Portique longitudinal

Niveau	travée	G (t/ml)	P (t/ml)
terrasse	2-3	1,772	0,095
	autres	0,870	
courant	toutes	0,806	0,475 (N ₂) 0,166
RDC	toutes	0,356	0,380

Portique transversal

Niveau	travée	G (t/ml)	P (t/ml)
terrasse	A-B	3,814	0,550
	B-C	4,716	
courant	toutes	3,300	0,962 (N ₂) 2,750
RDC	toutes	3,300	2,200

Caractéristiques géométriques - portique longitudinal B-B

N	Nd	e'_{ω} (m)	e'_e (m)	h'_n (m)	h'_s (m)	$K_{\omega} \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
9	1	/	4,48	/	2,08	/	12,05	/	20,03	32,08
	2	4,48	3,20	/	2,08	12,05	16,87	/	20,03	48,95
	3	3,20	2,88	/	2,08	16,87	18,75	/	20,03	55,65
	4	2,88	2,88	/	2,08	18,75	18,75	/	20,03	57,53
	5	2,88	/	/	2,08	18,75	/	/	20,03	38,78
8	1	/	4,48	$\begin{matrix} 2,34 \\ 2,08 \end{matrix}$	2,08	/	12,05	$\begin{matrix} 17,80 \\ 20,03 \end{matrix}$	20,03	$\begin{matrix} 49,88 \\ 52,11 \end{matrix}$
	2	4,48	3,20	$\begin{matrix} 2,34 \\ 2,08 \end{matrix}$	2,08	12,05	16,87	$\begin{matrix} 17,80 \\ 20,03 \end{matrix}$	20,03	$\begin{matrix} 66,75 \\ 68,98 \end{matrix}$
	3	3,20	2,88	$\begin{matrix} 2,34 \\ 2,08 \end{matrix}$	2,08	16,87	18,75	$\begin{matrix} 17,80 \\ 20,03 \end{matrix}$	20,03	$\begin{matrix} 73,45 \\ 75,68 \end{matrix}$
	4	2,88	2,88	$\begin{matrix} 2,34 \\ 2,08 \end{matrix}$	2,08	18,75	18,75	$\begin{matrix} 17,80 \\ 20,03 \end{matrix}$	20,03	$\begin{matrix} 75,37 \\ 77,56 \end{matrix}$
	5	2,88	/	$\begin{matrix} 2,34 \\ 2,08 \end{matrix}$	2,08	18,75	/	$\begin{matrix} 17,80 \\ 20,03 \end{matrix}$	20,03	$\begin{matrix} 56,58 \\ 58,81 \end{matrix}$
6	1	/	4,48	2,08	"	/	12,05	34,61	34,61	81,27
	2	4,48	3,20	"	"	12,05	16,87	"	"	98,14
	3	3,20	2,88	"	"	16,87	18,75	"	"	104,84
	4	2,88	2,88	"	"	18,75	18,75	"	"	106,72
	5	2,88	/	"	"	18,75	/	"	"	87,97
5	1	/	4,48	"	2,24	/	12,05	62,31	62,50	141,86
	2	4,48	3,20	"	"	12,05	16,87	"	"	158,73
	3	3,20	2,88	"	"	16,87	18,75	"	"	165,43
	4	2,88	2,88	"	"	18,75	18,75	"	"	167,31
	5	2,88	/	"	"	18,75	/	"	"	148,56
4	1	/	4,48	2,24	1,76	/	12,05	62,50	79,54	154,09
	2	4,48	3,20	"	"	12,05	16,87	"	"	170,96
	3	3,20	2,88	"	"	16,87	18,75	"	"	177,66
	4	2,88	2,88	"	4,00	18,75	18,75	"	35,00	135,00
	5	2,88	/	"	"	18,75	/	"	35,00	116,25
3	1	/	4,48	1,76	1,76	/	12,05	79,54	79,54	171,13
	2	4,48	3,20	"	"	12,05	16,87	"	"	183,00
	3	3,20	/	"	"	16,87	/	"	"	175,95

Caractéristiques géométriques - portique transversal 2.2

N	Nd	l'_w (m)	l'_e (m)	h'_n (m)	h'_s (m)	$K_w \cdot 10^4$	$K_e \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$
9	A	/	4,40	/	2,08	/	12,27	/	20,03	32,30
	B	4,40	4,40	/	"	12,27	12,27	/	"	44,57
	C	4,40	/	/	"	12,27	/	/	"	32,30
8	A	/	4,40	2,34	"	/	12,27	17,80	"	50,10
	B	4,40	4,40	"	"	12,27	12,27	"	"	62,37
	C	4,40	/	"	"	12,27	/	"	"	50,10
7	A	/	4,40	2,08	"	/	12,27	20,03	"	52,33
	B	4,40	4,40	"	"	12,27	12,27	"	"	64,60
	C	4,40	/	"	"	12,27	/	"	"	52,33
6	A	/	4,32	"	"	/	12,50	34,61	34,61	81,72
	B	4,32	4,32	"	"	12,50	12,50	"	"	94,22
	C	4,32	/	"	"	12,50	/	"	"	81,72
5	A	/	4,20	"	2,24	/	12,85	67,31	62,50	142,66
	B	4,20	4,20	"	"	12,85	12,85	"	"	155,51
	C	4,20	/	"	2,76	12,85	/	"	"	142,66
4	A	/	4,20	2,24	1,76	/	12,85	62,50	79,54	154,89
	B	4,20	4,20	"	"	12,85	12,85	"	"	167,74
	C	4,20	/	"	"	12,85	/	"	"	154,89
3	A	/	4,20	1,76	1,76	/	12,85	79,54	79,54	171,93
	B	4,20	4,20	"	"	12,85	12,85	"	"	184,78
	C	4,20	/	"	"	12,85	/	"	"	171,93
2	A	/	4,20	1,76	1,76	/	12,85	79,54	79,54	171,93
	B	4,20	4,20	"	"	12,85	12,85	"	"	184,78
	C	4,20	/	"	"	12,85	/	"	"	171,93
1	A	/	4,20	1,76	1,76	/	12,85	79,54	79,54	171,93
	B	4,20	4,20	"	"	12,85	12,85	"	"	184,78
	C	4,20	/	"	"	12,85	/	"	"	171,93

Calcul des moments aux appuis - portique longitudinal BB

Sous G

Niv	Nd	M _w (tm)	M _e (tm)	M _n (tm)	M _s (tm)	Niv	Nd	M _w (tm)	M _e (tm)	M _n (tm)	M _s (tm)
9	1	/	1,282	/	1,282	4	1	/	1,621	0,810	0,810
	2	2,673	2,107	/	0,033		2	1,788	1,131	-0,328	-0,328
	3	1,745	1,282	/	-0,463		3	0,941	0,818	-0,061	-0,061
	4	0,848	0,848	/	0,000		4	0,786	0,786	0,000	0,000
	5	0,433	/	/	-0,433		5	0,618	/	-0,309	-0,309
8	1	/	1,443	0,679	0,764	3	1	/	1,741	0,903	0,838
	2	1,734	1,206	-0,248	-0,279		2	1,832	1,070	-0,345	-0,367
	3	0,928	0,832	-0,045	-0,051		3	0,952	0,807	-0,075	-0,070
	4	0,785	0,785	0,000	0,000		4	0,786	0,786	0,000	0,000
	5	0,525	/	-0,247	-0,278		5	0,688	/	-0,356	-0,330
7	1	/	1,463	0,731	0,731	2	1	/	1,751	0,789	0,961
	2	1,739	1,198	-0,270	-0,270		2	1,836	1,065	-0,348	-0,423
	3	0,929	0,831	-0,049	-0,040		3	0,953	0,805	-0,066	-0,081
	4	0,786	0,786	0,000	0,000		4	0,786	0,786	0,000	0,000
	5	0,535	/	-0,268	-0,268		5	0,659	/	-0,432	-0,236
6	1	/	1,621	0,810	0,810	1	1	/	0,778	0,389	-0,2361
	2	1,788	1,131	-0,328	-0,328		2	0,812	0,467	-0,172	-0,172
	3	0,941	0,818	-0,061	-0,061		3	0,386	/	-0,193	-0,193
	4	0,786	0,786	0,000	0,000						
	5	0,618	/	-0,309	-0,309						
5	1	/	1,621	0,810	0,810						
	2	1,788	1,131	-0,328	-0,328						
	3	0,941	0,818	-0,061	-0,061						
	4	0,786	0,786	0,000	0,000						
	5	0,618	/	-0,309	-0,309						

Calcul des moments aux appuis - portique longitudinal BB

Sous P

Niv	Nd	Mw (tm)	Me (tm)	Mn (tm)	Ms (tm)	Niv	Nd	Mw (tm)	Me (tm)	Mn (tm)	Ms (tm)
9	1	/	0,140	/	0,140	4	1	/	0,334	0,167	0,167
	2	0,197	0,152	/	-0,045		2	0,368	0,232	-0,068	-0,068
	3	0,107	0,109	/	-0,007		3	0,194	0,169	-0,012	-0,012
	4	0,092	0,092	/	0,000		4	0,162	0,162	0,000	0,000
	5	0,048	/	/	-0,048		5	0,127	/	-0,064	-0,064
8	1	/	0,297	0,140	0,157	3	1	/	0,359	0,186	0,173
	2	0,357	0,248	-0,051	-0,057		2	0,377	0,220	-0,081	-0,075
	3	0,191	0,171	-0,009	-0,010		3	0,195	0,165	-0,015	-0,014
	4	0,162	0,162	0,000	0,000		4	0,162	0,162	0,000	0,000
	5	0,108	/	-0,051	-0,057		5	0,141	/	-0,063	-0,068
7	1	/	0,301	0,150	0,150	2	1	/	1,033	0,454	0,578
	2	0,358	0,247	-0,056	-0,056		2	1,082	0,625	-0,200	-0,255
	3	0,191	0,171	-0,010	-0,010		3	0,561	0,474	-0,038	-0,049
	4	0,162	0,162	0,000	0,000		4	0,463	0,463	0,000	0,000
	5	0,110	/	-0,055	-0,055		5	0,388	/	-0,249	-0,139
6	1	/	0,334	0,167	0,167	1	1	/	0,834	0,417	0,417
	2	0,368	0,232	-0,068	-0,068		2	0,868	0,497	-0,186	-0,186
	3	0,194	0,169	-0,012	-0,012		3	0,414	/	-0,207	-0,207
	4	0,162	0,162	0,000	0,000						
	5	0,127	/	-0,064	-0,064						
5	1	/	0,334	0,167	0,167						
	2	0,368	0,232	-0,068	-0,068						
	3	0,194	0,169	-0,012	-0,012						
	4	0,162	0,162	0,000	0,000						
	5	0,127	/	-0,064	-0,064						

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Portique longitudinal BB.

SOUS G						SOUS P					
Niv	Ptre	Mw (tm)	Me (tm)	Tw (t)	Te (t)	Niv	Ptre	Mw (tm)	Me (tm)	Tw (t)	Te (t)
9	1-2	2,054	1,282	2,298	-2,574	9	1-2	0,197	0,140	0,256	-0,276
	2-3	1,745	2,107	3,634	-3,454		2-3	0,107	0,152	0,201	-0,179
	3-4	0,848	1,282	1,686	-1,446		3-4	0,092	0,109	0,176	-0,166
	4-5	0,438	0,848	-1,680	-1,452		4-5	0,048	0,092	0,183	-0,159
8	1-2	1,734	1,443	2,206	-2,308	8	1-2	0,357	0,297	0,405	-0,525
	2-3	0,928	1,206	1,681	-1,543		2-3	0,191	0,248	0,346	-0,318
	3-4	0,785	0,832	1,464	-1,438		3-4	0,162	0,171	0,308	-0,290
	4-5	0,525	0,785	1,523	-1,379		4-5	0,108	0,162	0,314	-0,284
7	1-2	1,739	1,463	2,208	-2,306	7	1-2	0,358	0,301	0,414	-0,516
	2-3	0,929	1,198	1,679	-1,545		2-3	0,191	0,247	0,346	-0,318
	3-4	0,786	0,831	1,463	-1,439		3-4	0,162	0,171	0,301	-0,296
	4-5	0,535	0,786	1,521	-1,381		4-5	0,110	0,162	0,313	-0,285
6	1-2	1,788	1,621	2,227	-2,287	6	1-2	0,368	0,334	0,459	-0,471
	2-3	0,941	1,131	1,679	-1,545		2-3	0,194	0,232	0,341	-0,323
	3-4	0,786	0,818	1,460	-1,442		3-4	0,162	0,169	0,300	-0,298
	4-5	0,618	0,786	1,497	-1,405		4-5	0,127	0,162	0,308	-0,290
5	1-2	1,832	1,741	2,242	-2,272	5	1-2	0,377	0,359	0,462	-0,468
	2-3	0,952	1,070	1,641	-1,583		2-3	0,195	0,220	0,338	-0,326
	3-4	0,786	0,807	1,457	-1,445		3-4	0,162	0,165	0,300	-0,298
	4-5	0,688	0,786	1,478	-1,424		4-5	0,141	0,162	0,305	-0,293
4	1-2	1,836	1,751	2,242	-2,272	4	1-2	1,082	1,033	0,456	-0,474
	2-3	0,953	1,065	1,640	-1,584		2-3	0,561	0,625	0,348	-0,316
	3-4	0,786	0,805	1,456	-1,446		3-4	0,463	0,474	0,302	-0,296
	4-5	0,659	0,786	1,486	-1,416		4-5	0,388	0,463	0,320	-0,278
3	1-2	0,812	0,778	2,251	-2,263	3	1-2	0,868	0,834	0,459	-0,471
	2-3	0,386	0,467	1,632	-1,592		2-3	0,414	0,497	0,353	-0,311

Efforts normaux dans les poteaux .portique longitudinal BB

Sous G

Niv	Pot	T _w	T _e	N	N _{cum}	Ni	Pot	T _w	T _e	N	N _{cum}
9	1	/	2,298	2,298	2,298	4	1	/	2,227	2,227	13,393
	2	-2,574	3,634	6,208	6,208		2	-2,287	1,679	3,966	26,080
	3	-3,454	1,686	5,140	5,140		3	-1,545	1,460	3,005	20,170
	4	-1,446	1,680	3,126	3,126		4	-1,442	1,497	2,939	17,864
	5	-1,452	/	1,452	1,452		5	-1,405	/	1,405	8,427
8	1	/	2,206	2,206	4,505	3	1	/	2,242	2,242	15,635
	2	-2,308	1,681	3,989	10,197		2	-2,272	1,641	3,913	29,993
	3	-1,543	1,464	3,007	8,147		3	-1,583	1,457	3,040	23,210
	4	-1,438	1,523	2,961	6,087		4	-1,445	1,478	2,923	20,787
	5	-1,379	/	1,379	2,831		5	-1,424	/	1,424	9,851
7	1	/	2,208	2,208	6,712	2	1	/	2,242	2,242	17,877
	2	-2,306	1,679	3,985	14,182		2	-2,272	1,640	3,912	33,905
	3	-1,545	1,463	3,008	11,155		3	-1,584	1,456	3,040	26,250
	4	-1,439	1,521	2,960	9,047		4	-1,446	1,486	2,932	23,719
	5	-1,381	/	1,381	4,212		5	-1,416	/	1,416	11,267
6	1	/	2,227	2,227	8,939	1	1	/	2,251	2,251	20,128
	2	-2,287	1,679	3,966	18,148		2	-2,263	1,632	3,895	37,800
	3	-1,545	1,460	3,005	16,160		3	-1,592	/	1,592	27,842
	4	-1,442	1,497	2,939	11,986						
	5	-1,405	/	1,405	5,617						
5	1	/	2,227	2,227	11,166						
	2	-2,287	1,679	3,966	22,114						
	3	-1,545	1,460	3,005	17,165						
	4	-1,442	1,497	2,939	14,925						
	5	-1,405	/	1,405	7,022						

Efforts normaux dans les poteaux - portique longitudinal BB

sous P

Ni	Pot	Tw	Te	N	Ncum
9	1	/	0,256	0,256	0,256
	2	-0,276	0,201	0,477	0,477
	3	-0,179	0,176	0,355	0,355
	4	-0,166	0,183	0,349	0,349
	5	-0,159	/	0,159	0,159
8	1	/	0,405	0,405	0,661
	2	-0,525	0,346	0,871	1,348
	3	-0,318	0,308	0,626	0,981
	4	-0,290	0,314	0,604	0,953
	5	-0,284	/	0,284	0,443
7	1	/	0,414	0,414	1,075
	2	-0,516	0,346	0,862	2,210
	3	-0,318	0,301	0,619	1,600
	4	-0,296	0,313	0,609	1,562
	5	-0,285	/	0,285	0,728
6	1	/	0,459	0,459	1,534
	2	-0,471	0,341	0,812	3,022
	3	-0,323	0,300	0,623	2,223
	4	-0,298	0,308	0,606	2,168
	5	-0,298	/	0,290	1,018
5	1	/	0,459	0,459	1,993
	2	-0,471	0,341	0,812	3,834
	3	-0,323	0,300	0,623	2,846
	4	-0,298	0,308	0,606	2,774
	5	-0,290	/	0,290	1,308

Ni	Pot	Tw	Te	N	Ncum
4	1	/	0,459	0,459	2,452
	2	-0,471	0,341	0,812	4,646
	3	-0,323	0,300	0,623	3,469
	4	-0,298	0,308	0,606	3,380
	5	-0,290	/	0,290	1,598
3	1	/	0,462	0,462	2,914
	2	-0,468	0,338	0,806	5,452
	3	-0,326	0,300	0,626	4,095
	4	-0,298	0,305	0,603	3,983
	5	-0,293	/	0,293	1,893
2	1	/	0,456	0,456	3,370
	2	-0,474	0,348	0,822	6,274
	3	-0,316	0,302	0,618	4,713
	4	-0,296	0,320	0,616	4,599
	5	-0,278	/	0,278	2,171
1	1	/	0,459	0,459	3,829
	2	-0,471	0,353	0,824	7,098
	3	-0,311	/	0,311	5,024

Calcul des moments aux appuis - portique transversal 2-2

SOUS G					
Niv	Nd	Mw	Me	Mn	Ms
9	A	/	5,387	/	5,387
	B	9,252	10,175	/	0,293
	C	6,661	/	/	-6,661
8	A	/	5,675	2,670	3,005
	B	7,516	7,116	0,000	0,000
	C	5,675	/	-2,670	-3,005
7	A	/	5,753	2,877	2,877
	B	7,516	7,516	0,000	0,000
	C	5,753	/	-2,877	-2,877
6	A	/	6,137	3,068	3,068
	B	7,245	7,245	0,000	0,000
	C	6,137	/	-3,068	-3,068
5	A	/	6,231	3,231	3,000
	B	6,848	6,848	0,000	0,000
	C	6,231	/	-3,231	-3,000
4	A	/	6,280	2,763	3,516
	B	6,848	6,848	0,000	0,000
	C	6,280	/	-2,763	-3,516
3	A	/	6,336	3,168	3,168
	B	6,848	6,848	0,000	0,000
	C	6,336	/	-3,168	-3,168
2	A	/	6,336	3,168	3,168
	B	6,848	6,848	0,000	0,000
	C	6,336	/	-3,168	-3,168
1	A	/	6,336	3,168	3,168
	B	6,848	6,848	0,000	0,000
	C	6,336	/	-3,168	-3,168

SOUS P					
Niv	Nd	Mw	Me	Mn	Ms
9	A	/	0,715	/	0,715
	B	1,153	1,153	/	0,000
	C	0,715	/	/	-0,715
8	A	/	1,654	0,778	0,876
	B	2,191	2,191	0,000	0,000
	C	1,654	/	-0,778	-0,876
7	A	/	1,677	0,838	0,838
	B	2,191	2,191	0,000	0,000
	C	1,677	/	-0,838	-0,838
6	A	/	1,789	0,894	0,894
	B	2,112	2,112	0,000	0,000
	C	1,789	/	-0,894	-0,894
5	A	/	1,816	0,942	0,874
	B	1,996	1,996	0,000	0,000
	C	1,816	/	-0,942	-0,874
4	A	/	5,233	2,306	2,935
	B	5,707	5,707	0,000	0,000
	C	5,233	/	-2,306	-2,935
3	A	/	4,224	2,112	2,112
	B	4,565	4,565	0,000	0,000
	C	4,224	/	-2,112	-2,112
2	A	/	4,224	2,112	2,112
	B	4,565	4,565	0,000	0,000
	C	4,224	/	-2,112	-2,112
1	A	/	4,224	2,112	2,112
	B	4,565	4,565	0,000	0,000
	C	4,224	/	-2,112	-2,112

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Portique transversal 2-2

SOUS G					
Niv	tra.	Mw	Me	Tw	Te
	A-B	9,252	5,387	-11,191	9,785
	BC	6,660	10,175	-12,330	13,608
	AB	7,516	5,675	-9,410	8,740
	BC	5,675	7,516	-8,740	9,410
7	AB	7,516	5,753	-9,395	8,755
	BC	5,753	7,516	-8,755	9,395
6 5 4	AB	7,245	6,137	-9,115	8,705
	BC	6,137	7,245	-8,705	9,115
3	AB	6,848	6,231	-8,779	8,545
	BC	6,231	6,848	-8,745	8,779
2	AB	6,848	6,280	-9,230	8,094
	BC	6,280	6,848	-8,094	9,230
1	AB	6,848	6,336	-8,759	8,565
	BC	6,336	6,848	-8,565	8,759

SOUS P					
Niv	tra.	Mw	Me	Tw	Te
	AB	1,153	0,715	-1,591	1,433
	BC	0,715	1,153	-1,433	1,591
	AB	2,191	1,654	-2,742	2,548
	BC	1,654	2,191	-2,548	2,742
7	AB	2,191	1,677	-2,738	2,552
	BC	1,677	2,191	-2,552	2,738
6 5 4	AB	2,112	1,789	-2,657	2,537
	BC	1,789	2,112	-2,537	2,657
3	AB	1,996	1,816	-2,559	2,491
	BC	1,816	1,996	-2,491	2,559
2	AB	5,707	5,233	-7,309	7,129
	BC	5,233	5,707	-7,129	7,309
1	AB	4,565	4,224	-5,840	5,710
	BC	4,224	4,565	-5,710	5,840

Efforts normaux dans les poteaux - portique transversal 2.2

SOUS G						SOUS P					
Niv	Pot	Tw	Te	N	Ncum	Niv	Pot	Tw	Te	N	Ncum
9	A	/	9,785	9,785	9,785	9	A	/	1,433	1,433	1,433
	B	-11,191	13,608	24,799	24,799		B	-1,591	1,591	3,182	3,182
	C	-12,330	/	12,330	12,330		C	-1,433	/	1,433	1,433
8	A	/	8,740	8,740	18,525	8	A	/	2,548	2,548	3,981
	B	-9,410	9,410	18,820	43,619		B	-2,742	2,742	5,484	8,666
	C	-8,740	/	8,740	21,070		C	-2,548	/	2,548	3,981
7	A	/	8,755	8,755	27,280	7	A	/	2,552	2,552	6,533
	B	-9,395	9,395	18,790	62,409		B	-2,738	2,738	5,476	14,142
	C	-8,755	/	8,755	29,825		C	-2,552	/	2,552	6,533
6	A	/	8,705	8,705	35,985	6	A	/	2,537	2,537	9,070
	B	-9,115	9,115	18,230	80,639		B	-2,657	2,657	5,314	19,456
	C	-8,705	/	8,705	38,530		C	-2,537	/	2,537	9,070
5	A	/	8,705	8,705	44,690	5	A	/	2,537	2,537	11,607
	B	-9,115	9,115	18,230	98,868		B	-2,657	2,657	5,314	24,770
	C	-8,705	/	8,705	47,235		C	-2,537	/	2,537	11,607
4	A	/	8,705	8,705	53,395	4	A	/	2,537	2,537	14,144
	B	-9,115	9,115	18,230	117,098		B	-2,657	2,657	5,314	30,084
	C	-8,705	/	8,705	55,940		C	-2,537	/	2,537	14,144
3	A	/	8,545	8,545	61,940	3	A	/	2,491	2,491	16,635
	B	-8,779	8,779	17,558	134,656		B	-2,559	2,559	5,118	35,202
	C	-8,545	/	8,545	64,485		C	-2,491	/	2,491	16,635
2	A	/	8,094	8,094	70,034	2	A	/	7,129	7,129	23,764
	B	-9,230	9,230	18,460	153,116		B	-7,309	7,309	14,618	49,820
	C	-8,094	/	8,094	72,579		C	-7,129	/	7,129	23,764
1	A	/	8,565	8,565	78,599	1	A	/	5,710	5,710	29,474
	B	-8,759	8,759	17,518	171,097		B	-5,840	5,840	11,680	61,500
	C	-8,565	/	8,565	81,144		C	-5,710	/	5,710	29,474

Chapitre 6

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés pour les combinaisons des charges verticales et des charges sismiques données sur la base du règlement (RPA81) :

Poutres : $G+P \pm E$; $0,8G \pm E$ G : sollicitation due à la charge perm.

Poteaux : $G+P \pm 1,2E$; $0,8G \pm E$ P : sollicitation due à la surcharge

E : sollicitation due au seisme

Moments entravés des poutres :

$$\text{Sous } G+1,2P \quad M_E = M_0(G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$$

$$\text{Sous } G+P \pm E \quad M_E = M_0(G+P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \pm M_E(E)$$

$$\text{Sous } 0,8G \pm E \quad M_E = M_0(0,8G) - \frac{M_w(0,8G) + M_e(0,8G)}{2} \pm M_E(E)$$

Moments aux appuis des poutres :

$$\text{Sous } G+1,2P \quad M_a = M_a(G) + 1,2M_a(P)$$

$$\text{Sous } G+P \pm E \quad M_a = M_a(G) + M_a(P) \pm M_a(E) \quad M_a = M_w \text{ ou } M_e$$

$$\text{Sous } 0,8G \pm E \quad M_a = 0,8M_a(G) \pm M_a(E)$$

Efforts tranchants dans les poutres :

$$\text{Sous } G+1,2P \quad T = T(G) + 1,2T(P)$$

$$\text{Sous } G+P \pm E \quad T = T(G) + T(P) \pm T(E)$$

$$\text{Sous } 0,8G \pm E \quad T = 0,8T(G) \pm T(E)$$

Poteaux : les combinaisons des charges verticales et seisme sont :

$$\text{Sous } SP_1 : G+1,2P \quad \text{Sous } SP_2 : G+P \pm 1,2E ; 0,8G \pm E$$

Moments en travée des poutres - portique longitudinal BB

Niveau	Travée	Sous G	M ₀		M _{t1}			M _{t2}	
		$\frac{M_e + M_w}{2}$	P	G	G+1,2P	G+P	0,8G	G+1,2P	G+P
9	1-2	1,668	0,372	3,410	2,189	2,114	1,394	1,540	1,573
	2-3	1,926	0,190	3,544	1,846	1,808	1,294	1,463	1,488
	3-4	1,065	0,154	1,409	0,529	0,498	0,275	0,223	0,243
	4-5	0,643	0,154	1,409	0,951	0,920	0,613	0,682	0,696
8	1-2	1,588	0,651	3,159	2,352	2,222	1,257	1,178	1,243
	2-3	1,067	0,332	1,612	0,943	0,877	0,435	0,282	0,325
	3-4	0,808	0,269	1,306	0,821	0,766	0,398	0,298	0,331
	4-5	0,655	0,269	1,306	0,974	0,920	0,521	0,489	0,516
7	1-2	1,601	0,651	3,159	2,339	2,209	1,246	1,163	1,228
	2-3	1,063	0,332	1,612	0,947	0,881	0,459	0,286	0,329
	3-4	0,808	0,269	1,306	0,821	0,767	0,398	0,298	0,331
	4-5	0,660	0,269	1,306	0,969	0,915	0,516	0,482	0,509
6	1-2	1,704	0,651	3,159	2,235	2,105	1,164	1,033	1,103
	2-3	1,036	0,332	1,612	0,974	0,908	0,460	0,320	0,363
	3-4	0,802	0,269	1,306	0,827	0,773	0,403	0,305	0,338
	4-5	0,702	0,269	1,306	0,927	0,873	0,483	0,431	0,459
5	1-2	1,786	0,651	3,159	2,154	2,024	1,098	0,931	1,004
	2-3	1,011	0,332	1,612	0,999	0,933	0,480	0,352	0,393
	3-4	0,796	0,269	1,306	0,833	0,779	0,408	0,313	0,346
	4-5	0,737	0,269	1,306	0,892	0,838	0,455	0,387	0,417
4	1-2	1,793	1,862	3,159	3,600	3,288	1,092	0,097	0,308
	2-3	1,009	0,950	1,612	1,743	1,553	0,482	-0,108	0,010
	3-4	0,795	0,769	1,306	1,434	1,280	0,408	-0,052	0,042
	4-5	0,722	0,769	1,306	1,507	1,353	0,467	0,073	0,158
3	1-2	0,795	1,489	1,395	2,387	2,089	0,480	-0,421	-0,251
	2-3	0,426	0,760	0,712	1,198	1,045	0,229	-0,261	-0,170

Moments en travée des poutres - portique transversal 2-2

Niveau	Travée	Sous G	M ₀		M _{E1}			M _{E2}	
		$\frac{M_e + M_w}{2}$	G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	G+1,2P	G+P
9	AB	7,319	14,421	2,079	9,596	9,181	5,681	5,981	6,167
	BC	8,417	17,832	"	11,909	11,494	7,532	8,294	8,480
8	AB	6,595	12,478	3,637	10,248	9,520	4,706	3,575	3,960
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
7	AB	6,634	"	"	10,209	9,481	4,675	3,523	3,909
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
6	AB	6,691	12,028	3,506	9,545	8,843	4,270	2,296	3,386
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
5	AB	"	"	"	"	"	"	"	"
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
4	AB	"	"	"	"	"	"	"	"
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
3	AB	6,539	11,369	3,314	8,808	8,145	3,864	2,542	2,923
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
2	AB	6,564	"	9,474	15,968	14,280	3,844	-1,759	-0,665
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"
1	AB	6,592	"	7,579	13,873	12,357	3,821	-0,496	0,382
	BC	"	"	"	"	"	"	"	"

Moments aux appuis des poutres - portique longitudinal B-B

N	Tr.	G + 1,2P		G + P + E		G + P - E		0,8G + E		0,8G - E	
		Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me
9	1-2	-2,290	-1,450	-5,339	0,534	0,837	-3,378	-4,731	0,930	1,445	-2,981
	2-3	-1,873	-2,289	-4,804	0,178	1,100	-4,696	-4,348	0,751	1,556	-4,122
	3-4	-0,958	-1,413	-3,620	1,012	1,740	-3,794	-3,358	1,377	2,001	-3,428
	4-5	-0,495	-0,958	-2,889	2,571	1,917	-4,451	-2,753	2,832	2,052	-4,189
8	1-2	-2,162	-1,799	-8,386	2,934	4,203	-6,414	-7,682	3,519	4,908	-5,825
	2-3	-1,157	-1,503	-7,325	4,369	5,087	-7,277	-6,948	4,858	5,463	-6,788
	3-4	-0,979	-1,061	-7,352	5,478	5,458	-7,484	-7,033	5,815	5,777	-7,146
	4-5	-0,654	-0,979	-7,184	7,443	5,848	-9,337	-6,901	7,762	6,061	-9,018
7	1-2	-2,168	-1,824	-11,883	5,777	7,689	-9,305	-11,177	6,370	8,395	-8,711
	2-3	-1,158	-1,494	-11,403	7,950	9,163	-10,820	-11,026	8,436	9,540	-10,353
	3-4	-0,980	-1,036	-11,283	8,519	9,387	-10,523	-10,964	8,856	9,706	-10,186
	4-5	-0,667	-0,980	-10,166	12,588	8,876	-11,484	-9,949	12,907	9,093	-11,165
6	1-2	-2,229	-2,021	-15,040	8,169	10,728	-12,079	-11,314	8,827	11,453	-11,421
	2-3	-1,173	-1,409	-14,942	10,720	12,672	-13,446	-11,560	11,178	13,054	-12,988
	3-4	-0,980	-1,020	-14,239	12,636	12,343	-11,610	-13,920	12,968	12,662	-11,277
	4-5	-0,770	-0,948	-11,368	16,642	12,878	-18,538	-11,117	16,961	13,128	-18,219
5	1-2	-2,229	-2,021	-16,683	9,812	12,372	-13,842	-15,958	10,590	13,097	-13,184
	2-3	-1,173	-1,409	-17,346	14,450	15,076	-17,176	-16,964	14,908	15,458	-16,718
	3-4	-0,980	-1,020	-18,431	16,205	16,535	-18,179	-18,112	16,537	16,854	-17,846
	4-5	-0,770	-0,948	-17,937	20,429	16,447	-22,325	-17,686	20,748	16,697	-22,006
4	1-2	-2,229	-2,021	-20,078	12,715	15,766	-16,625	-19,353	13,373	16,491	-15,967
	2-3	-1,173	-1,409	-21,140	17,362	18,870	-20,088	-20,758	17,820	19,252	-19,630
	3-4	-0,980	-1,020	-21,545	19,267	19,649	-21,241	-21,226	19,599	19,968	-20,908
	4-5	-0,770	-0,948	-21,999	22,847	19,509	-24,743	-20,748	23,166	19,759	-24,424

3	1-2	-2,284	-2,171	-20,427	15,246	16,069	-19,446	-19,683	15,953	16,752	-18,739
	2-3	-1,186	-1,334	-24,802	21,148	22,508	-23,728	-24,416	21,582	22,893	-23,294
	3-4	-0,980	-1,005	-25,629	22,048	23,733	-23,992	-25,310	22,374	24,052	-23,665
	4-5	-0,857	-0,980	-25,510	27,810	20,530	-29,706	-23,570	28,129	22,469	-29,387
2	1-2	-3,134	-2,890	-16,704	12,912	10,868	-18,480	-15,255	14,295	12,317	-17,097
	2-3	-1,626	-1,815	-22,919	21,095	19,891	-24,475	-22,167	21,933	20,642	-23,637
	3-4	-1,341	-1,373	-26,313	43,300	23,815	-45,860	-25,693	43,935	24,435	-45,223
	4-5	-1,124	-1,344	-45,626	57,288	43,532	-59,786	-45,106	57,908	44,052	-59,166
1	1-2	-1,853	-1,778	-6,857	15,678	3,902	-18,542	-6,231	16,307	4,932	-17,552
	2-3	-0,882	-1,063	-23,860	10,814	22,286	-12,708	-23,395	11,370	22,777	-12,117

Moments dans les poteaux : portique longitudinal B-B

N	Pot	G+1,2P		0,8G-E		0,8G+E		G+P-1,2E		G+P+1,2E	
		Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf	Msup	Minf
	B2	0,021	0,309	-4,651	-2,884	4,598	3,281	-5,538	-3,400	5,562	3,998
	//	0,347	0,337	-7,747	-6,301	5,029	6,733	-9,222	-7,494	9,894	8,146
	//	0,337	0,409	-11,092	-8,989	11,524	9,514	-13,243	-10,706	13,895	11,498
	//	0,409	0,409	-14,417	-11,748	14,942	12,213	-17,220	-14,017	18,012	14,809
	//	0,409	0,409	-15,825	-15,825	16,350	16,350	-18,909	-18,909	19,701	19,701
	//	0,409	0,492	-18,325	-18,272	18,850	18,904	-21,909	-21,829	22,701	22,781
	//	0,457	0,588	-22,120	-22,135	22,707	22,692	-26,455	-26,349	27,339	27,445
	//	0,729	0,395	-14,349	-21,895	15,026	22,170	-16,947	-26,081	18,303	26,797
	//	0,395	0,395	-17,846	-71,801	18,121	72,076	-21,223	-85,969	21,939	86,684

Efforts tranchants dans les poutres - portique longitudinal BB

		G + 1,2P		G + P + E		G + P - E		0,8G + E		0,8G - E	
N	tr.	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
9	1-2	-2,905	2,605	-3,650	1,714	-2,010	3,394	-2,899	0,999	-1,219	2,678
	2-3	-3,669	3,875	-4,857	2,611	-2,409	5,059	-3,987	1,683	-1,539	4,131
	3-4	-1,645	1,897	-2,882	0,592	-0,342	3,132	-2,427	0,079	0,113	2,619
	4-5	-1,643	1,899	-3,089	0,385	-0,133	3,341	-2,639	-0,134	0,316	2,822
8	1-2	-2,938	2,672	-4,661	0,783	-1,005	4,439	-3,674	0,378	-0,048	3,593
	2-3	-1,924	2,096	-4,594	0,706	0,872	4,760	-3,967	-1,388	-1,498	4,078
	3-4	-1,786	1,833	-4,949	-1,449	1,493	4,993	-4,371	-2,050	2,070	4,392
	4-5	-1,720	1,900	-5,380	-1,880	2,054	5,554	-4,820	-2,499	2,614	4,935
7	1-2	-2,952	2,705	-5,709	-0,265	0,065	5,509	-4,732	-1,120	1,042	4,653
	2-3	-1,926	2,094	-6,335	-2,447	2,609	6,497	-5,708	-3,129	3,236	5,708
	3-4	-1,794	1,824	-6,699	-3,200	3,229	6,728	-6,115	-3,793	3,813	6,115
	4-5	-1,723	1,896	-7,430	-3,930	4,098	7,598	-6,869	-4,547	4,659	6,869
6	1-2	-2,852	2,778	-6,592	-1,148	1,076	6,520	-5,663	-2,052	2,004	5,663
	2-3	-1,932	2,088	-7,752	-3,864	4,016	7,904	-7,120	-4,541	4,648	7,120
	3-4	-1,799	1,820	-8,468	-4,968	4,988	8,488	-7,881	-5,560	5,574	7,881
	4-5	-1,753	1,866	-9,498	-5,998	6,108	9,608	-8,927	-6,605	6,679	8,927
5	1-2	-2,852	2,778	-7,160	-1,716	1,644	7,088	-6,231	-2,620	2,572	6,231
	2-3	-1,932	2,088	-9,164	-5,276	5,428	9,316	-8,532	-5,953	6,060	8,532
	3-4	-1,799	1,820	-10,411	-6,908	6,928	10,428	-9,821	-7,500	7,514	9,821
	4-5	-1,753	1,866	-11,337	-7,837	7,947	11,447	-10,766	-8,444	8,518	10,766
4	1-2	-2,852	2,778	-8,190	-2,746	2,674	8,118	-7,261	-3,650	3,602	7,261
	2-3	-1,932	2,088	-10,708	-6,782	6,934	10,822	-10,038	-7,459	7,566	10,038
	3-4	-1,799	1,820	-11,952	-8,452	8,472	11,972	-11,365	-9,044	9,058	11,365
	4-5	-1,753	1,866	-12,707	-9,207	9,317	12,817	-12,136	-9,814	9,888	12,136

3	1-2	-2,833	2,796	-8,667	-2,593	3,187	8,631	-7,744	-4,133	4,109	7,744
	2-3	-1,974	2,046	-12,384	-8,496	8,566	12,442	-11,741	-9,162	9,208	11,741
	3-4	-1,802	1,817	-13,668	-10,168	10,182	13,682	-13,081	-10,759	10,769	13,081
	4-5	-1,775	1,844	-14,661	-11,161	11,227	14,727	-14,083	-11,761	11,805	14,083
2	1-2	-2,841	2,789	-7,659	-2,215	2,167	7,611	-6,740	-3,119	3,095	6,730
	2-3	-1,963	2,057	-21,943	-18,055	18,143	22,031	-21,309	-18,731	18,776	21,310
	3-4	-1,801	1,818	-19,152	-15,652	15,668	19,168	-18,567	-16,245	16,253	18,567
	4-5	-1,779	1,870	-27,473	-23,973	24,085	27,585	-26,912	-24,590	24,646	26,912
1	1-2	-2,828	2,802	-6,486	-1,042	1,018	6,462	-5,562	-1,951	1,941	5,553
	2-3	-1,965	2,055	-9,818	-5,930	6,012	9,900	-9,188	-6,609	6,641	9,220

Efforts normaux dans les poteaux - portique longitudinal B-B

N	Pote	G + 1,2P		0,8G - E		0,8G + E		G + P - 1,2E		G + P + 1,2E	
		N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
	B2	6,780	6,780	4,582	4,582	5,350	5,350	6,224	6,224	7,146	7,146
	"	5,034	11,814	2,286	6,868	4,096	9,446	3,774	9,998	5,946	13,092
	"	5,019	16,833	1,603	8,471	4,773	14,219	2,945	12,943	6,749	19,841
	"	4,940	21,773	1,123	9,594	5,223	19,442	2,318	15,261	7,238	27,079
	"	4,940	26,713	0,279	9,873	6,067	25,509	1,305	16,566	8,251	35,330
	"	4,940	31,653	-0,197	9,676	6,543	32,052	0,734	17,300	8,822	44,152
	"	4,880	36,533	-1,417	8,259	7,678	39,730	-0,738	16,562	10,176	54,328
	"	4,898	41,431	-2,000	6,259	8,259	47,989	-1,422	15,140	10,890	65,218
	"	4,884	46,315	-1,047	5,212	7,272	55,268	-0,276	14,864	9,714	74,932

Efforts normaux dans les poteaux-portique transversal 2-2

		G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
N	Pot	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum	N	Ncum
9	2B	28,617	28,617	19,839	19,839	19,839	19,839	27,981	27,981	27,981	27,981
8	"	25,400	54,017	15,056	34,895	15,056	34,895	24,304	52,285	24,304	52,285
7	"	25,361	79,378	15,032	49,927	15,032	49,927	24,266	76,551	24,266	76,551
6	"	24,607	103,985	15,584	64,511	14,584	64,511	23,544	100,095	23,544	100,095
5	"	24,607	128,592	15,584	79,095	14,584	79,095	23,544	123,639	23,544	123,639
4	"	24,607	153,199	15,584	93,679	14,584	93,679	23,544	147,183	23,544	147,183
3	"	23,699	176,898	14,046	107,725	14,046	107,725	22,676	169,859	22,676	169,859
2	"	36,000	212,898	14,768	122,493	14,768	122,493	33,078	202,937	33,078	202,937
1	"	31,534	244,432	14,014	136,507	14,014	136,507	29,198	232,135	29,198	232,135

Moments dans les poteaux-portique transversal 2-2

		G+1,2P		0,8G+E		0,8G-E		G+P+1,2E		G+P-1,2E	
N	Pot	Msup	Mint	Msup	Mint	Msup	Mint	Msup	Mint	Msup	Mint
9	2B	/	/	5,268	3,020	-3,792	-3,020	6,360	3,624	-4,514	-3,624
8	"	/	/	7,881	5,531	-7,881	-5,731	9,457	6,877	-9,457	-6,877
7	"	/	/	11,073	9,060	-11,073	-9,060	13,287	10,872	-13,287	-10,872
6	"	/	/	14,967	12,245	-14,967	-12,245	17,960	14,694	-17,960	-14,694
5	"	/	/	18,047	14,765	-18,047	-14,765	21,656	17,718	-21,651	-17,718
4	"	/	/	18,979	18,979	-18,979	-18,979	22,775	22,775	-22,775	-22,775
3	"	/	/	21,196	25,906	-21,196	-25,906	25,435	31,087	-25,435	-31,087
2	"	/	/	17,141	39,997	-17,141	-39,997	20,569	47,996	-20,569	-47,996
1	"	/	/	6,385	57,468	-6,385	-57,468	7,660	68,961	-7,662	-68,961

Chapitre 7

FERRAILLAGE DES POUTRES

FERRAILLAGE DES POUTRES

Conformément à l'article 15 du CCBA 68, il ne sera pas fait état dans les calculs des efforts normaux dans les poutres, elles seront ferrillées en flexion simple.

1^o Genre $G+1,2P$ $\bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$; $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

2^o Genre $G+P \pm E$; $0,8G \pm E$ $\bar{\sigma}'_b = 1,5\bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2$, $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Les sections d'aciers seront déterminées sous (SP_1) et sous la plus défavorable (SP_2)

Si $1,5(SP_1) > (SP_2)$: armatures longitudinales déterminées sous (SP_1)

Si $1,5(SP_1) < (SP_2)$: armatures longitudinales déterminées sous (SP_2)

La méthode de calcul étant celle donnée par M^r P. CHARON

Calcul des armatures :

$$\mu = \frac{nM}{\bar{\sigma}_a b h^2} \rightarrow \varepsilon, K \quad \text{si } \sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0 ; \text{ section tendue } A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \varepsilon h}$$

Contraintes : h, b, A, M connues, on détermine : σ_a et σ'_b

$$\tilde{\omega} = \frac{100A}{bh} \rightarrow \varepsilon, K ; z = \varepsilon h ; \sigma_a = \frac{M}{Az} ; \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} ; \frac{\bar{\sigma}_a}{K} > \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' \neq 0$$

$$Mrb = \frac{1}{2} \bar{\sigma}'_b \bar{\alpha} \bar{\gamma} b h^2 \quad \bar{\alpha} = \frac{n \bar{\sigma}'_b}{n \bar{\sigma}'_b + \bar{\sigma}_a} \quad \bar{\gamma} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} \quad A' = \frac{M - Mrb}{\sigma'_a (h - d')}$$

$$\sigma'_a = n \bar{\sigma}'_b \left(\frac{\bar{\alpha} - \delta'}{\alpha} \right) \quad \delta' = \frac{d'}{h} \quad A = \frac{Mrb}{\bar{\sigma}_a h} + \frac{\Delta M}{(h - d') \bar{\sigma}_a}$$

Dans ce cas les contraintes sont : $D = \frac{15}{b} (A + A')$ $E = \frac{30}{b} (A' d' + Ah)$

$$y_1 = -D + \sqrt{D^2 + E} \quad I = b \frac{y_1^3}{3} + 15A' (y_1 - d')^2 + 15A (h - y_1)^2 \quad K = \frac{M}{I}$$

$$\sigma'_b = K y_1 \leq \bar{\sigma}'_b \quad \sigma'_a = 15K (y_1 - d') \leq \bar{\sigma}'_a \quad \sigma_a = 15K (h - y_1) \leq \bar{\sigma}_a$$

9	-5,339	SP1	-4,804	SP1	-4,696	SP1	-3,794	SP2	-4,451
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	1,445	2,189	1,556	1,374	2,001	0,529	2,052	2,028	2,832
8	-8,386	SP1	-7,325	SP1	-7,352	SP1	-7,484	SP2	-9,337
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	4,908	2,351	5,463	0,943	5,777	0,819	6,061	1,873	7,762
7	-11,883	SP1	-11,403	SP1	-11,283	SP2	-10,523	SP2	-14,48
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	8,395	2,339	9,540	0,946	9,706	0,819	9,093	2,920	12,907
6	-15,040	SP1	-14,1942	SP2	-14,239	SP1	-14,610	SP2	-18,538
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	11,453	2,235	13,054	1,770	12,662	0,826	13,128	2,855	16,961
5	-16,684	SP1	-17,346	SP1	-18,431	SP1	-18,179	SP2	-22,325
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	13,097	2,235	15,458	0,974	16,854	0,826	16,697	2,963	20,748
4	-20,078	SP2	-21,140	SP2	-21,545	SP1	-21,241	SP2	-24,743
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	16,491	3,731	19,252	1,548	19,968	0,826	19,759	2,642	23,166
3	-20,427	SP1	-24,802	SP2	-25,629	SP2	-25,510	SP2	-29,706
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	16,752	2,153	22,893	1,541	24,052	4,607	22,469	3,706	28,129
2	-16,704	SP1	-22,919	SP1	-26,313	SP2	-45,860	SP2	-59,786
	▲		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	12,317	3,600	20,642	1,743	24,475	11,036	44,052	11,036	57,908
1	-6,857	SP2	-23,860	SP2	-12,708				
	▲		▲	▲	▲				
	4,932	7,764	22,777	6,716	11,370				

Calcul des armatures aux appuis - portique longitudinal B-B

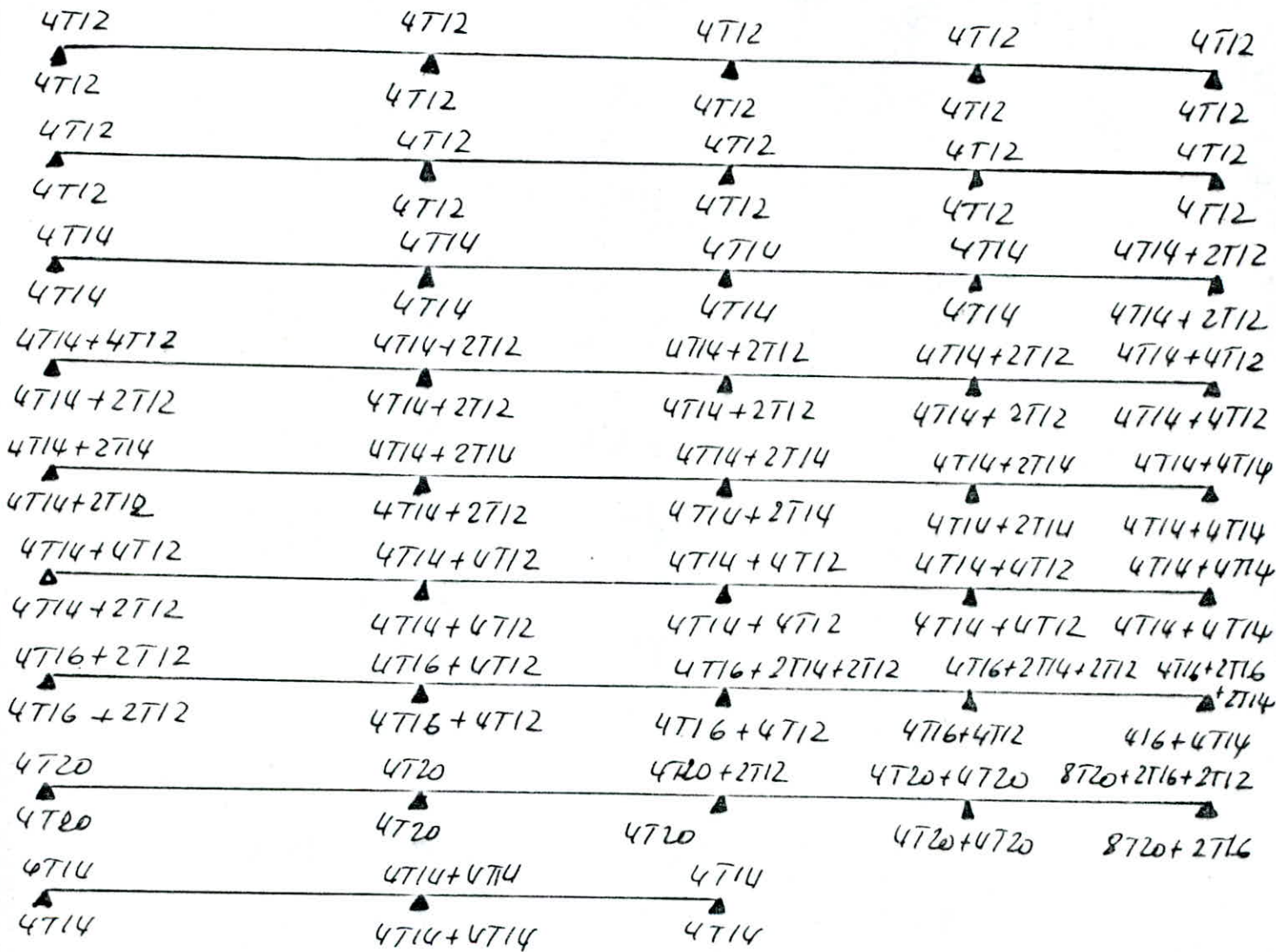
Niv	Nd	M (tm)	μ	ϵ	K	σ'_b	ΔM	A	A'	A adopté
9	1	-5,33 1,44	0,020 0,005	0,93 0,96	64,0 132	65,62 31,82		2,47 0,65		5,4 5,4
	2	-4,80 1,55	0,018 0,006	0,93 0,96	68,0 126	61,76 33,33		2,21 0,70		" "
	3	-4,69 2,00	0,018 0,008	0,94 0,96	69,0 110	60,87 38,18		2,16 0,90		" "
	4	-3,79 2,05	0,014 0,008	0,94 0,95	77,5 109	54,19 38,53		1,73 0,92		" "
	5	-4,45 2,83	0,017 0,011	0,94 0,95	71,0 91,5	59,15 45,90		2,04 1,28		" "
8	1	-8,38 4,90	0,032 0,019	0,92 0,93	49,2 69,5	85,36 62,23		3,93 2,26		5,4 5,4
	2	-7,32 5,46	0,028 0,021	0,92 0,93	53,5 63,0	78,50 66,66		3,42 2,52		5,4 "
	3	-7,35 5,77	0,028 0,022	0,92 0,93	53 61,5	79,24 68,29		3,43 2,67		" "
	4	-7,48 6,06	0,029 0,023	0,92 0,93	53,5 59,5	80,00 70,59		3,50 2,81		" "
	5	-9,33 7,76	0,036 0,030	0,91 0,92	46,2 51,5	90,91 81,55		4,40 3,63		" "
7	1	-11,88 9,39	0,046 0,032	0,90 0,92	40,0 49,2	105,00 85,36		5,66 3,94		6,16 6,16
	2	-11,40 9,54	0,044 0,037	0,91 0,91	41 45,6	102,44 92,10		5,42 4,50		" "
	3	-11,28 9,70	0,044 0,037	0,91 0,91	41,4 45,2	101,45 92,92		5,36 4,58		" "
	4	-10,52 9,09	0,041 0,035	0,91 0,91	43,2 47,0	97,22 89,36		4,98 4,28		" "
	5	-14,48 12,90	0,056 0,050	0,90 0,90	35,6 36,2	117,98 109,95		6,96 6,17		8,42 8,42
6	1	-15,04 11,45	0,058 0,044	0,89 0,91	34,7 41,0	121,04 102,44		7,24 5,44		10,68 8,42
	2	-14,94 13,05	0,058 0,050	0,89 0,90	34,8 37,8	120,69 111,11		7,19 6,24		8,42 8,42
	3	-14,23 12,66	0,055 0,049	0,90 0,90	36,0 38,6	116,66 108,81		6,83 6,04		" "
	4	-14,61 13,12	0,057 0,051	0,90 0,90	35,4 37,8	118,64 111,11		7,02 6,28		" "
	5	-18,53 16,96	0,072 0,066	0,88 0,89	30,4 32,2	138,16 130,43		9,02 8,21		10,68 10,68
5	1	-16,68 13,09	0,069 0,051	0,89 0,90	32,6 37,8	128,83 111,11		8,07 6,26		9,23 8,42
	2	-17,34 15,45	0,067 0,060	0,89 0,89	31,8 34,1	132,07 123,17		8,40 7,45		9,23 8,42
	3	-18,43 16,85	0,071 0,065	0,89 0,89	30,6 32,3	137,25 130,03		8,96 8,16		9,23 9,23
	4	-17,87 16,69	0,070 0,065	0,89 0,89	30,8 32,5	136,36 129,23		8,83 8,08		9,23 9,23
	5	-22,32 20,74	0,087 0,080	0,88 0,88	27,1 28,4	154,98 147,89		10,97 10,15		12,31 12,31

N	Nd	M (tm)	μ	ϵ	K	σ'_b	ΔM	A	A'	A adoptée
4	1	-20,07 16,49	0,078 0,064	0,886 0,895	29,0 32,8	144,83 128,05		9,80 7,97		10,68 8,42
	2	-21,14 19,25	0,082 0,075	0,883 0,888	28,0 29,7	150,00 141,41		10,35 9,38		10,68 10,68
	3	-21,54 18,96	0,084 0,077	0,882 0,886	27,7 29,1	151,62 144,33		10,56 9,75		10,68 "
	4	-21,24 18,75	0,082 0,077	0,883 0,887	28,0 29,3	150,00 143,34		10,40 9,64		" "
	5	-24,74 23,16	0,096 0,090	0,875 0,879	25,3 26,4	166,00 159,09		12,23 11,40		12,31 12,31
3	1	-20,42 16,75	0,078 0,065	0,885 0,894	28,7 32,6	146,34 129,23		9,88 8,10		10,30 10,30
	2	-24,80 22,89	0,096 0,089	0,875 0,879	25,3 26,6	166,00 157,69		12,26 11,26		12,56 12,56
	3	-25,62 24,05	0,099 0,093	0,874 0,877	24,8 25,8	169,35 162,79		12,69 11,87		13,38 12,56
	4	-25,51 22,46	0,098 0,087	0,874 0,881	24,8 27,0	169,35 155,55		12,63 11,04		13,38 12,56
	5	-29,70 28,12	0,115 0,109	0,866 0,869	22,5 23,3	166,66 180,26		14,84 14,00		15,14 12,56
2	1	-16,70 12,31	0,065 0,048	0,894 0,907	32,5 39,2	129,23 107,14		8,08 5,87		12,56 12,56
	2	-22,91 20,64	0,089 0,080	0,879 0,885	26,6 28,5	157,89 147,37		10,83 10,09		" "
	3	-26,31 24,47	0,102 0,095	0,872 0,876	24,3 25,5	172,84 164,70		13,05 12,09		14,82 12,56
	4	-45,86 44,05	0,178 0,171	0,842 0,844	16,7 17,2	254,50 244,18	11,96	22,77 21,91	9,88 8,39	25,13 25,13
	5	-59,78 57,90	0,233 0,225	0,827 0,828	13,9 14,1	302,16 297,87	25,88 24,00	29,40 28,51	21,39 19,83	31,41 29,15
1	1	-6,85 4,93	0,026 0,019	0,928 0,939	55,5 67,0	25,68 62,68		3,19 2,27		6,16 6,16
	2	-23,86 22,77	0,093 0,088	0,877 0,880	25,9 26,7	162,16 157,30		11,77 11,20		12,32 12,32
	3	-12,70 11,37	0,049 0,044	0,906 0,911	38,4 41,2	109,37 101,94		6,07 5,40		6,16 6,16
	4									
	5									

les poutres longitudinales supportent de faibles charges verticales (poutres non porteuses), elles doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travée au moins égale à la moitié de la section d'armatures sur appuis.

(RPA 81).

sections d'aciers adoptées



Verification de la flèche:

$$A < \frac{43}{\sigma_{en}} b \cdot h \Rightarrow A < \frac{43}{4200} 30 \cdot 55 \Rightarrow A < 16,89 \text{ cm}^2$$

vérifiée

Justification d'about:

NIV	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T _{max}	3,341	5,554	7,798	9,608	11,447	12,817	14,727	27,59	9,90
C ₀	2,17	3,60	4,93	6,23	7,43	8,31	9,55	17,90	6,42
C	28	28	28	28	28	28	28	28	28

$$c \geq c_0 = \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}'_0}$$

$$c = a - (d + r) \quad r = 5\phi$$

$$d = 5 \text{ cm.}$$

Verification à la fissuration

$$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2. \quad \bar{\sigma}_a = \min \left(\frac{2}{3} \sigma_{en}; \max(\sigma_1, \sigma_2) \right)$$

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

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{2b.d}$$

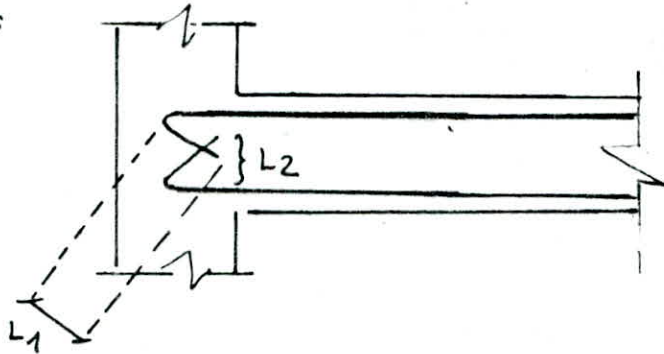
$$K = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (peu nuisible)}$$

Niv	9	8	7	6	5	4	3	2	1
A	2,70	2,70	4,21	5,34	6,15	6,15	7,57	16,09	6,16
ω_f	0,09	0,09	0,014	0,018	0,020	0,020	0,025	0,053	0,020
σ_1	9473	9473	2456	3050	3333	3333	4000	6928	3333

Condition de non fragilité:

$$A \geq b \cdot h \cdot 4 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h_E}{h} \right)^2 \quad b=30 \quad h=55 \Rightarrow A \geq 3,99 \text{ cm}^2 \text{ ok.}$$

Ancrage:



$$L_1 \geq 20 \phi$$

$$L_2 \geq \max(30 \phi, 50 \phi)$$

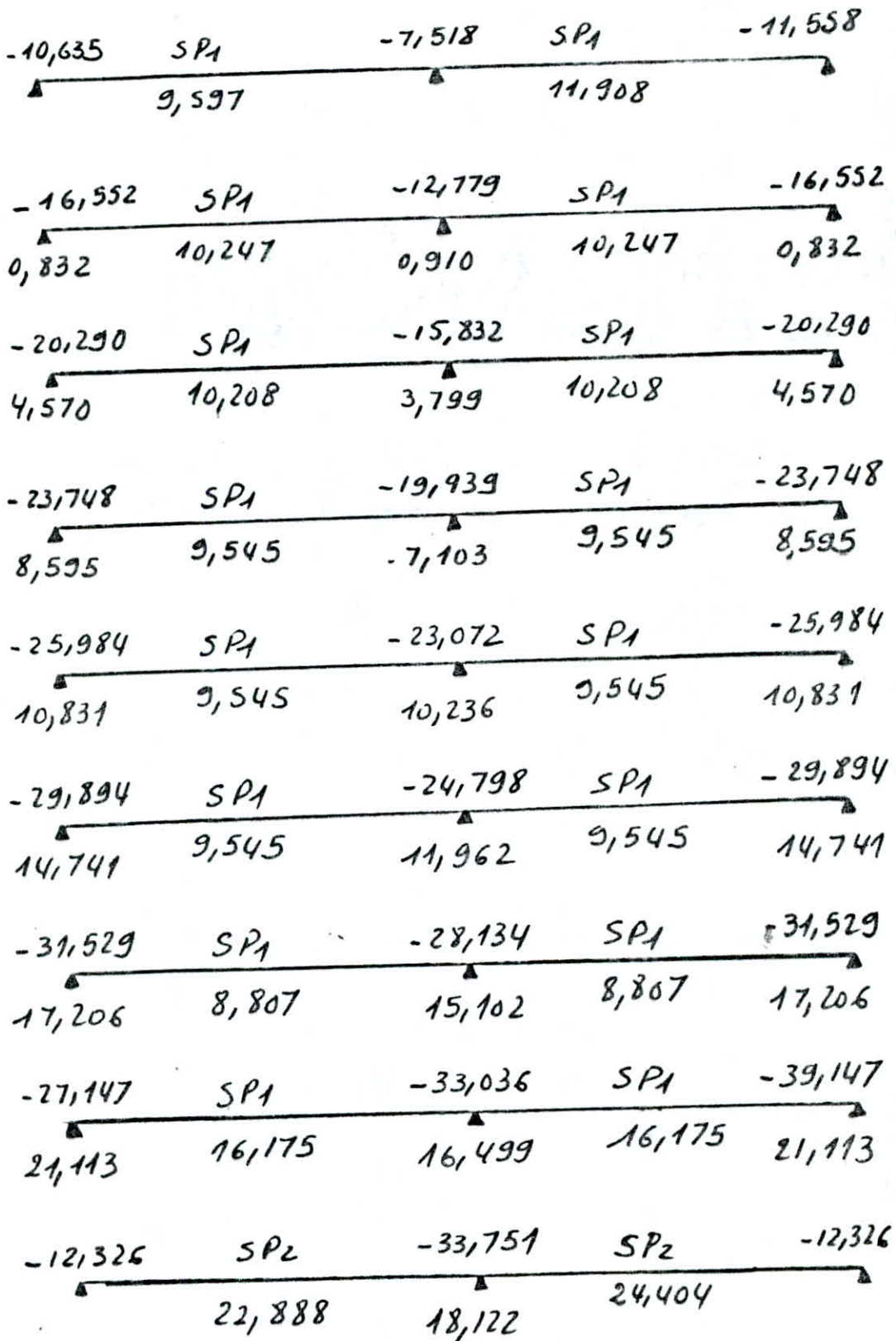
Calcul des armatures transversales et espacements

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 (\phi 8) \quad \bar{\sigma}_{at} = \sigma_{en} \text{ (2}^\circ \text{ genre)}$$

Niv	Tmax	σ'_b	τ_b	\bar{z}_b	$\bar{\sigma}_{at}$	A_t	t_{cal}	e	
								z_n	z_c
9	5,059	205,5	3,50	30,97	4200	2,01	80,30	12	20
8	5,554	"	3,84	"	"	"	73,15	"	"
7	7,598	"	5,26	"	"	"	53,47	"	"
6	9,608	"	6,65	"	"	"	42,28	"	"
5	11,447	"	7,93	"	"	"	35,49	"	"
4	12,817	"	8,88	"	"	"	31,70	"	"
3	14,727	"	10,20	"	"	"	27,58	"	"
2	27,585	"	19,10	"	"	"	14,73	"	"
1	9,900	"	6,86	"	"	"	41,04	"	"

$$A_{t \min} < A_t$$

Moments aux appuis et en travées



Calcul des armatures aux appuis - portique transversal 2-2

NIV	Nd	M	μ	E	K	σ'_b	ΔM	A	A'	A adopt.
9	A	-10,63	0,625	0,896	333	84,08		7,70		8,42
	B	-7,51	0,044	0,811	41,2	67,96		5,36		6,16
	C	-11,55	0,068	0,892	31,6	88,61		8,40		8,42
8	A	-16,55	0,064	0,845	32,7	128,44		8,00		8,42
	B	-12,77	0,049	0,906	38,4	109,37		6,10		6,16
	C	-16,55	0,064	0,895	32,7	128,44		8,00		8,42
7	A	-20,28	0,079	0,885	28,8	145,63		9,91		10,68
	B	-15,83	0,061	0,897	33,6	125,00		7,64		12,31
	C	-20,28	0,079	0,885	28,8	145,63		9,91		10,68
6	A	-23,74	0,092	0,878	26,0	161,54		11,71		12,31
	B	-19,93	0,077	0,886	29,1	144,33		9,33		10,68
	C	-23,74	0,092	0,878	26,0	161,54		11,71		12,31
5	A	-25,98	0,101	0,873	24,5	171,43		12,88		14,20
	B	-23,07	0,090	0,879	26,5	158,49		11,35		14,20
	C	-25,98	0,101	0,873	24,5	171,43		12,88		14,20
4	A	-29,89	0,116	0,866	22,4	187,50		14,94		15,45
	B	-24,79	0,096	0,875	25,3	166,00		12,25		14,04
	C	-29,89	0,116	0,866	22,4	187,50		14,94		15,45
3	A	-31,52	0,122	0,863	21,6	194,44		15,81		16,58
	B	-28,13	0,109	0,869	23,3	180,26		14,01		15,64
	C	-31,52	0,122	0,863	21,6	194,44		15,81		16,58
2	A	-39,14	0,152	0,851	18,7	224,60	5,247	19,98	4,33	20,60
	B	-33,03	0,128	0,860	20,9	200,95		16,61		16,58
	C	-39,14	0,152	0,851	18,7	224,60	5,247	19,98	4,33	20,60
1	A	-12,32	0,072	0,889	30,4	92,10		8,99		12,56
	B	-33,75	0,131	0,859	20,6	203,88		17,00		18,72
	C	-12,32	0,072	0,889	30,4	92,10		8,99		12,56

Calcul des armatures entravées - portique transversal 2-2

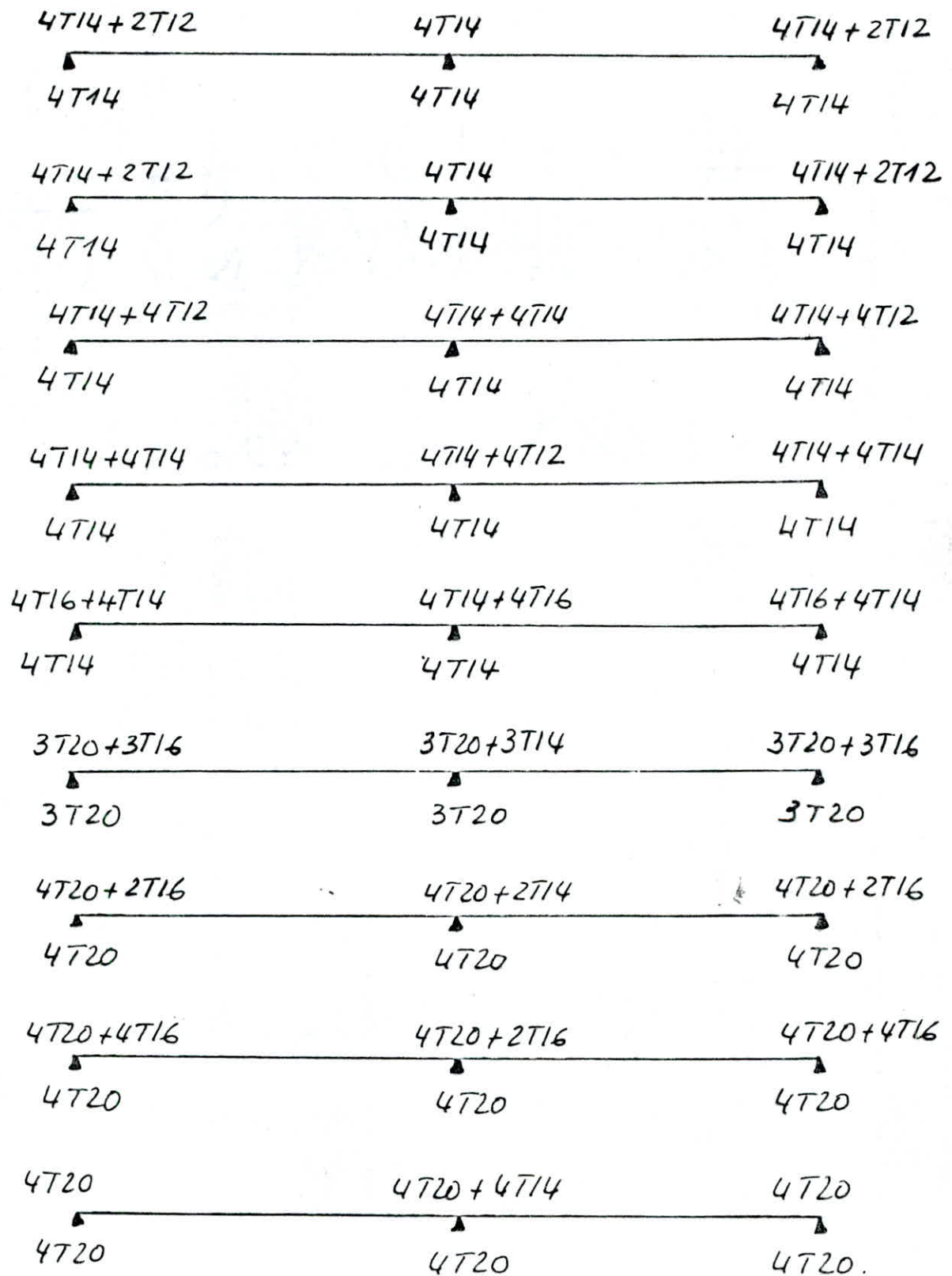
Ni	Nd	M	μ	E	K	σ'_b	ΔM	A	A'	A adoptée
9	AB	9,597	0,0566	0,9008	35,4	79,09	/	6,92	/	8,42
	BC	11,908	0,0702	0,8913	31,0	90,32	/	8,67	/	10,68
8	AB	10,247	0,0604	0,8982	34,1	82,11	/	7,41	/	8,42
	BC	"	"	"	"	"	/	"	/	8,42
7	AB	10,208	0,0602	0,8984	34,2	81,87	/	7,38	/	8,42
	BC	"	"	"	"	"	/	"	/	8,42
6		9,545	0,0563	0,9012	35,6	78,65	/	6,88	/	8,42
		"	"	"	"	"	/	"	/	8,42
5		"	"	"	"	"	/	"	/	6,16
		"	"	"	"	"	/	"	/	6,16
4		"	"	"	"	"	/	"	/	9,42
		"	"	"	"	"	/	"	/	9,42
3		8,807	0,0519	0,9046	37,4	74,86	/	6,32	/	12,56
		"	"	"	"	"	/	"	/	12,56
2		16,175	0,0954	0,8765	25,5	109,80	/	11,98	/	12,56
		"	"	"	"	"	/	"	/	12,56
1		22,888	0,0892	0,8798	26,6	157,89	/	11,26	/	12,56
		24,404	0,0952	0,8768	25,6	164,06	/	12,05	/	12,56

D'après le (RPA81) :

$$A_{\min} = 30 \times 60 \times 0,003 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$A_{\max} = 30 \times 60 \times 0,025 = 45 \text{ cm}^2$$

Sections d'aciers adoptées



Calcul des armatures transversales :

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 (\phi 8) \quad \bar{\sigma}_{at} = \bar{\sigma}_{en} (2^{\text{e}} \text{ genre})$$

en zone nodale z_n :

$$t \leq \min \left(\frac{h}{4} ; 12\phi ; 30 \text{ cm} \right) = \frac{h}{4} = 13,75 \text{ cm}$$

en zone courante z_c :

$$t \leq \frac{h}{2} = 27,5 \text{ cm}$$

Ni	Tmax	z _b	z _b	σ _{at}	A _t	t _{cal.}	t _{adopté}	
							z _n	z _c
9	16,133	11,17	30,97	4200	2,01	25,18	12	20
8	14,201	9,83	"	"	"	28,61	"	"
7	15,297	10,59	"	"	"	26,56	"	"
6	16,172	11,20	"	"	"	25,12	"	"
5	17,067	11,82	"	"	"	23,80	"	"
4	18,006	12,47	"	"	"	22,56	"	"
3	18,466	12,79	"	"	"	22,00	"	"
2	24,558	17,00	"	"	"	16,54	"	"
1	18,819	13,03	"	"	"	21,59	"	"

$$A_{t \min} = 0,003 \cdot t \cdot b = 0,003 \cdot 20 \cdot 30 = 1,80 \text{ cm}^2 < A_t = 2,01 \text{ cm}^2$$

Chapitre 8

FERRAILLAGE DES POTEAUX

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Les poteaux sont soumis aux efforts normaux, tranchants et aux moments fléchissants dans les deux sens, ils seront calculés en flexion composée, sous SP_1 et sous la plus défavorable (SP_2)

On distingue trois types d'efforts :

$$N_{\max}, M_{\text{corr.}} \quad \text{et} \quad N^{\min}; M_{\text{corr.}}$$
$$M_{\max}; N_{\text{corr}}$$

La méthode de calcul étant celle donnée par Mr. P. CHARON.

- Section entièrement comprimée :

lorsque N est à l'intérieur du noyau central et N effort de compression

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

- Section partiellement comprimée :

L'effort normal est un effort de compression $e = \frac{MGB}{N} > \frac{ht}{6}$

l'effort normal est un effort de traction, la résultante des forces passe en dehors de la zone limitée par les armatures

On fera le calcul de la section en flexion simple sous l'effet d'un moment fictif.

$$M_f = N'e \quad e = e_0 + \left(\frac{ht}{2} - d \right)$$

$$A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} \quad A_{fc}: \text{section d'acier en F.C}$$
$$A_{fs}: \text{section d'acier en FS}$$

Contraintes admissibles du béton :

$$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}'_{b0} \left(1 + \frac{e_0}{3e_1} \right) \quad e_1 = \frac{ht}{6} \text{ section rectangulaire}$$

$$e_0 \geq \frac{ht}{2} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$e_0 < \frac{ht}{2} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}'_{b0} \left(1 + \frac{2e_0}{ht} \right)$$

$$e_0 = 0 \Rightarrow \text{compression simple.}$$

Sens longitudinal

Niv	Pot	SP ₁					SP ₂				
		N(+)	M(tm)	e ₀	sollic	$\bar{\sigma}'_b$	Nmax	Mcorr	e ₀	sollic	$\bar{\sigma}'_b$
9	B ₂	6,780	0,021	0,29	E. C	69,16	7,146	5,562	7,783	P. C	205,5
8	"	11,814	0,347	2,94	"	75,20	13,092	9,894	7,557	"	"
7	"	16,833	0,337	2,00	"	73,06	19,841	13,895	70,03	"	"
6	"	21,773	0,409	1,88	"	72,78	27,079	18,012	66,51	"	"
5	"	26,713	0,409	1,53	"	71,99	35,330	19,701	55,76	"	"
4	"	31,653	0,409	1,29	"	71,44	44,152	22,781	51,59	"	"
3	"	36,533	0,457	1,25	"	71,35	54,328	27,445	50,52	"	"
2	"	41,431	0,729	1,76	"	72,51	65,218	26,797	41,09	"	"
1	"	46,315	0,395	0,85	"	70,44	6,932	86,684	115,68	"	"

Sens longitudinal

Niv	Pot	SP ₂					SP ₂				
		Nmin	Mcorr	e ₀	sollic	$\bar{\sigma}'_b$	Ncorr	Mmax	e ₀	sollici	$\bar{\sigma}'_b$
9	B ₂	4,582	4,651	101,50	P. C	205,5	7,146	5,562	7,783	P. C	205,5
8	"	6,868	7,747	108,86	"	"	13,092	9,894	75,57	"	"
7	"	8,471	11,092	130,94	"	"	19,841	13,895	70,03	"	"
6	"	9,594	14,417	150,27	"	"	27,079	18,012	66,51	"	"
5	"	9,873	15,825	160,28	"	"	35,330	19,701	55,76	"	"
4	"	9,676	18,325	189,38	"	"	44,152	22,781	51,59	"	"
3	"	8,259	22,135	268,01	"	"	54,328	27,445	50,52	"	"
2	"	6,259	21,895	349,81	"	"	65,218	26,797	41,09	"	"
1	"	5,212	71,801	1377,61	"	"	74,932	86,684	115,68	"	"

Sens transversal

Ni	Pot	SP1					SP2				
		N(+)	M(tm)	e ₀ (cm)	Sollic.	$\bar{\sigma}'_b$	Nmax	Mcorr	e ₀	Sollici.	$\bar{\sigma}'_b$
9	B ₂	28,617	0	0	C.S	68,5	27,981	6,360	22,73	P.C	205,5
8	"	54,017	"	"	"	"	52,285	9,457	18,09	"	"
7	"	79,378	"	"	"	"	76,551	13,287	17,35	"	"
6	"	103,895	"	"	"	"	100,095	17,960	17,94	"	"
5	"	128,592	"	"	"	"	123,639	21,656	17,51	"	"
4	"	153,199	"	"	"	"	147,183	22,775	15,47	"	"
3	"	176,898	"	"	"	"	169,859	31,087	18,30	"	"
2	"	212,898	"	"	"	"	202,937	47,996	23,65	"	"
1	"	244,432	"	"	"	"	232,135	68,961	29,71	"	"

Sens transversal

Ni	Pot	SP2					SP2				
		Nmin	Mcorr	e ₀	Sollic.	$\bar{\sigma}'_b$	Ncorr	Mmax	e ₀	Sollici	$\bar{\sigma}'_b$
9	B ₂	19,839	5,268	26,55	P.C	205,5	27,981	6,360	22,113	P.C	205,5
8	"	34,895	7,881	22,58	"	"	52,285	9,457	18,09	"	"
7	"	49,927	11,073	22,18	"	"	76,551	13,287	17,35	"	"
6	"	64,511	14,967	23,20	"	"	100,095	17,960	17,94	"	"
5	"	79,095	18,047	22,81	"	"	123,639	21,656	17,51	"	"
4	"	93,679	18,979	20,26	"	"	147,183	22,775	15,47	"	"
3	"	107,725	25,906	24,05	"	"	169,859	31,087	18,30	"	"
2	"	122,443	39,997	32,65	"	"	202,937	47,996	23,65	"	"
1	"	136,507	57,468	42,10	"	"	232,135	68,961	29,71	"	"

Ni	N	M	e ₀	$\bar{\sigma}'_b$	e	M _f	μ	K	ε	σ'_b	α	δ	K	σ'_a	M _{rn}	DM	A _{fs}	A' _{fs}	A _{fc}
9	7,146	5,562	77,83	205,5	102,83	7,348	0,028	53,5	0,927	78,50	0,423	0,858	37,34	/	/	/	3,43	/	1,73
8	13,092	9,894	75,57	"	104,57	13,16	0,051	37,6	0,905	111,70	"	"	"				6,30		3,18
7	19,841	13,895	70,03	"	95,03	18,85	0,073	30,1	0,889	139,53	"	"	"				9,18		4,45
6	17,079	18,012	66,51	"	91,51	15,63	0,061	33,9	0,898	123,89	"	"	"				7,53		3,46
5	35,330	19,701	55,76	"	80,76	28,50	0,111	23,1	0,869	181,81	"	"	"				14,20		5,79
4	44,152	22,781	51,59	"	76,59	33,81	0,132	20,6	0,859	203,88	"	"	"				17,03		6,52
3	54,328	27,445	50,52	"	75,52	41,03	0,160	18,1	0,848	232,04	"	"	"	2420,4	33,89	7,135	20,47	5,89	7,54
2	65,218	26,797	41,09	"	66,09	43,10	0,168	17,5	0,846	240,00	"	"	"	"	"	9,209	21,46	7,38	5,94
1	74,932	86,684	115,68	"	140,68	105,41	0,411	9,2	0,793	256,52	"	"	"	"	"	71,521	51,12	34,04	33,28

(N_{max} - M_{corr})

Calcul des armatures longitudinales - sous SP₂ - sens longitudinal!

Niv	N	M	e ₀	$\bar{\sigma}'_b$	e	M _f	μ	K	ε	σ'_b	α	δ	K	σ'_a	M _{rn}	DM	A _{fs}	A' _{fs}	A _{fc}
9	4,582	4,651	101,50	205,5	126,50	5,786	0,022	64,00	0,934	68,85	0,423	0,858	37,34	/	/	/	2,68	/	1,59
8	6,868	7,747	108,86	"	133,86	9,18	0,035	46,8	0,919	89,74	"	"	"				4,33		2,69
7	8,471	11,092	130,94	"	155,94	13,70	0,051	37,6	0,904	111,70	"	"	"				6,32		2,01
6	9,594	14,417	150,27	"	175,27	16,80	0,065	32,4	0,894	129,62	"	"	"				8,13		5,84
5	9,873	15,825	160,28	"	185,28	18,28	0,071	30,7	0,890	136,80	"	"	"				8,89		6,54
4	9,676	18,325	189,38	"	214,38	20,73	0,080	28,4	0,884	147,88	"	"	"				10,14		7,84
3	8,259	22,135	268,01	"	293,01	24,19	0,094	25,7	0,877	163,42	"	"	"				10,47		8,50
2	6,259	21,895	349,81	"	374,81	23,45	0,091	26,2	0,878	160,30	"	"	"				11,56		10,07
1	5,212	71,801	1377,6	"	1402,6	73,07	0,284	12,0	0,814	350,0	"	"	"	2420,4	33,89	39,17	35,72	18,64	34,48

(N_{min} - M_{corr})

N_i	N	M	e_0	$\bar{\sigma}'_b$	e	Mf	μ	K	E	σ'_b	α	δ	\bar{K}	σ'_a	Mm	ΔM	Afs	A'fs	Afc
9	27,981	6,36	22,73	205,5	47,73	13,43	0,052	37,2	0,904	412,9	0,423	0,858	37,34	/	/	/	6,43	/	0,23
8	52,28	9,45	18,09	"	43,09	22,48	0,087	26,9	0,880	456,1	"	"	"	/	/	/	11,05	/	1,39
7	76,55	13,28	17,35	"	42,35	32,15	0,125	21,3	0,862	497,1	"	"	"	/	/	/	16,14	/	2,08
6	100,09	17,96	17,94	"	42,94	43,04	0,167	17,5	0,846	240,0	"	"	"	2420,4	33,89	9,14	21,43	7,55	2,39
5	123,63	21,65	17,51	"	42,51	51,92	0,202	15,3	0,835	274,5	"	"	"	"	"	18,03	25,66	14,89	3,76
4	147,18	22,77	15,47	"	40,47	58,87	0,229	14,0	0,827	300,0	"	"	"	"	"	24,98	28,97	20,63	6,06
3	169,85	31,08	18,30	"	43,30	73,03	0,284	12,0	0,814	350,0	"	"	"	"	"	39,14	35,71	32,33	4,71
2	202,93	47,99	23,65	"	48,65	92,41	0,379	9,6	0,796	437,5	"	"	"	"	"	63,51	30,23	52,46	18,07
1	232,13	68,96	29,71	"	54,71	127,67	0,497	7,8	0,780	538,4	"	"	"	"	"	93,78	44,63	77,46	10,62

(N_{max} - M_{corr})

Calcul des armatures longitudinales sous SP_2 - sens transversal

N_i	N	M	e_0	$\bar{\sigma}'_b$	e	Mf	μ	K	E	σ'_b	α	δ	\bar{K}	σ'_a	Mm	ΔM	Afs	A'fs	Afc
9	19,83	5,26	26,55	205,5	51,55	10,11	0,039	44,2	0,915	95,02	0,423	0,858	37,34	/	/	/	4,78	/	0,06
8	34,89	7,88	22,58	"	47,58	16,40	0,063	32,9	0,895	127,6	"	"	"	/	/	/	7,93	/	-0,37
7	49,92	11,07	22,18	"	47,18	23,46	0,091	26,2	0,878	160,3	"	"	"	/	/	/	11,56	/	-0,32
6	64,51	14,96	23,20	"	48,20	30,96	0,120	21,9	0,864	191,7	"	"	"	/	/	/	15,50	/	0,14
5	79,09	18,04	22,81	"	47,81	37,96	0,148	19,0	0,839	221,0	"	"	"	2420,4	33,89	4,07	19,01	3,36	0,18
4	93,67	18,97	20,26	"	45,26	42,15	0,164	17,7	0,847	237,2	"	"	"	"	"	8,26	21,01	6,82	-1,28
3	107,72	25,90	24,05	"	49,05	52,78	0,205	15,1	0,833	278,1	"	"	"	"	"	18,89	26,07	15,60	0,43
2	122,49	39,99	32,65	"	57,65	69,82	0,272	12,4	0,817	338,7	"	"	"	"	"	35,92	34,18	29,67	5,02
1	136,50	57,46	42,10	"	67,10	91,45	0,356	10,1	0,800	415,8	"	"	"	"	"	57,56	44,48	47,54	11,99

(N_{min} - M_{corr})

Choix des armatures :

Recommandation du RPA : Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets.

Le pourcentage minimal est de 1% et le maximal de 4%. (zone II)

Le ϕ min à utiliser pour les armatures longitudinales est de 14mm

La distance entre les barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser 25 cm en zone II.

$$S = 40 \times 75 = 3000 \text{ cm}^2 \begin{cases} A_{\min} = 30 \text{ cm}^2 \\ A_{\max} = 120 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$S = 40 \times 60 = 2400 \text{ cm}^2 \begin{cases} A_{\min} = 24 \text{ cm}^2 \\ A_{\max} = 96 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

$$S = 40 \times 50 = 2000 \text{ cm}^2 \begin{cases} A_{\min} = 20 \text{ cm}^2 \\ A_{\max} = 80 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Ferraillage :

Niveau	SP ₂		A _{min} (RPA)	A _{max} (RPA)	A=A' Long	A=A' trans.	section totale (cm ²)	Ferraillage	
	A=A'	A=A'						A=A' long	A=A' trans.
9	1,73	0,06	20	80	6,16	16,08	25,74	2(2T14)	2(4T16)
8	3,18	1,39	"	"	"	16,08	"	2(2T14)	2(4T16)
7	4,45	2,08	"	"	"	16,08	"	2(2T14)	2(4T16)
6	5,84	2,39	24	96	9,23	16,08	28,81	2(3T14)	2(4T16)
5	6,54	3,76	"	"	9,23	16,08	"	2(3T14)	2(4T16)
4	7,84	6,06	"	"	9,23	16,08	"	2(3T14)	2(4T16)
3	8,50	4,71	30	120	12,06	25,13	40,69	2(3T16)	2(4T20)
2	10,07	18,07	"	"	12,06	25,13	40,69	2(3T16)	2(4T20)
1	34,48	11,99	"	"	12,06	25,13	40,69	2(3T16)	2(4T20)

Verification à l'effort tranchant :

$$\tau_b = \frac{nT}{b \cdot z} < \bar{\tau}_b = 0,15 \sigma'_{28} = 41,31 \text{ Kg/cm}^2$$

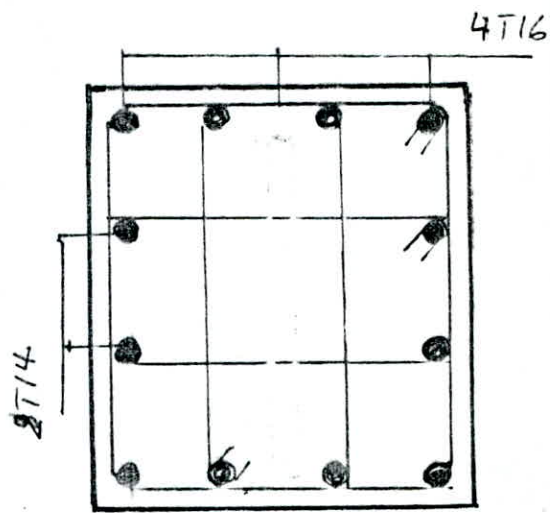
$$n = 2 \text{ si } \lambda \geq 15 \quad (\text{RPA})$$

$$n = 3 \text{ si } \lambda < 15$$

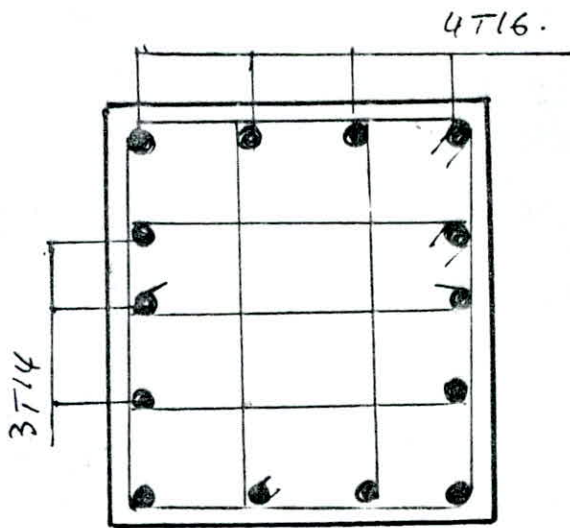
$$\lambda = \frac{lc}{i} = 0,7 lo/i \quad i = \sqrt{\frac{I}{B}}$$

$$T = \max (F_e^{\max}; F_t^{\max}) \quad t_e, t_t \text{ efforts tranchants.}$$

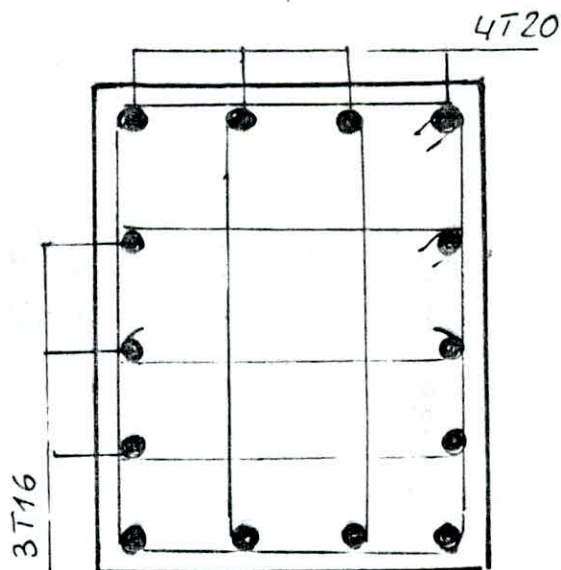
Ni	lc	I	B	i	λ	n	tj	z	τ _b	τ̄ _b
9	224	416666	2000	14,43	15,52	2	2,409	39,37	3,05	41,31
8	224	"	"	"	"	"	4,526	"	5,74	"
7	224	"	"	"	"	"	6,425	"	8,15	"
6	224	720000	2400	17,32	12,93	3	8,504	48,12	13,25	"
5	224	"	"	"	"	"	10,254	"	15,98	"
4	224	"	"	"	"	"	11,862	"	18,48	"
3	238	1406250	3000	21,65	10,99	"	13,854	61,25	16,96	"
2	196	"	"	"	9,05	"	20,407	"	24,98	"
1	196	"	"	"	"	"	32,116	"	39,32	"



(50 x 40)



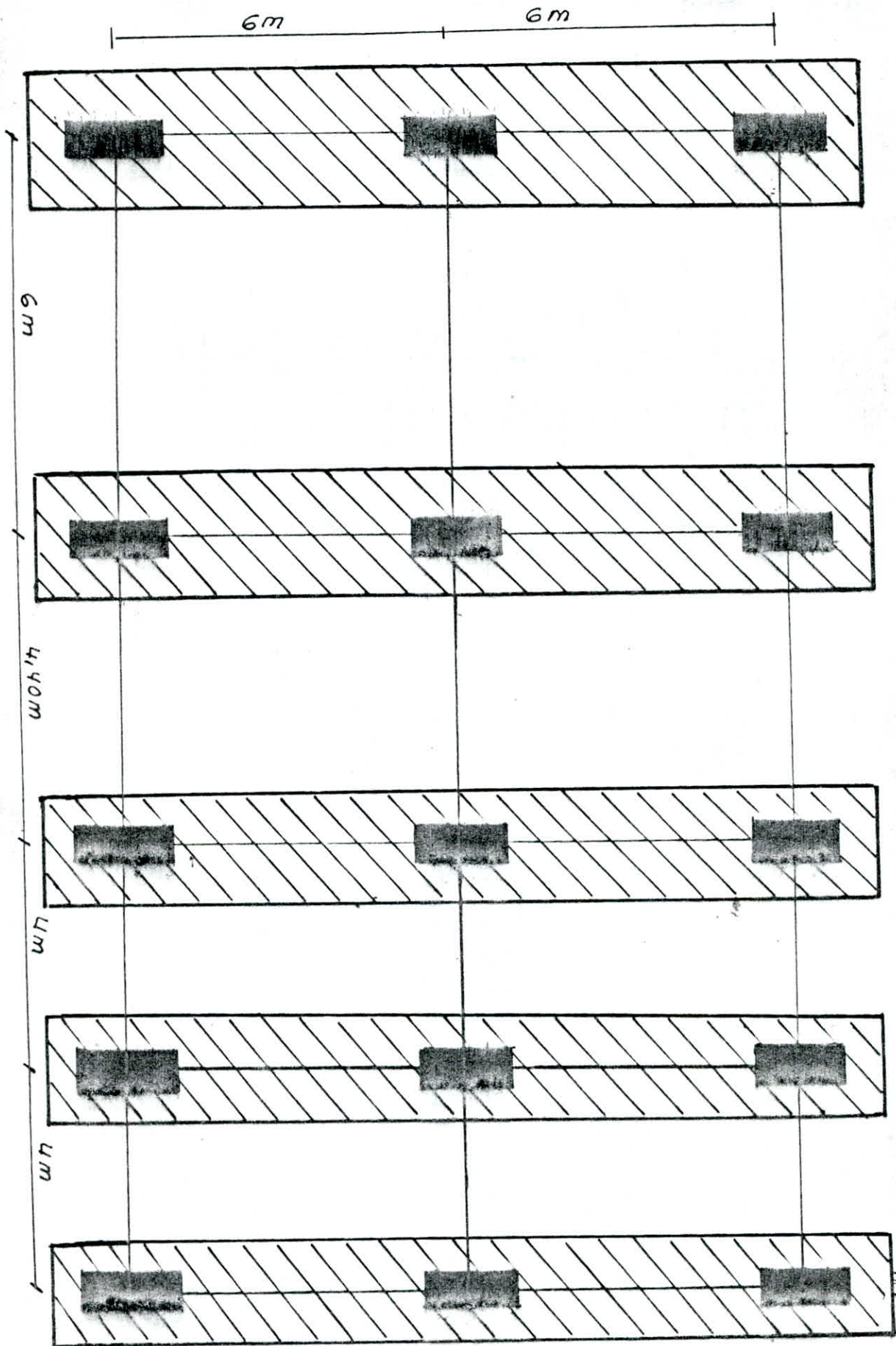
(60 x 40)



(75 x 40)

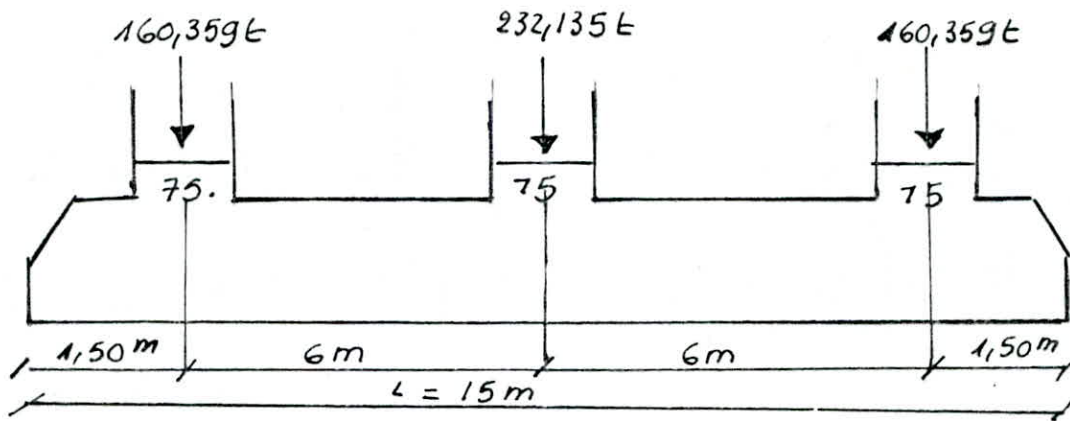
Chapitre 9

FONDATIONS



Calcul des fondations :

Le prédimensionnement d'une semelle isolée sous un poteau nous a conduit à une surface de base assez grande donc on opte pour des semelles continues sous poteaux



$$R = N_1 + N_2 + N_3 = 552,85\text{ t}$$

Largeur de la semelle :

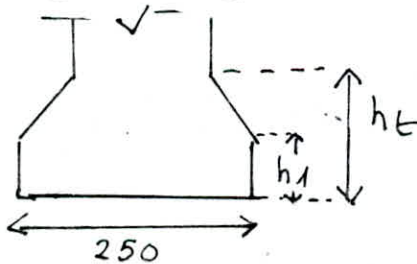
$$B \geq \frac{R}{L \cdot \bar{\sigma}_s} = \frac{552,85 \cdot 10^3}{1500 \cdot 1,6 \cdot 1,02} = 225,83\text{ cm} \Rightarrow B = 300\text{ cm}$$

Poids propre de la semelle :

$$\frac{h_t}{3} \leq h_1 \leq \frac{h_t}{2} \quad \frac{l}{6} \leq h_t \leq \frac{l}{9} \quad \frac{6}{6} \leq h_t \leq \frac{6}{9}$$

$$h_t = 80\text{ cm}$$

$$h_1 = 40\text{ cm}$$



$$N_0 = (0,80 \times 3,00 \times 15) \times 2,5 = 90\text{ t}$$

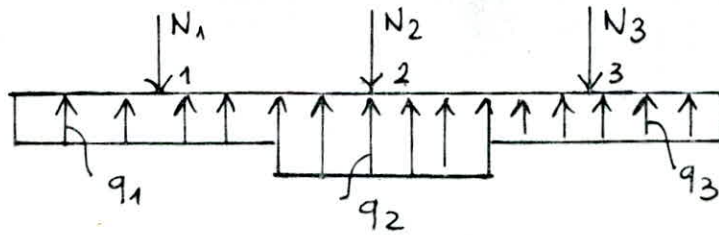
Poids propre de la terre :

$$N_t = \{(2,00 \times 3,00 \times 15) - 36\} \times 1,2 = 67,8\text{ t}$$

$$\text{Effort total : } N_T = N_0 + N_t + R = 707,65\text{ t}$$

$$\sigma = \frac{N_T}{B \cdot L} = \frac{707,65 \cdot 10^3}{300 \cdot 1500} = 1,57\text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s = 1,63\text{ Kg/cm}^2$$

Détermination des efforts :

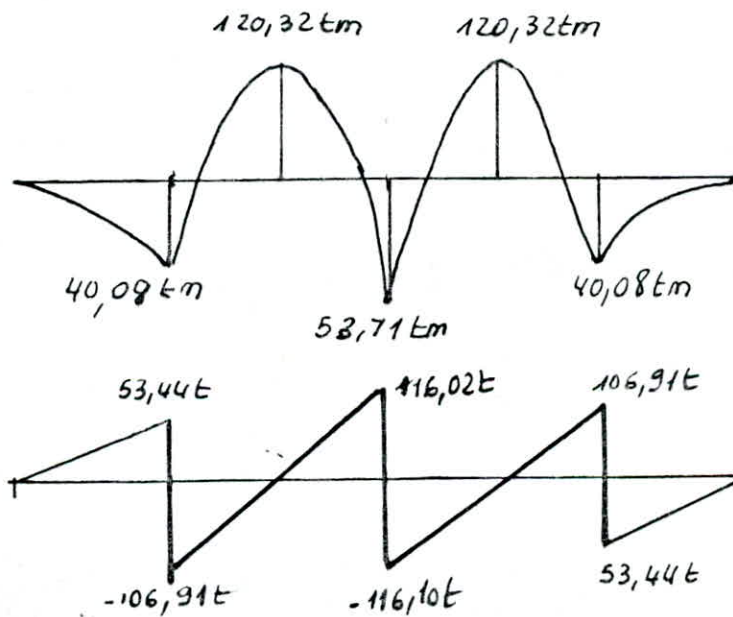


$$q_1 = \frac{N_1}{1,5+3} = 35,63 \text{ t/ml}$$

$$q_2 = \frac{N_2}{3+3} = 38,68 \text{ t/ml}$$

$$q_3 = q_1 = 35,63 \text{ t/ml}$$

Diagrammes des moments et efforts tranchants :

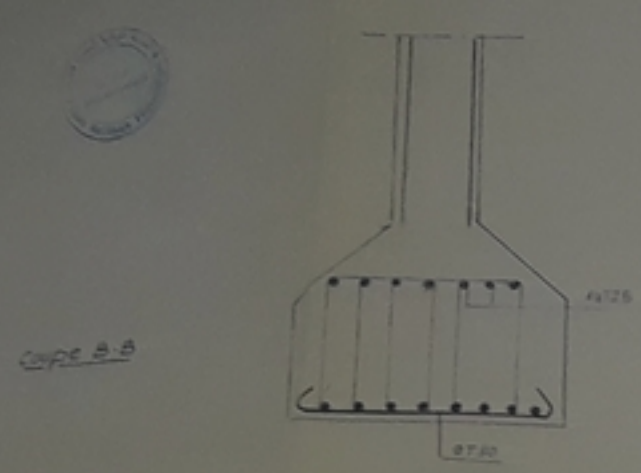


Calcul des armatures longitudinales :

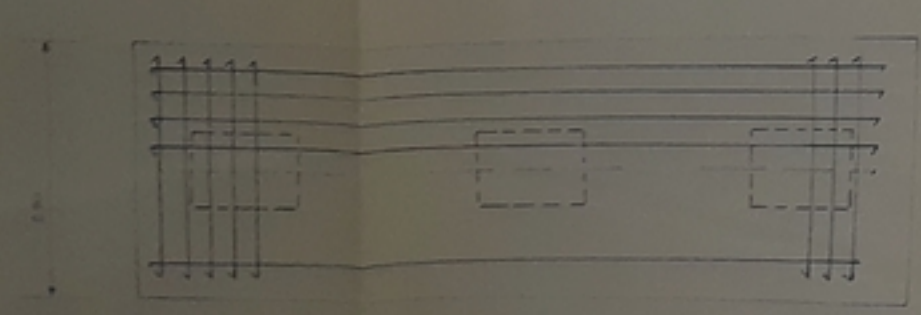
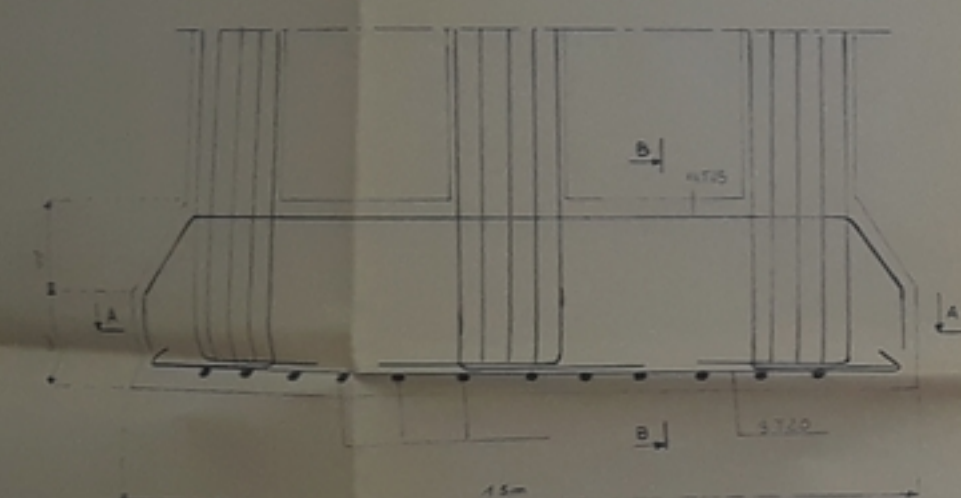
Sect.	M	μ	ε	K	σ'_b	A	ϕ_{ad}
1-2	120,32	0,1312	0,8599	20,1	135,76	65,75	14T25
2-3	120,32	"	"	"	"	"	"
1	40,08	0,0437	0,9117	41,6	67,30	20,65	8T20
2	40,08	"	"	"	"	"	"

BIBLIOGRAPHIE

- Calcul et vérification des ouvrages en béton armé
Pierre Charon
- Calcul des ouvrages en béton armé
M. Belazougui
- Conception et calcul des structures soumises aux séismes
M. DAUDI . M. RILI . A. SALHI
- Traité de béton armé (Tome 4)
A. Guerrin , R.C. Lavour
- Regles techniques pour le calcul des ouvrages en B.A
Regles CCBA 68
- Aide mémoire en béton armé
Victor Davidovici
- Reglement parasismique algerien
RPA 81
- Calcul pratique des ossatures de batiments en B.A
Albert Fuentes.

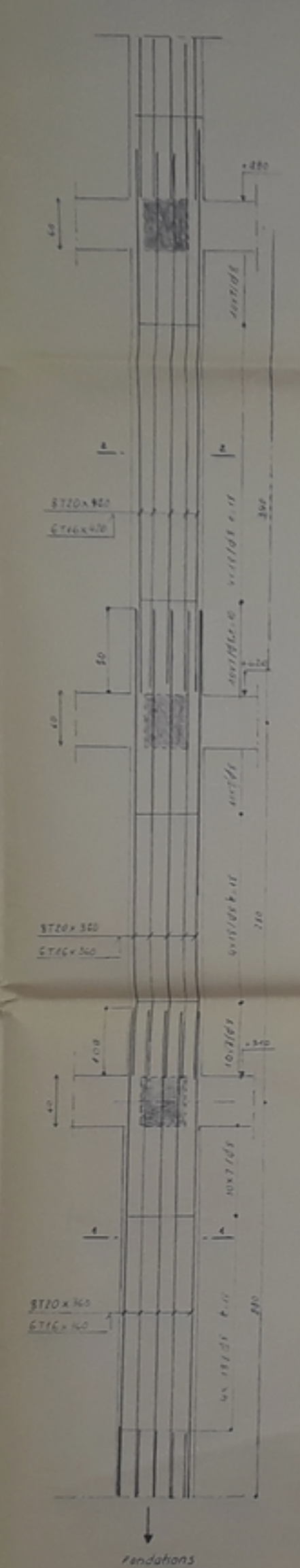


FERRAILLAGE DES FONDATIONS

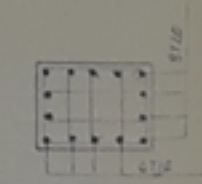


Coupe AA

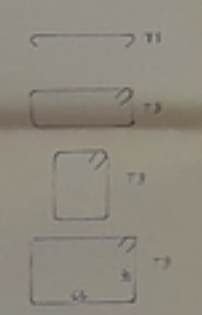
Poteaux N1-N2-N3



Poteaux 75x40

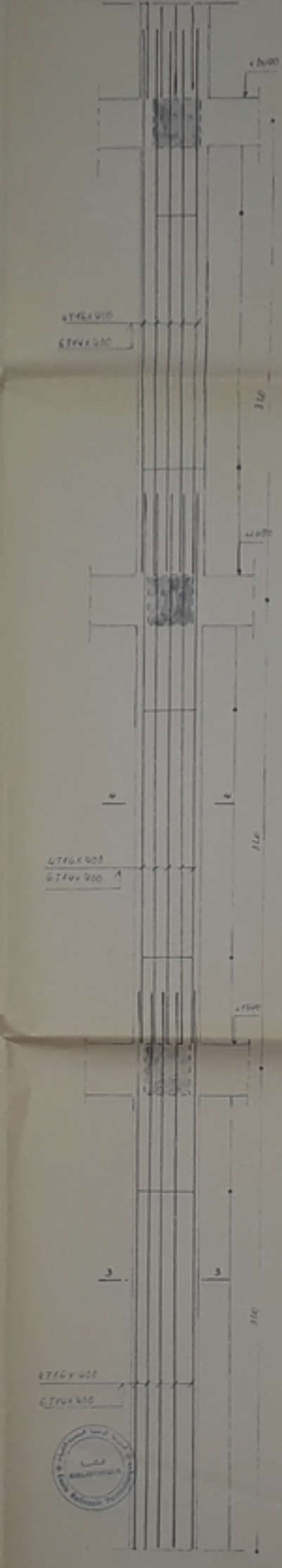


Section 2-2

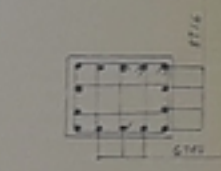


Section 4-4

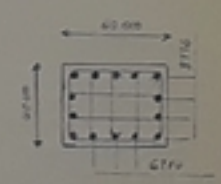
Poteaux N4-N5-N6



Poteaux 60x40

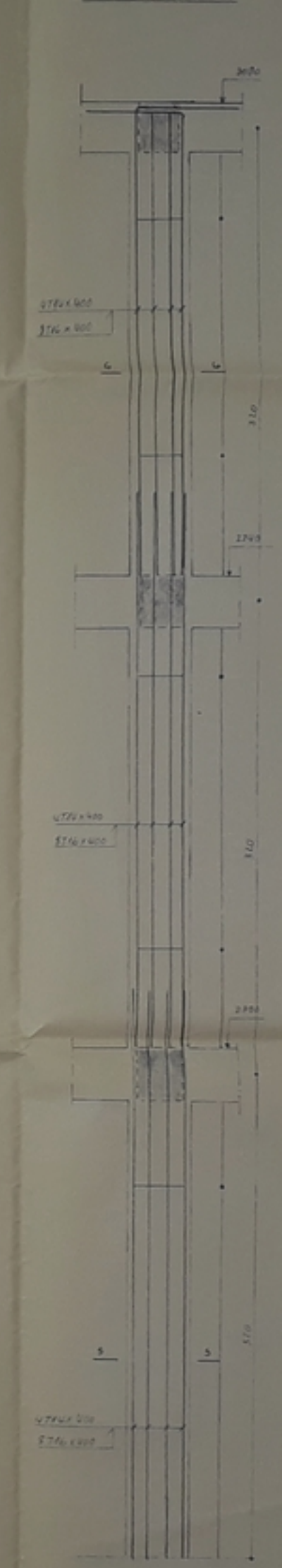


Section 4-4

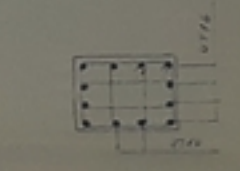


Section 3-3

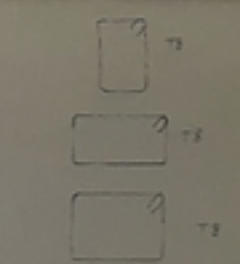
Poteaux N7-N8-N9



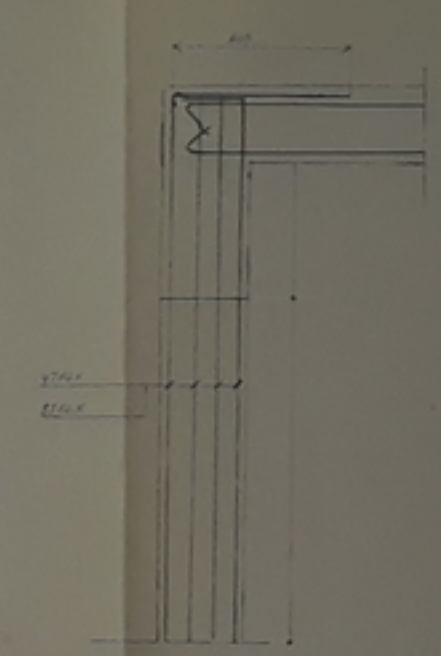
Poteaux 50x40



Section 6-6



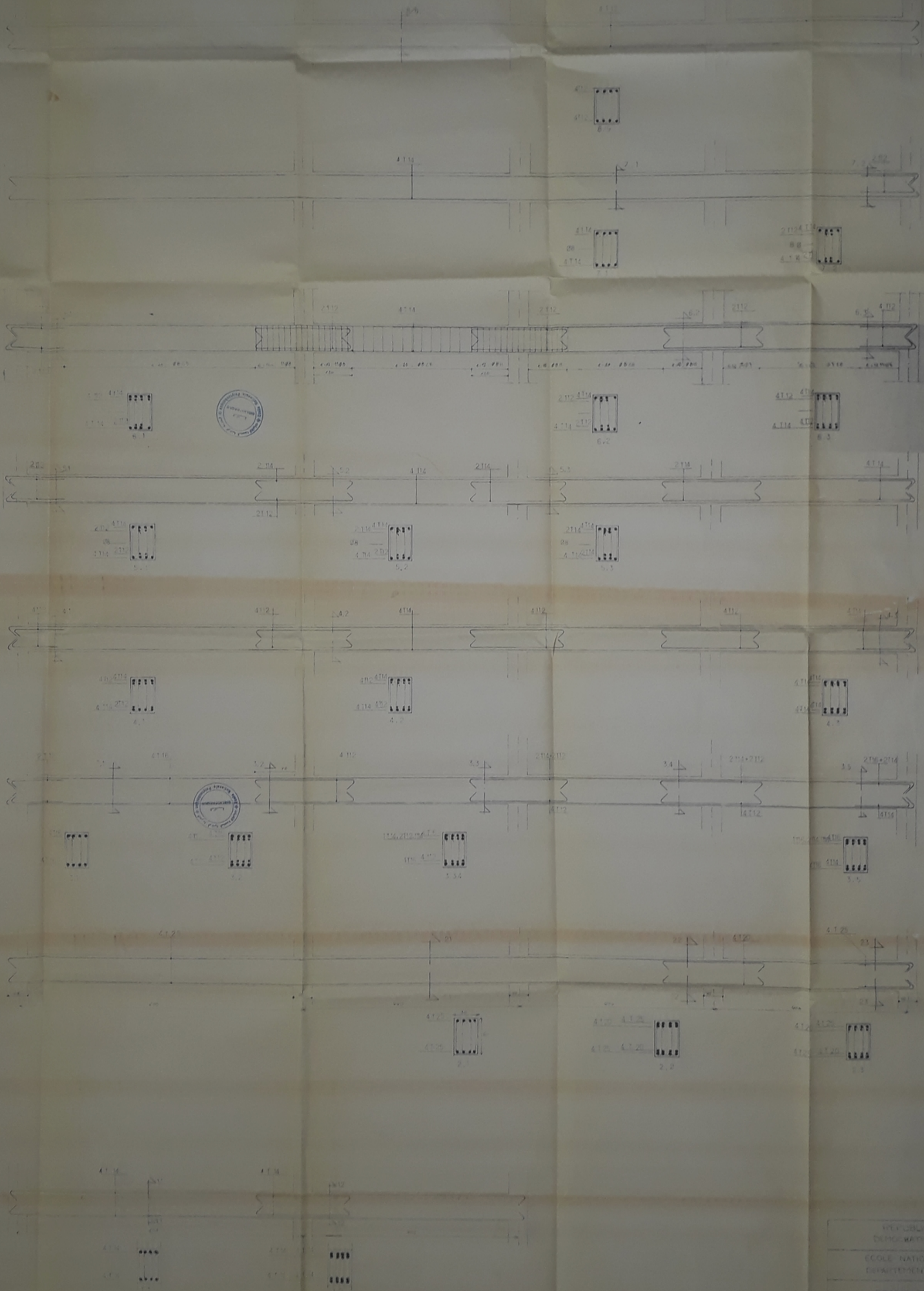
Section 5-5



Poteau d'angle de rive Niveau terrasse



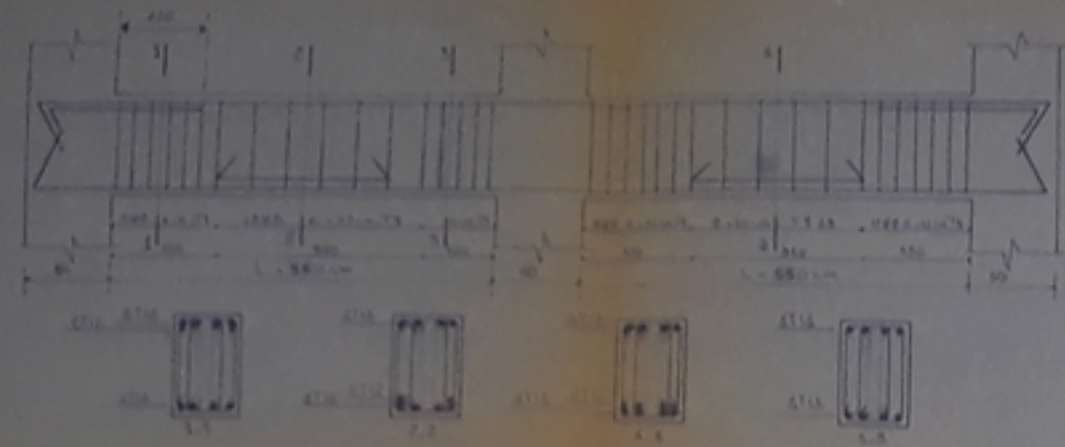
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
PROMOTION	
FERRAILLAGE DES POTEUX ET FONDATIONS	Proposé par CTC
ETUDE PAR A. KEBALI B. CHIBBAHA	Dirigé par M. A. BLOUD



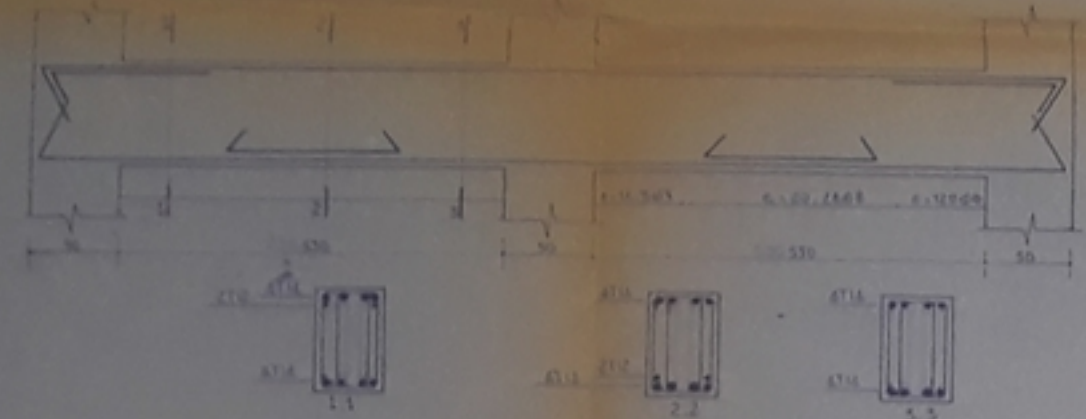
PE 02736

- 2 -

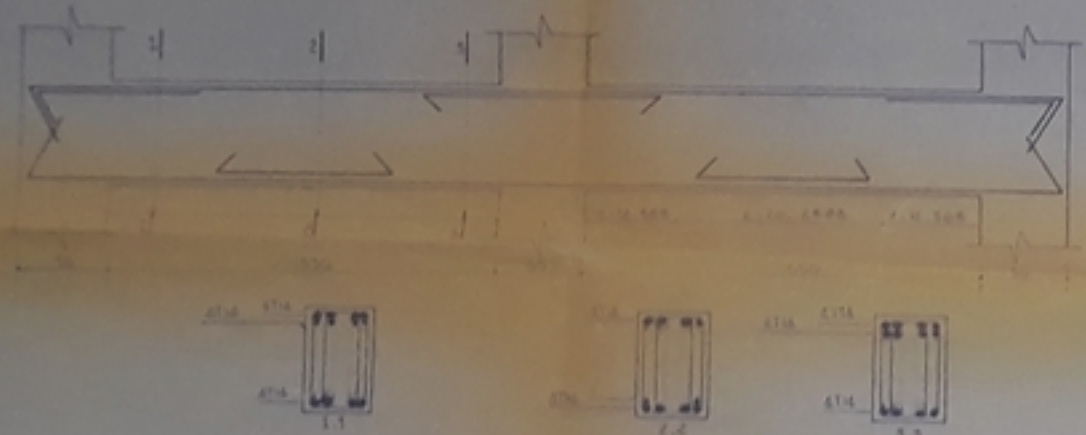
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE DEPARTEMENT GENIE CIVIL	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
TITRE DE L'ETUDE: ...	PROPOSE PAR: ...
ETABLI PAR: ...	DATE: ...



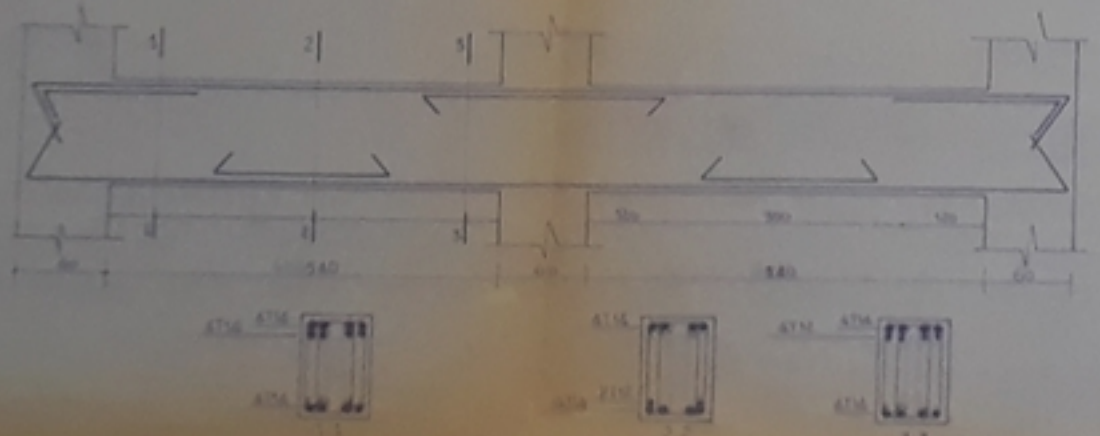
Niveau 3



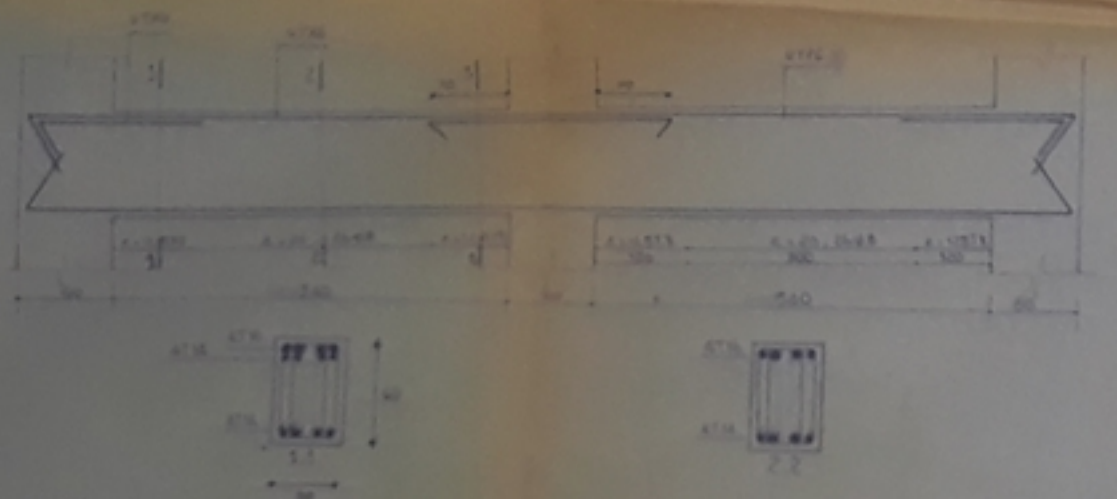
Niveau 8



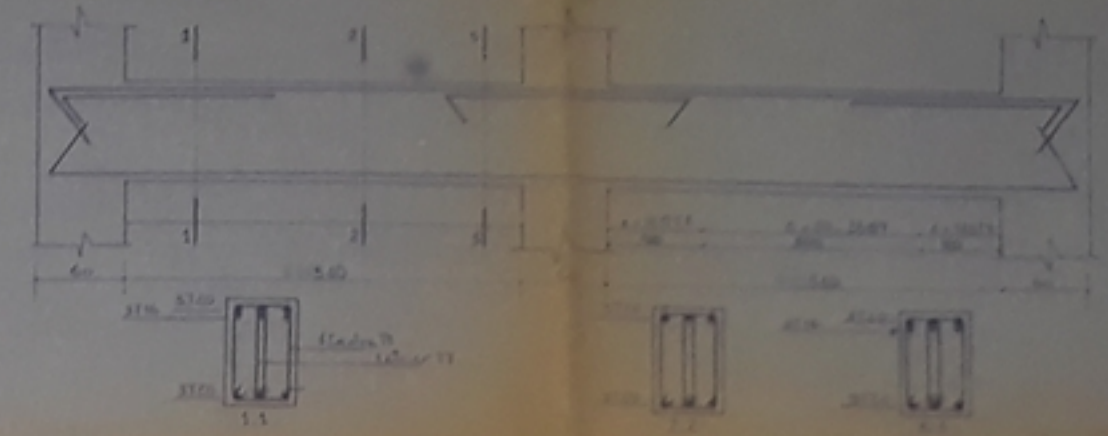
Niveau 7



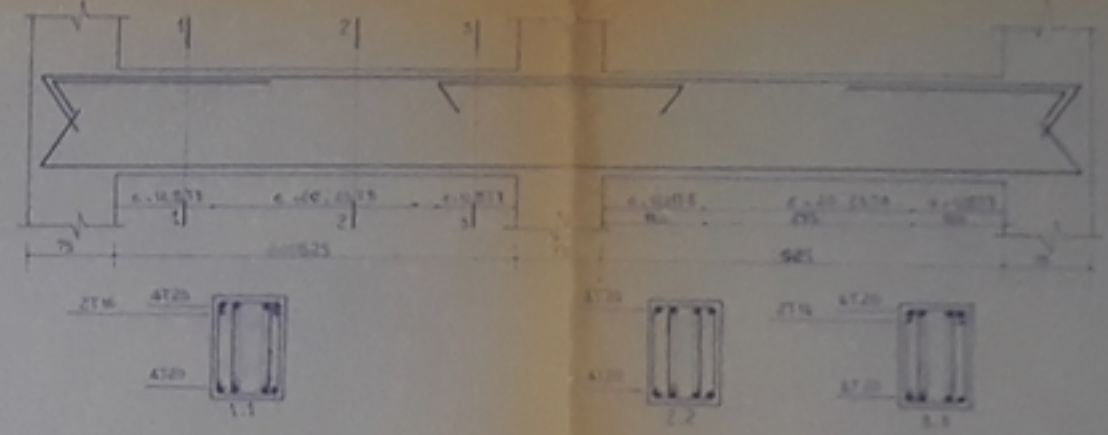
Niveau 6



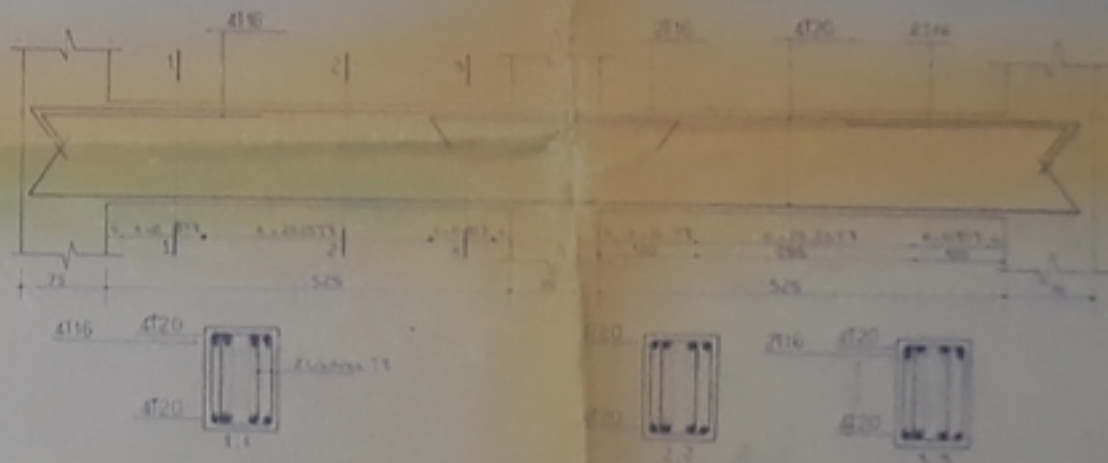
Niveau 5



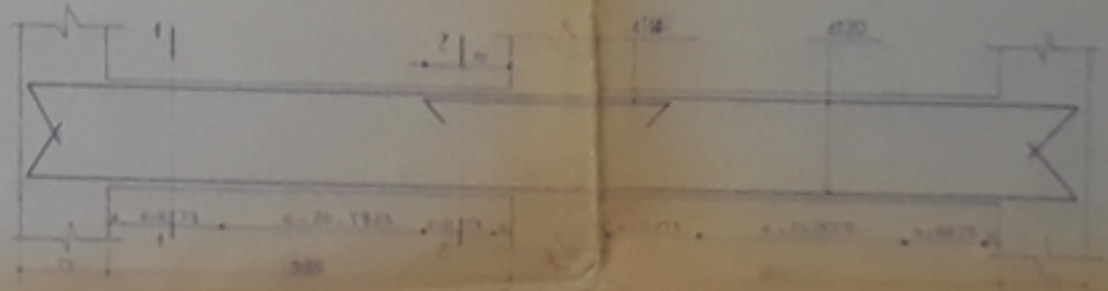
Niveau 4



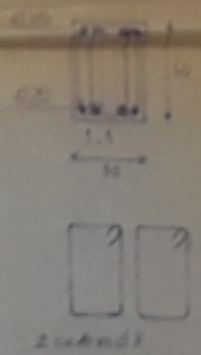
Niveau 3



Niveau 2



Niveau 1



2x A1A / 2x A2A

PB 027 83
-3-

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE	
ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE DPT GC	
PROJET DE FIN D'ETUDES	
FERRAILLAGE DES POUTRES sans TRANS	Elabore par CIC
Quote par R. Khabou & Conception	Approuve par M. D. Bouabd

