

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE - CIVIL



PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

BATIMENT ADMINISTATIF (R+5)

STRUCTURE AUT- STABLE

BAEL-83

Proposé par :

S.E.T.A.M.

Etudié par :

ELEMDANI Abdel-hamid
RABAH Sehli

Dirigé par :

R. Boufemur

PROMOTION : Janvier 87

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement notre promoteur Monsieur R. Boutemeur qui nous a aidé avec ses remarques et suggestions

Nos remerciements vont aussi à tous les gents de la **SETAM**, ainsi qu'à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin dans l'élaboration de cette thèse.

On n'oubliera pas Mr. Ahmed MAZIGHI pour nous avoir réglé certains problèmes

Que tous les enseignants qui ont contribué à notre formation, trouvent ici l'expression de notre profond dévouement.

Abdel-hamid ELEM DANI
Sahli RABAHI

DEDICACES

Il m'est très agréable de didier ce modeste travail à ma mère et mon père qui m'ont aidé et offert toutes les conditions adéquates pour bien mener mes études, ensuite à tous mes frères et sœurs, et à toute ma famille, en particulier à ma femme pour tous ses sacrifices à mon égard, et à mon fils BRAHIM, et finalement à tous mes amis.

Sehli RABAHI

Je dedie ce modeste travail à:

- Mon père
- Ma mère
- Mon grand-père
- Ma sœur et mes frères
- Mes oncles et tantes
- Ma femme, ma Fille, ainsi qu'à toute la famille
- Tous mes amis

Abdel-Hamid ELEM DANI

SOMMAIRE

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

1- INTRODUCTION	
- Présentation de l'ouvrage	1
- caractéristiques des matériaux	3
- Hypothèses de calcul	5
- charges et surcharges	6
- Prédimensionnement	6
2- CALCUL DES ELEMENTS	
- poteaux	7
- escaliers	12
- acrotère	17
3- ETUDE AU SEISME	
- calcul des rigidités	19
- étude au séisme	23
- étude au vent	26
4- EFFORTS DANS LES PORTIQUES	
- charges horizontales	28
- charges verticales	36
* Portique transversaux	
- caractéristiques géométriques	38
- moments aux nœuds	39
- moment et effort tranchant dans les poutres	40
- Efforts normaux dans les poteaux	41
* portiques longitudinaux	
- caractéristique géométriques	42
- moments aux nœuds	42
- moment et effort tranchant dans les poutres	43
- Effort normal dans les poteaux	44
5- SOLLICITATIONS DE CALCUL	
* Portique transversaux	
- moments dans les poteaux	46
- moments dans les poutres	47
- Efforts tranchants dans les poutres	50
- Efforts normaux dans les poteaux	51
* portiques longitudinaux	
- moments dans les poteaux	52
- moments dans les poutres	54
- efforts tranchants dans les poutres	57
- efforts normaux dans les poteaux	59

6 - FERRAILLAGE POUTRES et POTEAUX

- Ferrailage des poutres	61
- methode de ferrailage	62
- Portiques B-B et A-A. Ferrailage des appuis et travées ..	63
- Portique 9-9 Ferrailage des poutres en appuis ..	64
- Portique 8-8 et 9-9 ferrailage en travées	65
- vérifications diverses	66
- Ferrailage des poteaux	70
- Ferrailage à l'ELU situation durable	74
- Ferrailage à l'ELU situation accidentelle	78
- choix des sections	80
- Armatures transversales dans les poteaux	81
- vérification des contraintes	82

7 - FONDATIONS

- calcul des fondations	85
- vérifications diverses	93
- Les longrines	94
- calcul du voile périphérique	95

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

INTRODUCTION

1 présentation de l'ouvrage

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Généralités :

Le projet d'étude présenté porte sur le calcul des éléments résistants en béton armé d'un bâtiment à usage administratif (bureaux). Ce bâtiment sera situé dans la ville de Médéa qui est une zone de moyenne sismicité (zone II). Il compose d'un vide sanitaire, d'un rez de chaussée et de cinq étages. Les caractéristiques géométriques sont :

- Niveau du rez de chaussée est
- La hauteur de chaque étage 3,30 m
- Longueur totale en plan 24,30 m
- Largeur totale en plan 11,60 m
- Hauteur totale du bâtiment 21,40 m

Béton armé : Le béton utilisé pour la construction de l'ouvrage sera conforme aux règles du béton armé aux états-limite (BAEL 83) et tous les règlements en vigueur applicables en Algérie.

Pour l'acier nous utiliserons de l'acier à haute adhérence (Fe 40) et de l'acier doux (Fe 24)

Ossature : L'ossature du bâtiment est en béton armé, en structure autoportante. Elle reprend à elle seule la totalité des charges verticales et horizontales

Plancher : Il est constitué de corps creux et une dalle de compression (16+4) reposant sur des poutrelles préfabriquées.

Escalier : L'escalier comporte un palier intermédiaire et un palier courant. Les volées sont en béton armé, il seront construits en même temps que l'ossature afin de limiter l'emploi des échelles.

Maçonnerie : Toute la maçonnerie du bâtiment sera exécutée en briques creuses.

Murs extérieurs :

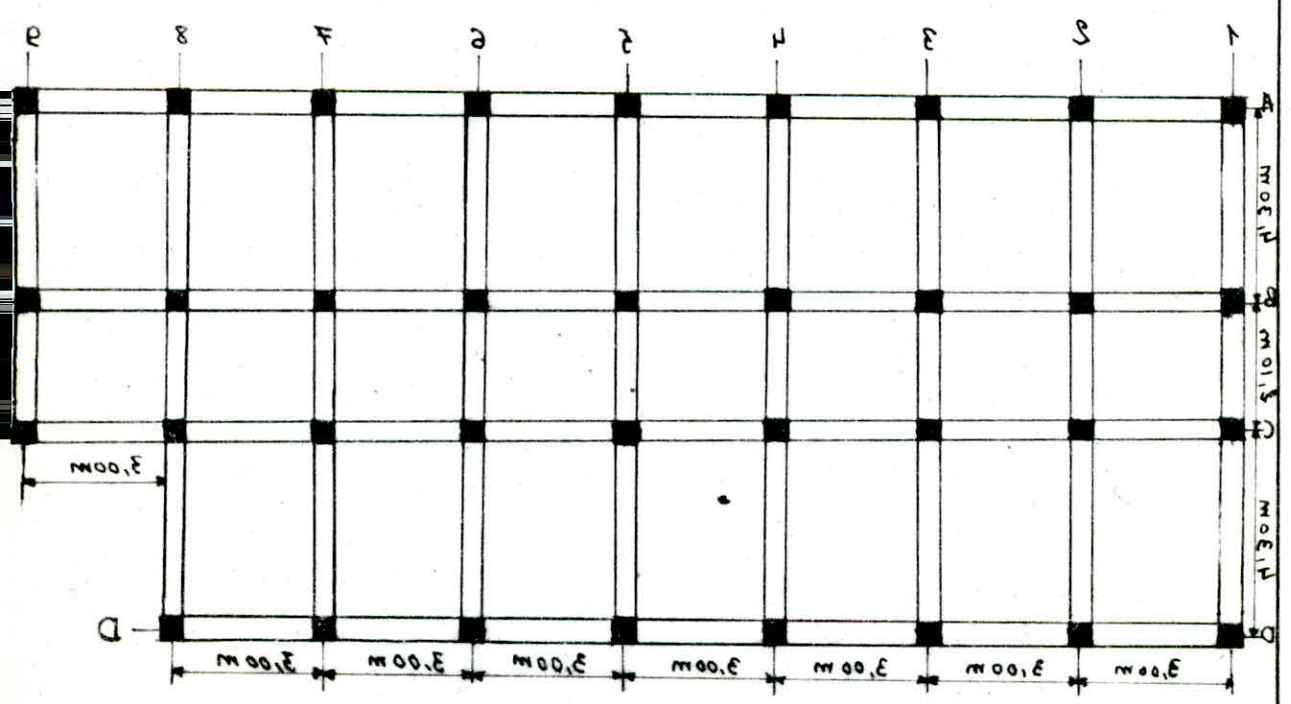
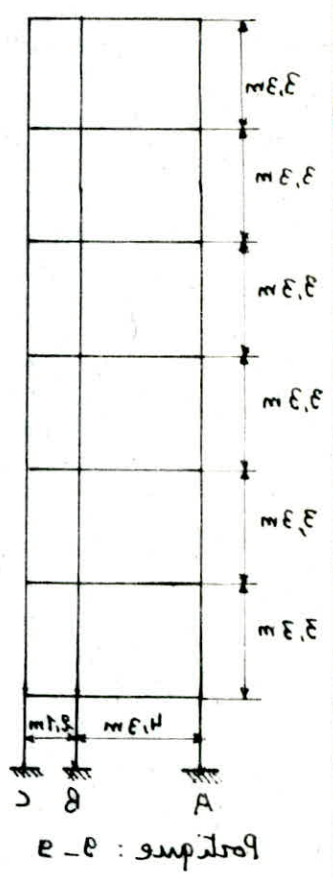
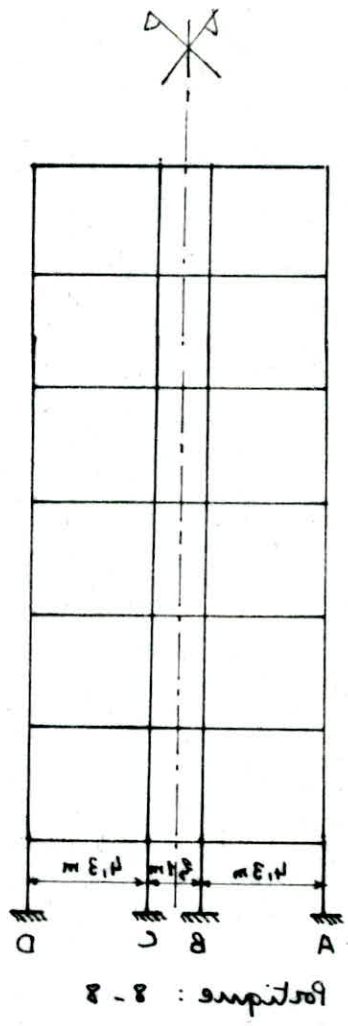
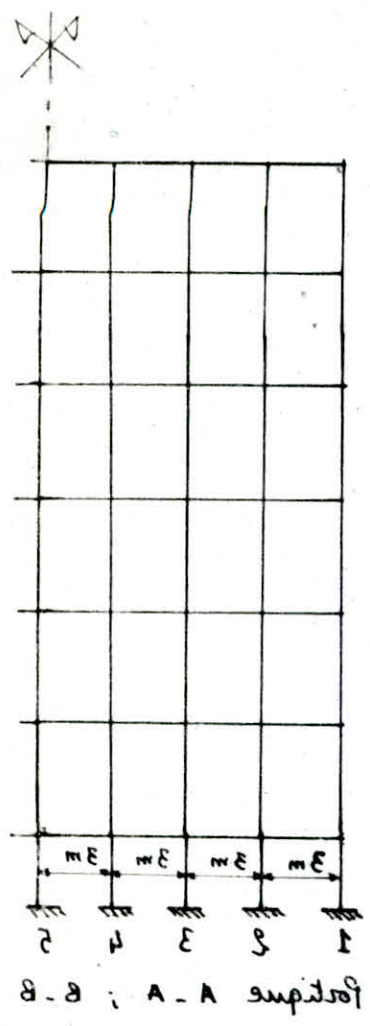
- Cloison en briques creuses 15 cm
- Lame d'air de 5 cm
- Cloison en briques creuses 10 cm

Murs intérieurs :

- Cloison de séparation en briques creuses de 7 cm

Revêtement :

- céramique dans les salles d'eau
- carrelage ailleurs,



caracteristiques des materiaux

Ciment: Le ciment utilise' est de categorie de composition CPA et de classe de resistance 55.
La valeur minimale de la resistance a la compression est de l'ordre de 45 MPa a 28 jours

Granulats: granulats concasses de grosseur $c_{g_{max}} = 2,5 \text{ cm}$

Beton: Il est dose' a 350 kg/m^3 , et fabrique' dans les conditions courantes, avec auto-contrôle surveille'.
Dosage pour un metre cube de beton est:
800 l de gravillon, 400 l de sable, 350 kg de CPA55 et 150 l d'eau.

Resistance caracteristiques: a) en compression: $f_{c28} = 25 \text{ MPa}$
b) en traction: $f_{ct28} = 0,6 + 0,06 f_{c28}$

Deformations longitudinales du beton: (A 2.1.2 BAEL 83)
Le module de deformation longitudinale instantanee du beton est:

$$E_{i28} = 11000 f_{c28}^{1/3}$$

$$E_{i28} = 32160 \text{ MPa}$$

Le module de deformation differencie (du au fluage) :

$$E_{v28} = 3700 f_{c28}^{1/3}$$

$$E_{v28} = 10820 \text{ MPa}$$

Masses volumique du beton arme': 2500 kg/m^3 (25 kN/m^3)

Diagramme de deformation - Contraintes:

1) Beton: Pour le beton il y a deux diagrammes differents.

a- En etat - limite ultime:

$$f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} \text{ contrainte limite ultime du beton}$$

γ_b : Coefficient de securite tient compte de la dispersion de la resistance du beton

$$\gamma_b = 1,5 \text{ cas general}$$

$$\gamma_b = 1,15 \text{ cas accidentel}$$

Le coefficient 0,85 couvre l'erreur faite en negligiant le fluage.

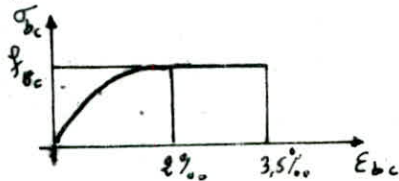
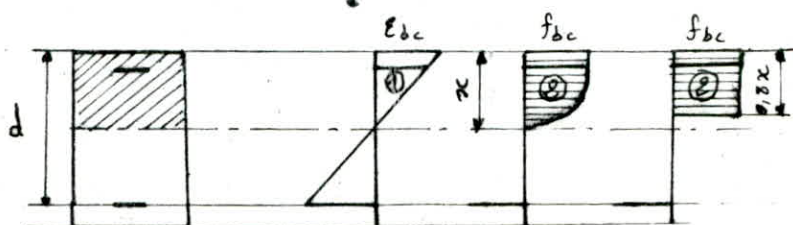


Diagramme parabole-rectangle

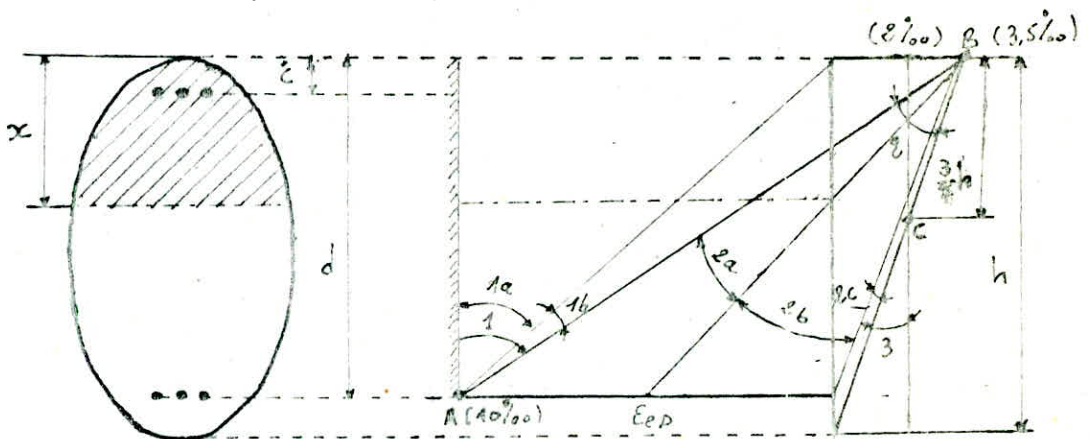


①: deformation
②: contraintes

HYPOTHESES DE CALCUL

Hypothèses de calcul des sections en état - limite ultime:

- 1- Les sections droites restent planes et pas de glissement relatif entre les armatures et le béton
- 2- La résistance du béton tendu est négligée
- 3- Le diagramme de déformation de la section est linéaire.
- 4- Le raccourcissement unitaire du béton est limité à :
 $3,5\%$ en flexion simple ou composée
 2% en compression simple
- 5- L'allongement de l'acier est limité à : 10%
- 6- Le diagramme des déformations de la section passe obligatoirement par l'un des trois pivots A, B et C définis ci après (BAEL, A 4.3, 3); le pivot C correspond à une section entièrement comprimée.



- Domaine 1 : le diagramme limite passe par le pivot A ($\epsilon_p = 10\%$)
 Domaine 2 : le diagramme limite passe par le pivot B ($\epsilon_p = 3,5\%$)
 Domaine 3 : le diagramme limite passe par le pivot C ($\epsilon_p = 2\%$)

Hypothèses de calcul des sections en état - limite de service:

- 1- Les sections droites restent planes et pas de glissement entre le béton et l'acier.
- 2- La résistance du béton tendu est négligée.
- 3- Le diagramme des contraintes est linéaire c'est-à-dire le béton et l'acier ont un comportement élastique.

CHARGES ET SURCHARGES

Charge:

Plancher terrasse:

- 1. Protection solaire (gravillon 5 cm) 900 N/m²
- 2. Etanchéité multicouche 100 N/m²
- 3. Papier kraft 50 N/m²
- 4. Forme de pente 1,5% 2200 "
- 5. Liège (4 cm) 160 "
- 6. Dalle de compression 4 cm } 2800 "
- Hourdis creux de 16 cm }
- 7. Plâtre (2 cm) 300 "

G = 6510 N/m²

Plancher courant

- 1. Carrelage (2 cm) 440 N/m²
- 2. mortier de pose (2 cm) 400 "
- 3. sable (3 cm) 340 "
- 4. plancher (16 + 4 cm) 2800 "
- 5. enduit en plâtre 300 "
- 6. cloison 750 "

G = 5030 N/m²

- Murs extérieurs en brique creuse:

charge par m² de surface, verticale: 1400 x 0,25 = 3,5 kN/m²
 acrotère: 2,5 kN/m

Surcharges d'exploitations:

- 1. Terrasse non accessible (sauf pour l'entretien) ... 1 kN/m²
- 2. Plancher courant 2,5 "
- 3. escalier 4 "
- 4. acrotère (main courante) 1 "

PREDIMENSIONNEMENT

Poteaux: Ils sont prédimensionnés selon les conditions exigées par le RPA 81

La section des poteaux a x (b x h)

* min (b, h) ≥ 25 cm Zone II

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

* min (b, h) ≥ $\frac{h_e}{30}$ avec h_e = 3,30 m hauteur d'étage

La section du poteau la plus sollicitée doit vérifier

A = b · h ≥ k $\frac{N'}{f_{c28}}$ k = 4 Zone II

surface revenant à ce poteau = $\frac{3+3}{4} \times 4,3 \times 2,1 = 9,6 \text{ m}^2$

N' = 6 · S · q = 6 · 9,6 × (6510 + 1000) = 432576 N

A ≥ 4 · $\frac{432576}{25 \cdot 10^6} = 692,12 \text{ cm}^2$

On adapte des poteaux 30 x 30

Poutres:

Les dimensions des poutres doivent satisfaire: b x h

poutre poteuse: h ≥ $\frac{l}{15}$ on prend h = 50 cm

poutre non poteuse: $0,3h \leq b \leq 0,7h \rightarrow b = 25 \text{ cm}$

poutre non poteuse: h ≥ $\frac{l}{15}$ on prend h = 40 cm

$0,3h \leq b \leq 0,7h \rightarrow b = 25 \text{ cm}$

Zone II | $b \geq 20 \text{ cm}$
 $h \geq 30 \text{ cm}$

pour notre cas sont tous vérifiées

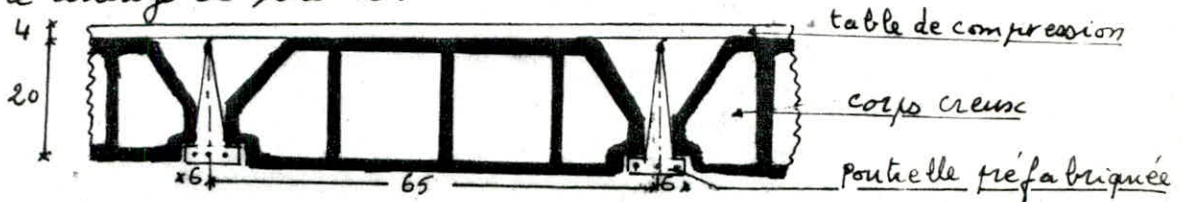
CALCUL DES ELEMENTS

- poutrelles
- escaliers
- acrotere

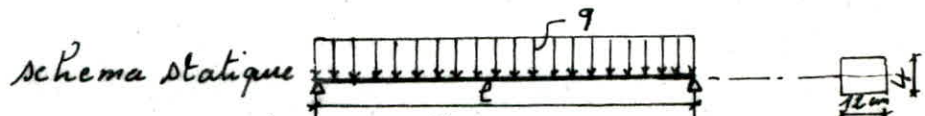
7 poutrelles

Les planchers sont constitués de poutrelles préfabriquées associées aux corps creux (16+4). Les poutrelles sont disposées dans le sens longitudinal du bâtiment.

Le calcul se fera en deux étapes, la première étape avant le coulage du hourdis (de la table de compression), la deuxième étape après le coulage de celle-ci.



Première étape La poutrelle est simplement appuyée. Elle supportera son poids propre, le hourdis et la surcharge due à l'ouvrier qui pose le hourdis.



charges supportées par la poutrelle

- poids propre de la poutrelle : $0,12 \times 0,04 \times 2500 = 12 \text{ kg/ml}$
- poids propre du corps creux : $0,65 \times 95 = 61,75 \text{ kg/ml}$
- surcharge d'exploitation : $1,2 \times 100 \times 0,65 = 80 \text{ kg/ml}$

$$\text{Soit } q = 1,35G + 1,5Q_s = 220 \text{ kg/ml} = 2200 \text{ N/ml}$$

$$M_u = M_o = \frac{q l^2}{8} = \frac{2200 \cdot 3^2}{8} = 2500 \text{ Nm}$$

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 f_{bc}} = \frac{2500}{14,17 \cdot 12 \cdot 2^2} = 3,68$$

$$M_R = \mu \rho f_{bc} b d^2 = 0,186 \times 14,17 \times 12 \times 2^2 = 126,5 \text{ Nm}$$

Comme $M_R < M_u$ donc les armatures comprimées sont nécessaires, or il est impossible de les placer vu que la section du béton est très réduite.

On a donc prévu des échafaudages pour aider la poutrelle à supporter les charges lui revenant avant le coulage de la table de compression.

Deuxième étape : Dans ce cas la poutrelle se comporte comme une poutre continue sur 9 appuis.

On calcule la distribution des moments par la méthode forfaitaire qui est applicable pour notre cas (B 6.221 BAEL 83)

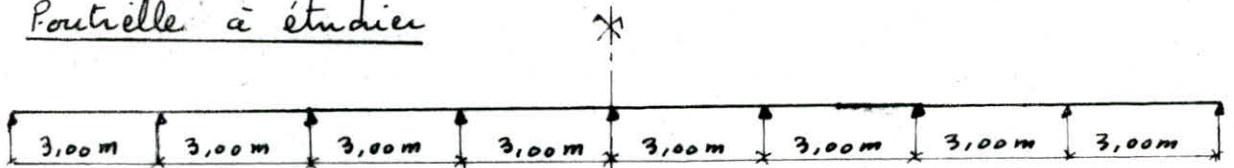
$Q_s < 2G$, $I = \text{cte}$, $0,8 < \frac{l_i}{l_{i+1}} < 1,25$ fissuration peut nuisible

$$\alpha = \frac{Q_s}{Q_s + G} < \begin{cases} \frac{250}{250 + 503} = 0,33 \text{ plancher courant} \\ \frac{100}{100 + 651} = 0,13 \text{ plancher terrasse} \end{cases}$$

On doit vérifier

	plancher courant	plancher inter
$M_e + \frac{M_w + M_e}{2} \geq (1 + 0,3\alpha) M_0$	$M_{E1} \geq 0,7 M_0$	$M_{E1} \geq 0,64 M_0$
	$M_{E2} \geq 0,55 M_0$	$M_{E2} \geq 0,49 M_0$
	$M_{E3} \geq 0,6 M_0$	$M_{E3} \geq 0,52 M_0$
$M_e \geq \frac{1,2 + 0,3\alpha}{2} M_0$ travée de rive	$M_e \geq 0,55 M_0$	$M_e \geq 0,52 M_0$
$M_e \geq \frac{1 + 0,3\alpha}{2} M_0$ travée intermédiaire	$M_e \geq 0,65 M_0$	$M_e \geq 0,62 M_0$
M_w appuis voisin de rive	$M_w \geq 0,65 M_0$	$M_w \geq 0,50 M_0$
M_w et M_e appuis intermédiaire	$M_w \geq 0,40 M_0$ $M_e \geq 0,40 M_0$	$M_w \geq 0,40 M_0$ $M_e \geq 0,40 M_0$

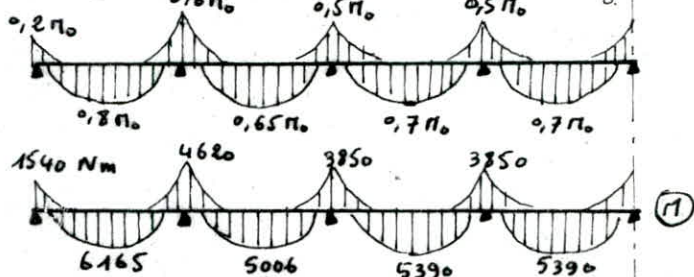
Poutrelle à étudier



plancher terrasse : $q = (1,35 \times 651 + 1,5 \times 100) \times 0,65 = 669,5 \text{ kg/ml}$
 plancher courant : $q = (1,35 \times 503 + 1,5 \times 250) \times 0,65 = 685 \text{ kg/ml}$
 vu que'il n'y a pas une grande différence on prend
 $q = 685 \text{ kg/ml}$ pour tous les planchers

Les diagrammes

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 7700 \text{ Nm}$$

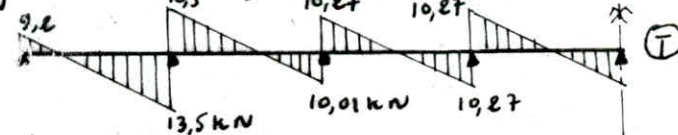


Effort tranchant

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

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

$$\frac{q l}{2} = 10,27 \text{ kN}$$

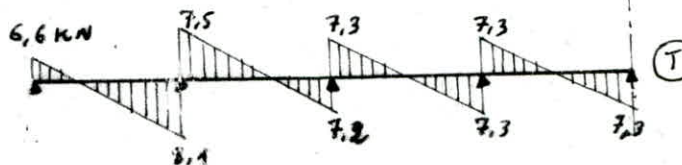
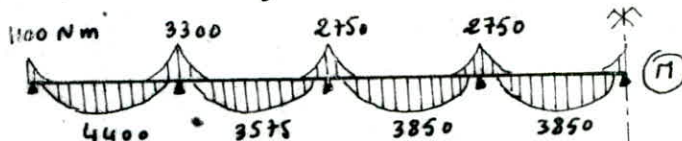


Etat limite de service

$$q = Q_B + G = 4890 \text{ N}$$

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = 5500 \text{ N/ml}$$

$$\frac{q l}{2} = 7335 \text{ N}$$



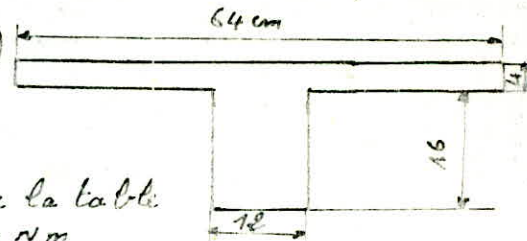
Ferraillage

Détermination de la largeur b de la table de compression

$$b_1 \leq \min \left(\frac{l}{10}, \frac{65-b_0}{2}, \frac{2}{3} \frac{l}{2} \right)$$

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

$$b = 2 \times b_1 + b_0 = 64 \text{ cm}$$



1) en travée

$M_t =$ moment équilibré par la table

$$M_t = b h_0 f_{bc} \left(d - \frac{h_0}{2} \right) = 58040 \text{ Nm}$$

$$M_u = 6165 \text{ Nm}$$

$M_u < M_t$, $\alpha < 1,25 h_0$, l'axe neutre dans la table de compression
donc on va étudier une section rectangulaire
($b \times h$) = (64 x 20)

$$\mu = \frac{M_u}{b d^2 f_{bc}} = \frac{6165}{64 \cdot 18^2 \cdot 14,17} = 0,02$$

$$\rho_M = \frac{M_u}{M_{tM}} = 1,40$$

acier type Fe E 40

$$f_{ce8} = 25 \text{ MPA}$$

$$\Rightarrow \mu_c = 0,300$$

$\mu_c =$ moment réduit critique

$$\mu < \mu_c \rightarrow A'_s = 0 \quad \alpha = \frac{1 - \sqrt{1 - 2\mu}}{0,8} = 0,025$$

$\alpha = 0,025 \rightarrow$ domaine 1 pivot A $\rightarrow \epsilon_s = 10 \cdot 10^{-3}$

$$\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ MPA}$$

$$z = d (1 - 0,4 \alpha) = 0,178$$

$$A_p = \frac{M_u}{z \sigma_s} = 0,99 \text{ cm}^2 \text{ on prend } 2T10 = 1,57 \text{ cm}^2$$

2) au appui

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{4620}{14,17 \cdot 12 \cdot 18^2} = 0,084$$

$$\rho = 1,40$$

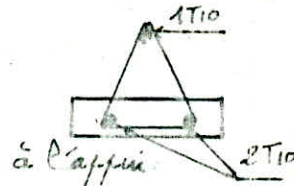
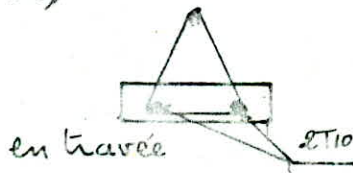
$$\mu_c = 0,300$$

$$\alpha = 0,107$$

$$z = 0,172$$

$$\mu < \mu_c \rightarrow A'_s = 0$$

$\mu < 0,186$ domaine 1 $\epsilon_s = 10 \cdot 10^{-3}$ et $\sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPA}$
 $A_p = \frac{M_u}{z \sigma_s} = 0,77 \text{ cm}^2$ on prend 1T10 = 0,79 cm²



Verifications nécessaires:

Condition de non fragilité: 1) en travée $\frac{A_p}{b d} = \frac{1,57}{0,12 \cdot 0,18} = 7,26 \cdot 10^{-3}$
 $7,27 \cdot 10^{-3} \geq 0,23 \frac{f_{ce8}}{f_c} = 1,2 \cdot 10^{-3}$

2) à l'appui: $\frac{A_p}{b d} = \frac{0,79}{0,12 \cdot 0,18} = 3,63 \cdot 10^{-3} \geq 1,2 \cdot 10^{-3}$

Verification à l'effort tranchant (A.5.12)(A.5.12.3), (A.4.52 BAEL 83).

Les poutrelles soumises à l'effort tranchant sont justifiées vis-à-vis de l'état limite ultime. Cette justification pour section courante concerne les armatures transversales de l'âme et la contrainte du béton.

1) Vérification du béton :

Pour les armatures d'âmes « droites » (perpendiculaire à la ligne moyenne) il faut que, dans la section du nu d'appui (BAEL A5.1.21)
 $\tau_u \leq \min(0,13 f_{ct,ess}; 4 \text{ MPA})$ la fissuration est peu nuisible,
 τ_u : contrainte tangente conventionnelle du béton.

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0} = \frac{13,5 \cdot 10^3}{12 \cdot 12 \cdot 10^2} = 0,62 < 3,25 \text{ MPA}$$

2) Vérification au voisinage des appuis :a) Appui d'about : résistance de la bielle de béton

$$\frac{V_u}{a \cdot b} = \frac{9,2 \cdot 10^3}{0,12 \cdot 0,9 \cdot 0,12} = 0,47 < 0,4 \frac{f_{ct,ess}}{\gamma_b} = 6,67 \text{ MPA}$$

$$A_p = 1,57 \cdot 10^{-4} > \frac{V_u}{f_c / \gamma_p} = 0,26 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

b) Appui intermédiaire :

$$A_p \geq \frac{V_u - \frac{\pi u}{0,9d}}{f_c / \gamma_p} \Rightarrow \frac{13500 + \frac{-4620}{0,9 \cdot 0,12}}{1400 / 1,15} = -43,18 < 0$$

⇒ les armatures longitudinales inférieures ne sont soumises à aucun effort de traction.

Armatures transversales :

$$A_t \leq \frac{0,8 f_c A_b}{(\tau_u - 0,5 k) b_0}$$

k = 0 (reprise de bétonnage)

$$A_b = 2 \phi 6 = 0,56 \text{ cm}^2$$

$$A_t \leq \frac{0,8 \cdot 23,5 \cdot 0,56}{0,62 \cdot 12} = 14,15 \text{ cm}$$

$$\frac{A_t f_c}{A_t b_0} \geq \max(\tau_u / 2, 0,4 \text{ MPA}) \quad A_t \leq \frac{A_b f_c}{0,4 b_0} = 27,4 \text{ cm}$$

$$(7 \text{ à } 8 \text{ cm}) \leq A_t \leq \min(0,9d, 40) \quad 8 < A_t < 0,9d = 16 \text{ cm}$$

On adopte $A_t = 14 \text{ cm}$ 3) Vérification à l'état limite de service :Etat limite de compression du béton

Ce cas ne se présente pas puisque on a travaillé avec M_c
 M_c = moment réduit critique défini au (pour chapitre 4 page 163
 livre de Paul Dimmequin, cours supérieur du béton armé)

Écrasement dans les armatures :

La fissuration est peu nuisible donc la contrainte des aciers n'est pas limitée dans ce cas

Déformation : (art B.6.5.1 BAEL 83)

Les trois conditions d'exemption de la vérification de la flèche ne sont pas toutes remplies, donc il faut vérifier la flèche.

Détermination de σ_s (contrainte effective des aciers tendus)

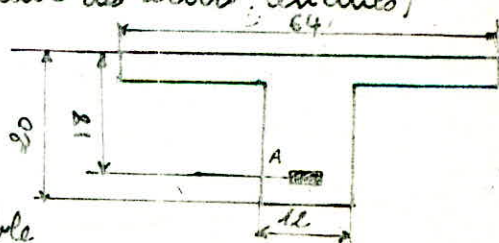
position de l'axe neutre

$$H = b h^3 + 30 A' (h_0 - c') + 30 A (d - h_0)$$

$$H > 0$$

donc l'axe neutre tombe dans la table.

on calculera les contraintes dans la section en T comme si'il s'agissait d'une section rectangulaire de largeur b et de hauteur utile d.



$$\beta_1 = \frac{100 A}{b d} = \frac{100 \cdot 1,57}{64 \cdot 18} = 0,136$$

$$\beta_2 = 136 \rightarrow \beta = 0,94$$

$$\sigma_s = \frac{M_{pe}}{\beta_1 d A} = 156,63 \text{ MPa}$$

I_0 = moment d'inertie de la section totale, rendue homogène avec $n=15$ par rapport à l'axe passant par le centre de gravité de cette section

I_{fi} = moment d'inertie fictif pour les déformations instantanées

I_{fv} = moment d'inertie fictif pour les déformations de longue durée

$$I_0 = \frac{b_0 (v_1^2 + v_2^2)}{3} + (b - b_0) h_0 \left[\frac{h_0}{12} - \left(v_1 - \frac{h_0}{2} \right)^2 \right] + 15 A (d - v_1)^2$$

$$v_1 = 5,47 \text{ cm} \quad v_2 = h - v_1 = 14,53 \text{ cm}$$

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

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

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

$$\Rightarrow I_0 = 19404 \text{ cm}^4$$

$$n_i = \frac{0,05 f_{ct,est}}{(2 + 3 \frac{b_0}{b}) \rho} \quad n_v = \frac{0,02 f_{ct,est}}{(2 + 3 \frac{b_0}{b}) \rho} \quad \rho = \frac{A}{b_0 d}$$

$$\rho = 7,27 \cdot 10^{-3}$$

$$n_i = 5,64$$

$$n_v = 2,256$$

$$\mu = 1 - \frac{1,75 f_{ct,est}}{4 \sigma_s + f_{ct,est}} = 0,447$$

$$I_{fi} = \frac{I_0}{1 + n_i \mu} = 5511 \text{ cm}^4, \quad I_{fv} = \frac{I_0}{1 + n_v \mu} = 9661 \text{ cm}^4$$

Evaluation forfaitaire des flèches art (B.6.5.2)

E_i le module de déformation instantanée

E_v le module de déformation différée du béton

M : moment de flexion dans la section étudiée.

f_i : flèche sous charges de faible durée d'application

f_v : flèche sous charges de longue durée d'application

$$E_i = 11000 \cdot f_{ct,est}^{\frac{1}{3}} = 11000 \cdot 2,5^{\frac{1}{3}} = 32164 \text{ MPa}$$

$$E_v = 3700 \cdot f_{ct,est}^{\frac{1}{3}} = 3700 \cdot 2,5^{\frac{1}{3}} = 10819 \text{ MPa}$$

$$f_i = \frac{M \cdot l^2}{9 E_i I_{fi}} = \frac{4400 \cdot 300^2}{9 \cdot 32164 \cdot 5511} = 0,248 \text{ cm} \quad f_v = \frac{M \cdot l^2}{9 E_v I_{fv}} = 0,481 \text{ cm}$$

$$\Delta f = 0,481 - 0,248 = 0,233 < \frac{l}{500} = \frac{300}{500} = 0,6 \text{ cm}$$

Ferraillage de la table de compression (B.6.8 423 BAEL 83)

Le hourdis doit avoir une épaisseur minimale de 4 cm. On l'arme d'un quadrillage de barres dont les dimensions de mailles ne doivent pas dépasser

20 cm

armatures perpendiculaires aux nervures

33 cm

armatures parallèles aux nervures

L'espacement entre nervures est compris entre 50 et 8 cm. La section d'armatures perpendiculaires aux nervures doit satisfaire :

$$A_{\perp} \geq \frac{4 l}{f_e} = \frac{4 \times 64}{520} = 0,49 \quad f_e = 520 \text{ MPa (treillis soudé)}$$

$$\text{Soit } A_{\perp} = 5 \phi 6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

$$A_{\parallel} \geq \frac{A l}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 \quad \text{Soit } A_{\parallel} = 5 \phi 6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

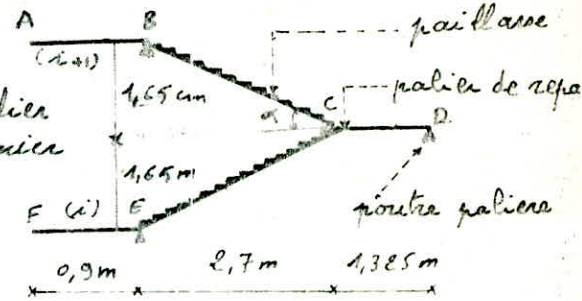
Ainsi notre hourdis sera armé par un treillis soudé en $\phi 6$ dimension des mailles 20 x 20

calcul des escaliers

Le traitement étudié comporte un seul type d'escaliers de deux paillasse et d'un palier intermédiaire à mi étage (de repos) et deux paliers courants au niveau des étages.

Escaliers de l'étage courant:

Le schéma de calcul adopté est le suivant. Nous décomposons l'escalier en deux parties et nous étudierons en premier la volée ABCD et nous adapterons le même ferrailage pour la volée DCEF.



Les dimensions de la marche et contre marche doivent satisfaire la condition empirique de BLONDEL afin d'avoir un confort pendant l'utilisation.

$$\text{BLONDEL} \rightarrow \begin{cases} 1) & 59 \leq g + 2h \leq 66 \\ 2) & 14 \leq h \leq 20 \end{cases}$$

g: longueur d'un marche
h: hauteur d'un marche

en prend $h = 16,5 \text{ cm}$.

$$26 \leq g \leq 33 \text{ en prend } g = 30 \text{ cm}$$

$$n = \frac{1650}{16,5} = 10 \quad n: \text{ nombre de marche}$$

Vérification de la condition de BLONDEL

$$g = 30 > h = 16,5 \text{ cm} \Rightarrow \text{confort}$$

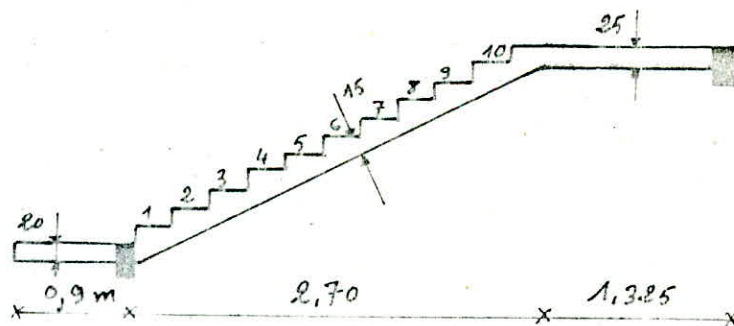
$$59 < g + 2h = 69 < 66$$

Détermination de l'épaisseur de la paillasse:

$$\text{L'épaisseur } e = \frac{l}{30} \leq e \leq \frac{l}{20} \quad ; \quad l = 30(10-1) = 2,7 \text{ m}$$

$$L = \sqrt{H^2 + l^2} = \sqrt{1,65^2 + 2,7^2} = 3,16 \text{ m}$$

$$\Rightarrow 10,5 \leq e \leq 15,8 \text{ cm on prendra comme épaisseur } e = 15 \text{ cm}$$



$$\tan \alpha = \frac{165}{270} = 0,611 \rightarrow \alpha = 31,43^\circ \rightarrow \cos \alpha = 0,854, \sin \alpha = 0,522$$

Charges et surcharges: On fait le calcul avec une bande de 1 m de largeur

Paillasse:

$$\text{Poids propre: } \frac{0,15 \times 25}{0,854} = \dots \dots \dots 4,39 \text{ kN/ml}$$

$$\text{Poids des marches: } \frac{g \cdot h}{2} = \frac{22 \cdot 0,165}{2} = \dots \dots \dots 1,81 \text{ kN/ml}$$

$$\text{revêtement: } \dots \dots \dots 0,92 =$$

$$\text{garde corps: } \dots \dots \dots 0,23$$

$$\Sigma = 7,35 \text{ kN/ml}$$

palier de repos:

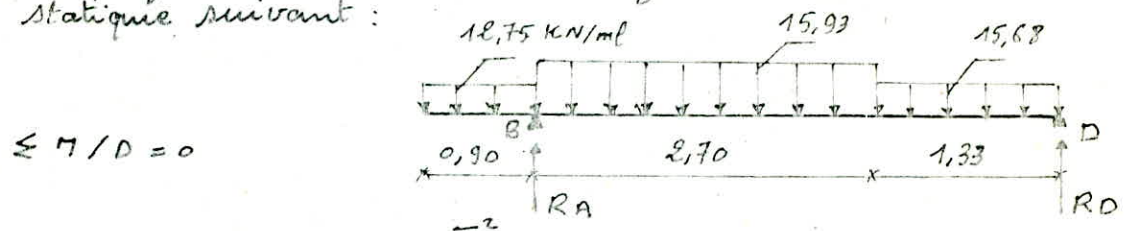
Poids propre: $0,25 \times 25 \dots \dots \dots 6,25 \text{ kN/ml}$
 Revêtement $\dots \dots \dots 0,92 \text{ ''}$
 $\Sigma = 7,17 \text{ kN/ml}$

palier courant:

Poids propre: $0,2 \times 25 = 5 \text{ kN/ml}$
 $Q_B = 4 \text{ kN/ml}$ (usage bureau) . largeur $b = 1 \text{ m}$

q (kN/ml)	Combinaison	Paillasse	palier de repos	palier courant
E.L.U	1,35G + 1,5QB	15,93	15,68	18,75
E.L.S	G + QB	11,36	11,17	9,03

La projection sur un plan horizontal donne un schéma statique suivant :



$\Sigma M/D = 0$

$R_B(2,7, 1,33) = 15,68 \cdot \frac{1,33^2}{2} + 15,93(1,33 + \frac{2,7}{2})2,7 + 12,75(1,33 + 2,7 + \frac{0,9}{2}) \cdot 0,9$
 $R_B = 44,80 \text{ kN}$

$\Sigma M/B = 0$

$R_D(1,33 + 2,7) = 15,93 \cdot \frac{2,7^2}{2} + 15,68 \times 1,33(2,7 + \frac{1,33}{2}) - 12,75 \frac{0,9^2}{2}$
 $R_D = 20,54 \text{ kN}$

Diagramme des efforts M et T

$0 \leq x \leq 0,9 \rightarrow M = -\frac{12,75 x^2}{2} \Rightarrow \begin{cases} M(0) = 0 \\ M(0,9) = -5,16 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$

$T = \frac{\partial M}{\partial x} = -12,75 x \Rightarrow \begin{cases} T(0) = 0 \\ T(0,9) = -11,47 \text{ kN} \end{cases}$

$0 \leq x \leq 2,7 \rightarrow M = -15,93 \frac{x^2}{2} - 12,75 \times 0,9(x + \frac{0,9}{2}) + 44,8 x$

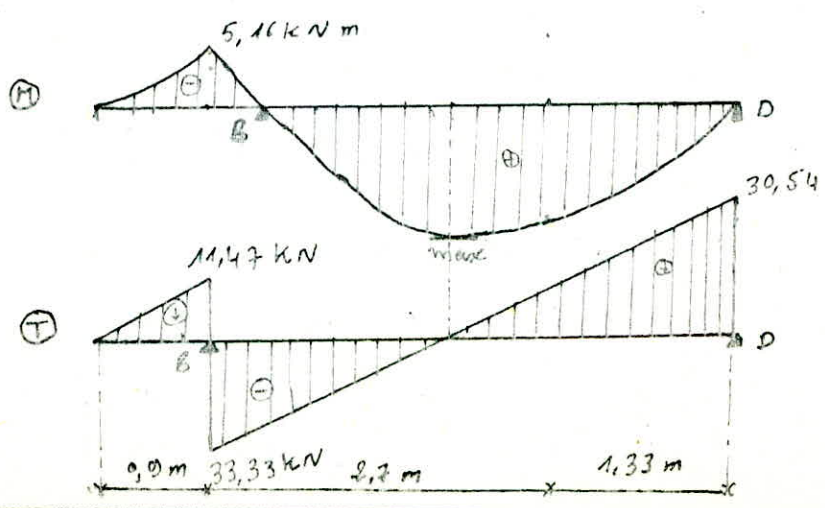
$M = -7,96 x^2 + 33,33 x - 5,16 \Rightarrow \begin{cases} M(0) = -5,16 \text{ kN}\cdot\text{m} \\ M(2,7) = 26,3 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$

$T = \frac{\partial M}{\partial x} = -15,93 x + 33,33 \Rightarrow \begin{cases} T(0) = 33,33 \text{ kN} \\ T(2,7) = -9,68 \text{ ''} \end{cases}$

Moment max entré $\frac{\partial M}{\partial x} = 0 \Rightarrow x = 2,09 \text{ m} \Rightarrow M_{\text{max}} = 29,7 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$0 \leq x \leq 1,33 \rightarrow M = -15,68 \frac{x^2}{2} + 30,54 x \Rightarrow \begin{cases} M(0) = 0 \\ M(1,33) = 26,8 \text{ kN}\cdot\text{m} \end{cases}$

$T = \frac{\partial M}{\partial x} = -15,68 x + 30,54 \Rightarrow \begin{cases} T(0) = 30,54 \text{ kN} \\ T(1,33) = 9,68 \text{ kN} \end{cases}$



D'autre part le semi encastrement aux niveaux des appuis et l'adaptation du béton donnent les résultats suivants:

$$M_E = 0,85 \times 29,7 = 25,24 \text{ kNm}$$

$$M_D = -0,3 M_{max} = -0,3 \times 29,7 = -8,91 \text{ kNm}$$

Ferraillage:

en travée $M_E = 25,24 \text{ kNm}$

$$\mu = \frac{25240}{14,2 \cdot 13^2 \cdot 100} = 0,105 < 0,186 \quad \alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,139$$

$$\mu < \mu_p \Rightarrow \text{pivot A} \quad E_p = 10\% \quad \beta = 0,944$$

$$A = \frac{M_u}{\beta \alpha \sigma_p} = \frac{25240}{0,944 \cdot 0,139 \cdot 348} = 5,89 \text{ cm}^2 \text{ soit } 6T12 = 6,78 \text{ cm}^2$$

A l'appui D $M_M = -8,91 \text{ kNm}$

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bd} \cdot d^2 \cdot b} = \frac{8910}{14,2 \cdot 13^2 \cdot 100} = 0,037 \quad \alpha = 0,047 \quad \beta = 0,981$$

$$A = \frac{8910}{0,981 \cdot 0,047 \cdot 13 \cdot 348} = 1,99 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4T10 = 3,14 \text{ cm}^2$$



A l'appui B $M_B = -8,91 - 5,16 = -14,07 \text{ cm}^2$

$$\mu = \frac{14070}{14,2 \cdot 13^2 \cdot 100} = 0,058 \quad \alpha = 0,075 \quad \beta = 0,969$$

pivot A $E_s = 10\% \rightarrow \sigma_s = 348 \text{ MPa}$

$$A = \frac{14070}{0,969 \cdot 0,075 \cdot 13 \cdot 348} = 3,20 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3T12 = 3,39 \text{ cm}^2$$

Armature de répartition $A_r \quad \frac{A}{4} \leq A_r \leq \frac{A}{2} \quad A_r \approx \frac{A}{3}$

$$A_r = \frac{6,78}{3} = 2,26 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3T10 = 2,35 \text{ cm}^2$$

Vérifications nécessaires:

condition de non fragilité: (A4-2 BAEL83)

$$\rho = \frac{A_a}{b \cdot d} \geq 0,23 \frac{f_{ctk}}{f_c} = 1,2 \cdot 10^{-3}$$

à l'appui: $\frac{3,14}{13 \cdot 100} = 2,41 \cdot 10^{-3} > 1,2 \cdot 10^{-3}$ c'est vérifiée

Effort tranchant: (A5-1 BAEL83)

$$\tau_u = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{33330}{100 \cdot 13} = 0,27 \text{ MPa}$$

τ_u : contrainte tangente

b_0 : largeur de la bande

d : hauteur utile de la section

V_u : Effort tranchant à l'ELU

$$\bar{\tau}_u = \min(0,13 f_{ctk}, 4 \text{ MPa}) \text{ fissuration}$$

$$\bar{\tau}_u = 3,25 \quad \tau_u < \bar{\tau}_u \text{ vérifiée}$$

Zone d'appuis: $A \sigma_p \geq V_u + \frac{M_u}{0,9d}$

en appui B: $A \geq \frac{1}{\sigma_p} [V_u + \frac{M_u}{0,9d}] \rightarrow A = 3,39 \geq \frac{10^3}{348} [33,33 + \frac{14,07}{0,9 \cdot 13}] < 0$

en appui D: $A \geq \frac{10^3}{348} [30,54 + \frac{8,91}{0,9 \cdot 13}] = -0,01 < 0$ vérifiée

$$\frac{V_u}{b \cdot a} \leq 0,267 f_{ctk} \text{ soit } \frac{33330}{100 \cdot 9,9 \cdot 13} = 0,28 < 0,267 \cdot 25 = 6,68 \text{ MPa}$$

vérifiée

Etat - limite de service:

De la même manière que pour l'ELU au troupe

$R_B = 31,88 \text{ kN}$, $R_A = 21,77 \text{ kN}$, $M_{max} = 19,32 \text{ kN.m}$

moment en travée $M_t = 0,85 M_{max} = 0,85 \times 19,32 = 16,42 \text{ kN.m}$
 moment à l'appui $M_a = -0,3 M_{max} = -0,3 \times 19,32 = -5,79 \text{ kN.m}$

1) Contrainte de compression de béton: (A 4.5.2 BAEL 83)

On doit vérifier la relation suivante:

$\alpha_u \leq \frac{\gamma-1}{2} + \frac{f_{ce8}}{100}$ avec $\alpha_u = \frac{x_u}{d}$: hauteur relative de l'axe neutre (x_u) à l'état - limite ultime.

$\gamma = \frac{M_u}{M_{per}} = \frac{25,24}{16,42} = 1,537$

$\alpha_u = 0,139 < \frac{1,537-1}{2} + \frac{25}{100} = 0,518$ vérifié

donc pas de vérification à faire.

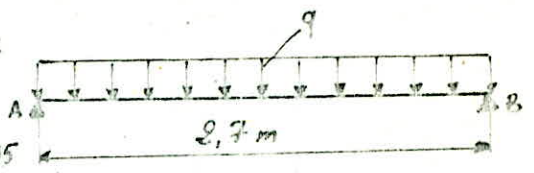
2) Etat - limite d'ouverture des fissures:

La fissuration étant considérée peu nuisible

⇒ aucune vérification n'est demandée pour les autres

Calcul de la poutre palier:

pour la poutre palier on a adopté une section rectangulaire $b \times h = 25 \times 35$



- charge venant à la poutre

- poids propre $0,25 \times 0,35 \times 25 = 2,19 \text{ kN/ml}$

- réaction $R_0 = 30,54 \text{ kN/ml}$

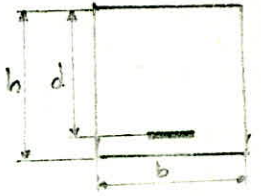
$q = 1,35 \cdot 2,19 + 30,54 = 33,49 \text{ kN/ml}$

La poutre étant isostatique $\Rightarrow M_0 = \frac{qL^2}{2} = \frac{33,49 \cdot 2,7^2}{2} = 30,52 \text{ kN.m}$
 en considérant un demi encastrement avec appui

$M_t = 0,85 M_0 = 0,85 \cdot 30,52 = 25,94 \text{ kN.m}$

$M_a = -0,3 M_0 = -0,3 \cdot 30,52 = -9,16 \text{ kN.m}$

- Effort tranchant $T = \frac{qL}{2} = \frac{33,49 \times 2,7}{2} = 45,21 \text{ kN}$



Détermination des armatures:

1) en travée: $M_u = 25,94 \text{ kN.m}$ $\mu = \frac{25940}{14,2 \cdot 25 \cdot 32^2} = 0,071 \rightarrow \alpha = 0,074$
 $\mu = 0,151 < 0,186 \rightarrow$ pivot A $\beta = 0,970$
 $E_p = 10\% \rightarrow \sigma_p = 348 \text{ MPa}$

$A = \frac{25940}{0,970 \cdot 348 \cdot 32} = 2,53 \text{ cm}^2$ doit 1T14 + 2T10 = 3,89 cm²

2) a l'appui $M_a = -9,16 \text{ kN.m}$

$\mu = \frac{9160}{14,2 \cdot 32^2 \cdot 25} = 0,025$ $\alpha = 0,032$ $\beta = 0,973$

$A = \frac{9160}{0,973 \cdot 348 \cdot 32} = 0,85 \text{ cm}^2$ doit 1T14 + 2T10 = 3,89 cm²

Vérifications:1) Condition de non fragilité:

$$\frac{A}{b_0 d} > 0,23 \frac{f_{t28}}{f_e} \rightarrow \frac{2,35}{25,32} = 2,94 \cdot 10^{-3} > 0,23 \frac{2,1}{100} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ vérifié}$$

2) Effort tranchant: (A.5.1.3 BAEL 83)

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d} \leq \bar{\tau}_u \text{ avec } \bar{\tau}_u = \min(0,13 f_{tj}, 4 \text{ MPa}) = 3,25 \text{ MPa}$$

$$\tau_u = \frac{45210}{0,25 \cdot 0,32} \cdot 10^{-6} = 0,56 < 3,25 \text{ MPa}$$

$$\frac{V_u}{b_0 a} \leq 0,267 f_{tj} \rightarrow \frac{45210 \cdot 10^{-6}}{0,25 \cdot 0,9 \cdot 0,32} = 0,63 \text{ MPa} < 0,267 \times 25 = 6,68 \text{ MPa}$$

$$A \sigma_s \geq V_u + \frac{\pi u}{0,9 d} \Rightarrow A \geq \frac{10^{-1}}{348} \left[45,21 - \frac{9,16}{0,9 \cdot 0,32} \right] = 3,85 \text{ cm}^2$$

$$A = 3,89 > 3,85 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

Armature transversale:Détermination de l'espacement A_t : on a adapté $A_t = 3\phi 6$

$$\frac{A_t f_e}{S_b b_0} \geq 0,4 \Rightarrow A_t \leq \frac{A_t f_e}{0,4 b_0} = \frac{0,24 \cdot 235}{0,4 \cdot 25} = 19,74 \Rightarrow A_t = 15 \text{ cm}$$

$$A_t \leq (0,9 d, 40) = 0,9 \cdot 32 = 28,8 \text{ cm}$$

$$A_t \leq \frac{0,8 f_e A_c}{f_{t28} (\tau_u - 0,3 f_{tj})} \text{ avec } \tau_u = 0,56 \text{ MPa}$$

$\kappa = 1$ en flexion simple

$$A_t \leq \frac{0,8 \cdot 235 \cdot A_c}{25 (\tau_u - 0,63)} = \frac{7,52 A_c}{\tau_u - 0,63} < 0$$

Etat limite de service:

$$q = G + R_0 = 2,19 + 21,77 = 23,96 \text{ kN}$$

avec R_0 : réaction sur la poutre palière à l'ELS

$$M_0 = \frac{q l^2}{8} = \frac{23,96 \times 2,7^2}{8} = 21,83 \text{ kNm}$$

$$M_t = 0,85 M_0 = 0,85 \times 21,83 = 18,56 \text{ kNm}$$

$$M_a = -0,3 M_0 = -0,3 \times 21,83 = -6,55 \text{ kNm}$$

Contrainte de compression du béton:

$$\sigma_u = \frac{\pi u}{d} \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{t28}}{100} \quad \gamma = \frac{M_u}{M_{per}} = \frac{25,94}{18,56} = 1,39$$

$$\sigma_u = 0,071 < \frac{1,39 - 1}{2} + \frac{25}{100} = 0,445 \text{ vérifié}$$

 \Rightarrow inutile de procéder à cette vérificationEtat limite de l'ouverture des fissures:

aucune vérification n'est à effectuer car la fissuration est considérée comme peu nuisible

Déformation: (B 6.5 BAEL 83)

$$\frac{h}{l} \geq \frac{M_t}{10 \pi_0} \rightarrow \frac{0,35}{2,7} = 0,129 > \frac{18,56}{10 \cdot 21,83} = 0,085 \text{ vérifié}$$

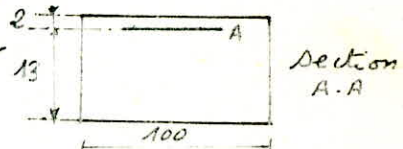
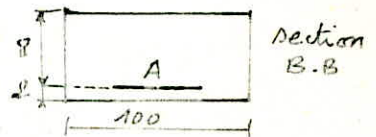
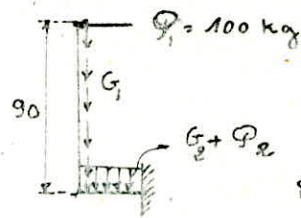
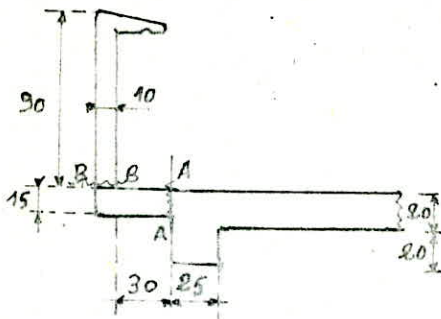
$$\frac{h}{l} \geq \frac{1}{16} \rightarrow 0,129 > 0,063 \text{ vérifiée}$$

$$\frac{A}{b_0 d} \leq \frac{4,2}{f_e} \rightarrow \frac{3,89}{25,32} = 0,005 < 0,010 \text{ vérifiée}$$

Ces trois conditions sont tous vérifiées nous dispensent de procéder à la vérification de la flèche.

CALCUL DE L'ACROTERE

L'acrotère est assimilée à une double console encastrée dans le plancher terrasse. Elle est soumise à la surcharge d'exploitation et celle due à la main courante, le calcul se fait pour une bande de 1m de largeur.



Les sections dangereuses étant à l'encastrement A et B

Section B-B

Poids propre $G_1 = 25 \times 0,9 \times 0,1 = 2,25 \text{ kN/ml}$

surcharge d'exploitation $Q_1 = 1 \text{ kN}$

les efforts pondérés sont:

$$M = 1,5 \times 1 \times 0,9 = 1,35 \text{ kN/ml}$$

$$N = 1,35 \cdot 2,25 = 3,04 \text{ kN/ml}$$

le calcul se fera en flexion composée

$$M/p = M + N \left(\frac{h}{2} - e \right) = 1,35 + 3,04 \left(\frac{10}{2} - 2 \right) \cdot 10^{-2} = 1,44 \text{ kN/ml}$$

M: moment par rapport aux armatures tendues A

$$e = \frac{M}{N} = \frac{1,35}{3,04} = 44 \text{ cm}$$

calcul en flexion simple:

$$\mu = \frac{M}{f_{tk} b d^2} = \frac{1440}{14,2 \times 100 \times 8^2} = 0,016$$

$$\alpha = \frac{1}{0,18} (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0,0199 \rightarrow \beta = 0,992$$

$$\alpha = 0,0199 < \alpha_p = 0,259 \rightarrow \text{pivot A} \quad E_s = 10\% \quad f_s = 348 \text{ MPa}$$

$$A_s = \frac{M}{f_s \beta d} = \frac{1440}{348 \cdot 0,992 \cdot 8} = 0,52 \text{ cm}^2$$

$$A = A_s - \frac{N}{f_s} = 0,52 - \frac{3,04}{100 f_s} = 0,43 \text{ cm}^2$$

mais paraît trop faible, voyons voir ce que ça donne la condition de non fragilité

$$A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{ctk}}{f_e} = \frac{e \cdot 0,455 d}{e \cdot 0,185 d} \quad \text{avec } e = 44 \text{ cm}$$

$$A_{\min} \geq 0,91 \text{ cm}^2$$

Soit 4T6 = 1,13 cm² espacés de 25cm

Section A-A

charges permanentes: $G_2 = 0,15 \times 25 + 3,75 = 7,46 \text{ kN/ml}$

charge concentrée: $0,1 \times 25 \times 0,9 = 2,25 \text{ kN/ml}$

surcharge d'exploitation $Q_2 = 1 \text{ kN/ml}$

$$M_G = 2,25 \times 0,3 + 7,46 \frac{0,3^2}{2} = 1,01 \text{ kNm}$$

$$M_Q = 1 \times 0,82 + 1 \frac{0,3^2}{2} = 0,86 \text{ kNm}$$

$$N = -1 \text{ kN (effort de traction)}$$

Etat limite ultime:

$$M_u = 1,35 \times 1,01 + 1,5 \cdot 0,86 = 2,65 \text{ kN.m}$$

$$N_u = -1,5 \text{ kN}$$

$$M/A = M_u + N \left(\frac{h}{2} - c \right) = 2,69 \text{ kNm}$$

$$\mu = \frac{M_u}{f_{bc} b d^2} = \frac{2690}{14,2 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,011 \rightarrow \alpha = 0,014 \quad \beta = 0,994$$

$$A_s = \frac{M_u}{\sigma_s \beta d} = \frac{2690}{348 \cdot 0,994 \cdot 13} = 0,59 \text{ cm}^2$$

$$A = A_s - \frac{N}{\sigma_s} = 0,55 \text{ cm}^2$$

condition de non fragilité:

$$A_{\min} \geq 0,23 \frac{f_{ct28}}{f_c} b \cdot d \Rightarrow A_{\min} \geq 0,23 \cdot 100 \cdot 13 \frac{2,1}{700} = 1,57 \text{ cm}^2$$

Soit 4T8 ($A = 2,01 \text{ cm}^2$)

Armature de répartition:

$$\frac{A}{4} \leq A_r \leq \frac{A}{2} \quad \text{Soit } A_r = 0,67. \text{ On prend 2T8 } (A = 1 \text{ cm}^2)$$

Vérifications diverses.

Effort tranchant: $\tau_u = \frac{V_u}{b d} \leq \bar{\tau}_u = \min(0,10 f_{ct28}, 3 \text{ MPa})$

Section A-A $V_u = 1,5 \times 0,3 + 1,35(2,25 + 7,46 \cdot 0,3) = 6,57 \text{ kN}$

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

$$d = 13 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \tau_u = 0,05 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2 \text{ MPa}$$

Section B-B $V_u = 1,5 \times 1 = 1,5 \text{ kN}$

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

$$d = 8 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow \tau_u = 0,018 < \bar{\tau}_u = 2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s A_s \geq V_u + \frac{M_u}{0,99d} \Rightarrow A_s \geq \frac{V_u}{\sigma_s} + \frac{M_u}{\sigma_s \cdot 0,99d} \Rightarrow \begin{cases} \text{Section A-A } A_s = 2,01 > 0,66 \text{ cm}^2 \\ \text{Section B-B } A_s = 1,13 > 0,58 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Vérification au séisme: (art 3.3.9 RPA 81)

Notre section d'encastement doit être vérifiée sous F_p appliquée à la partie supérieure de l'acrotère

$$F_p = 25 \cdot c_p \cdot W_p$$

$$25 \neq 0,6 \text{ (groupe d'usage 2, zone II)}$$

$$c_p = 0,8 \text{ (Tableau 4 RPA 81)}$$

$$W = 2,25 \text{ kN (poids de l'acrotère)}$$

$$F_p = 0,6 \times 0,8 \times 2,25 = 1,08 \text{ kN}$$

$$F_p = 1,08 < 1,5 \times 1 = 1,5 \text{ kN/m} \text{ vérifiée}$$

Etat limite de service:

Vérification de l'état-limite de compression du béton:

$$\rho = \frac{A}{b d} \leq 2\% \Rightarrow \begin{cases} \text{Section A-A } \rho = \frac{2,01}{100 \cdot 13} = 0,15\% < 2\% \\ \text{Section B-B } \rho = \frac{1,13}{100 \cdot 8} = 0,14\% < 2\% \end{cases}$$

Inutile de vérifier

Déformation: (B.6.5 BAEL 83)

Inutile de la vérifier si les conditions suivantes sont remplies

section horizontale (console)

$$\frac{h}{e} \geq \frac{M_t}{100 r_0} \quad \text{soit } \frac{15}{30} = 0,5 > 0,27 \text{ observée}$$

$$\frac{h}{e} \geq \frac{1}{10} = 0,0625 \text{ observée}$$

$$\frac{A}{b o d} \leq \frac{4,2}{f_c} \Rightarrow \frac{2,01}{100 \cdot 13} = 1,5 \cdot 10^{-3} < \frac{4,2}{400} = 10,5 \cdot 10^{-3} \text{ observée}$$

calcul des rigidités

Principe de la méthode:

La méthode de RUTO permet en plus du calcul de rigidité, le calcul des contraintes dans les différents éléments d'une structure composée de portique et sollicitée par des forces horizontales.

En premier lieu l'effort tranchant d'étage est distribuée aux différents portiques proportionnellement à leur rigidité de niveau, puis l'effort tranchant de niveau du portique sera distribuée à son tour aux différents poteaux composant le portique proportionnellement à leur rigidité corrigée, et en fin à partir de ces efforts sollicitant les poteaux, on déduit les contraintes dans les poteaux et dans les poutres.

Condition d'application:

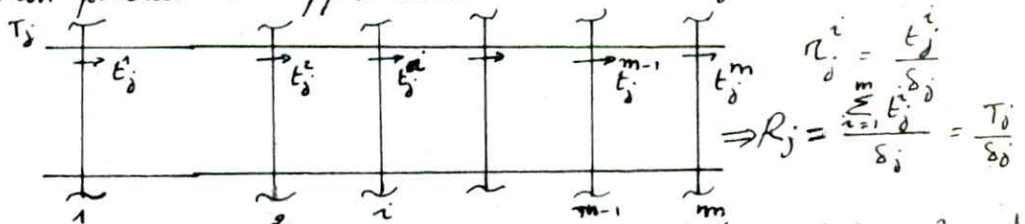
- Cette méthode est applicable pour les bâtiments à étage rigide dans leur plan, ayant une ossature composée de portiques auto-stables recevant la totalité des charges verticales et horizontales.
- Les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers.
- Le diagramme de répartition des charges en élévation est soit rectangulaire (vent) ou triangulaire (pluie)
- Il faut que la raideur ($\frac{I}{l}$) des poutres ne soit pas trop faible devant celle des poteaux ($\frac{I}{h}$) on doit avoir $k \geq 0,2$ pour tous les nœuds de l'ossature.
- Les raideurs ($\frac{I}{l}$) des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop différentes (rapport compris entre 0,5 et 2).
- La raideur ($\frac{I}{h}$) d'un poteau ne doit trop varier entre deux étages adjacents (entre 0,5 et 2)
- Les poteaux tel que ($k < 0,2$) doivent être considérés comme ne faisant pas partie de l'ossature résistante aux charges horizontales.

Rigidité relative de niveau :

On appelle rigidité de niveau, celle qui produit pour l'effort tranchant T_j un déplacement relatif de niveau égal à l'unité

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

Rigidité d'un poteau "i" appartenant au niveau "j"



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

Rigidité de niveau : un portique à plusieurs niveaux soumis à des forces horizontales à un déplacement qui se compose en $\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B + \delta_j^C$ $\delta_j^C = 0$ le nombre de niveaux est

notre cas $\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B = \delta_j^A \left(1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A} \right) = \beta_j \delta_j^A$ $\beta_j = 1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A}$

$$\Rightarrow R_j = \frac{T_j}{\delta_j} = \frac{1}{\beta_j} \frac{T_j}{\delta_j^A} = a_j \frac{T_j}{\delta_j^A} \quad a_j = \frac{1}{\beta_j} : \text{coefficient de correction}$$

Rigidité corrigée d'un poteau "i" de niveau "j" $R_j^i = a_j R_j^{\infty} = \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_j^i$
avec R_j^{∞} : rigidité de poteau avec poutres infiniment rigides

Rigidité relative corrigée de niveau d'un portique
 $R_j = \sum_{i=1}^m R_j^i = \frac{12E}{h_j^2} a_j^i k_j^i = \frac{12E}{h_j^2} \sum_{i=1}^m a_j^i k_j^i$ $h_j = \text{cte}$

- Rigidités des poteaux et des poutres "k_{poteau}", "k_{poutre}"
- Coefficients relatifs aux portiques transversaux et longitudinaux: "k"
- Coefficients correcteurs: "a"

	étage courant ou niveau courant		Premier niveau	
	poteau de rive	poteau inter	poteau de rive	poteau inter
\bar{k}	$\frac{k_1 + k_2}{2k_p}$	$\frac{k_1 + k_2 + k_3 + k_4}{2k_p}$	$\frac{k_1}{k_p}$	$\frac{k_1 + k_2}{k_p}$
a	$\frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$	$\frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$	$\frac{0,5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$	$\frac{0,5 + \bar{k}}{2 + \bar{k}}$

Portiques transversaux

$$I_p = \frac{0,3 \times 0,3^3}{12} = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

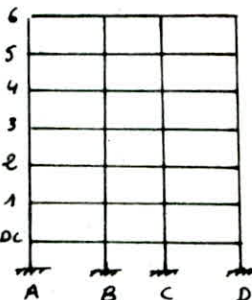
$$I_{poutre} = \frac{0,25 \times 0,5^3}{12} = 26,04 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$k_1 = \frac{26,04 \cdot 10^{-4}}{4,25} = 6,12 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 \text{ RDC}$$

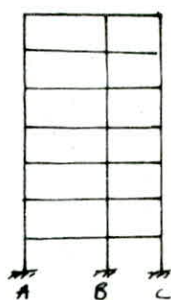
$$k_2 = \frac{26,04 \cdot 10^{-4}}{2,05} = 12,68 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$k_p = \frac{6,75 \cdot 10^{-4}}{2,95} = 2,29 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

portiques 1, 2, ..., 8



portique 9



longueurs des poutres et poteaux
 1) poutres: $l_c = \min \left\{ l + \frac{l}{4} h_{pa}, l_c = 4,25 \text{ m} \text{ et } 2,05 \right\}$
 2) poteaux: $l_c = \min \left\{ h + \frac{l}{4} h_{pot}, h_c = 2,95 \text{ m} \right\}$

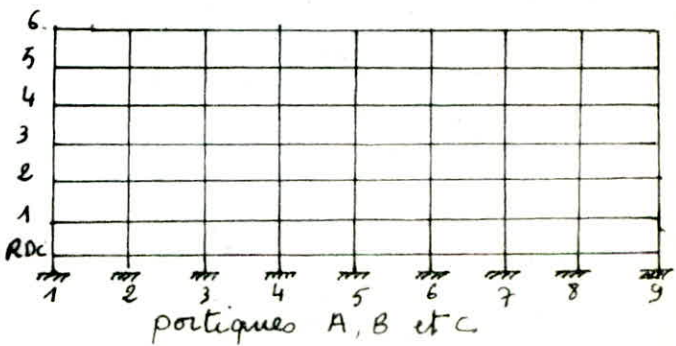
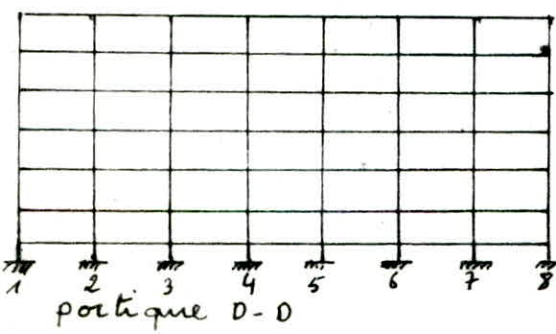
	Portiques 1, 2, ..., 8				portique 9					
	A, D		B, C		A		B		C	
Type de poteau										
$I_p (\text{m}^4)$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,76 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$	$6,75 \cdot 10^{-4}$
$k_p (\text{m}^3)$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$	$2,29 \cdot 10^{-4}$
\bar{k}	2,675	2,675	3,295	3,295	2,675	2,675	3,295	3,295	5,442	5,442
a_j	0,679	0,572	0,854	0,806	0,679	0,572	0,854	0,806	0,798	0,731
$a_j k_p \cdot 10^4$	1,553	1,308	1,954	1,844	1,553	1,308	1,954	1,844	1,826	1,672
$r (t/m)$	752	633	945	892	752	633	945	892	884	809

Rigidité relative de chaque niveau :

Pour un même portique elle est donnée par $R_j^i = \sum R_j^i$

Rigidité niveau	R_{jy}^1	R_{jy}^2	R_{jy}^3	R_{jy}^4	R_{jy}^5	R_{jy}^6	R_{jy}^7	R_{jy}^8	R_{jy}^9	$\sum R_{jy}^i$
6,5,4,3,2	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	2334
1	3394	3394	3394	3394	3394	3394	3394	3394	3394	2581
										26733

Portiques longitudinaux:



$$I_{poutre} = \frac{0,25 \times 0,40^3}{12} = 13,33 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$k_i = \frac{13,33 \cdot 10^{-4}}{2,90} = 4,597 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$I_p = 6,75 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

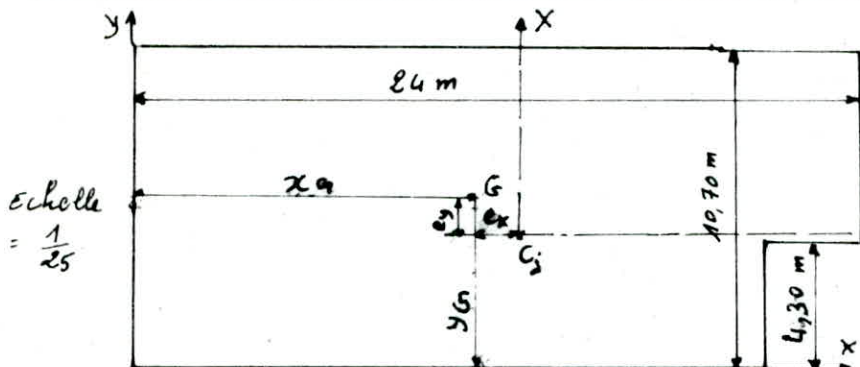
$$k_p = \frac{6,75 \cdot 10^{-4}}{3,05} = 2,213 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

portiques A, B et C				portique D				
file	1 et 9		2, 3, ..., 8		1 et 8		2, 3, ..., 7	
Type de poteau								
$I_p (\text{m}^4) \cdot 10^4$	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75	6,75
$k_p (\text{m}^3) \cdot 10^3$	2,213	2,213	2,213	2,213	2,213	2,213	2,213	2,213
h	2,077	2,077	4,154	4,154	2,077	2,077	4,154	4,154
a_j	0,632	0,509	0,756	0,675	0,632	0,509	0,756	0,675
$k_{paj} \cdot 10^4$	4,266	3,435	5,103	4,556	4,266	3,435	5,103	4,556
$\Sigma (k \cdot l)$	633	510	757	676	633	510	757	676

Rigidité relative de chaque niveau: $R_{2x}^A = 2 \times 510 + 7 \times 676 = 5752 \text{ tm}$

niveau \ Rigi	R_{jx}^A	R_{jx}^B	R_{jx}^C	R_{jx}^D	ΣR_{jx}
2, 3, 4, 5 et 6	5752	5752	5752	5076	22330
1	6565	6565	6565	5808	25500

Détermination du centre de masse et du centre de torsion à l'étage "j"



centre de masse

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

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

centre de torsion: $x_C = \frac{\sum_{i=1}^k R_{jy}^i x_i}{\sum_{i=1}^k R_{jy}^i}$ $y_C = \frac{\sum_{i=1}^m R_{jx}^i y_i}{\sum_{i=1}^m R_{jx}^i}$

$$x_C = \frac{2334 \times 24 + 3050(3+6+9+12+15+18+21)}{26734} = 11,68 \text{ m} \quad y_C = \frac{5076 \times 0 + (4,3+6,4+10,7) \times 5752}{22300} = 5,52 \text{ cm}$$

niveau	x_G (m)	y_G (m)	x_C (m)	y_C (m)	e_x (m)	e_y (m)
6	11,62	5,54	11,68	5,52	0,06	0,02
5, 4, 3, 2	11,54	5,66	11,68	5,52	0,14	0,14
1	11,54	5,66	11,67	5,51	0,13	0,15

Toutefois le RPA 81 exige une excentricité entre le centre de masse et le centre de torsion dans chaque niveau et dans tous les sens égale à:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} 0,05 \cdot \max(e_x, e_y) \\ \text{excentricité théorique} \end{array} \right. \quad e_x = 0,05 \times 24,3 = 1,22 \text{ m}$$

donc on prend $e_x = e_y = 1,22 \text{ m}$

Détermination de la rigidité à la torsion à l'étage "j"

$$R_{j0} = \sum_{i=1}^k R_{jy}^i (x_j^i)^2 + \sum_{l=1}^m R_{jx}^l (y_j^l)^2$$

R_{j0} = rigidité à la torsion de l'étage "j"

x_j^i : distance d'un portique transversal à l'axe cy

y_j^l : distance d'un portique longitudinal à l'axe cx

niveau	portique	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	8-8	9-9
	x_j	-11,68	-8,68	-5,68	-2,68	0,32	3,32	6,32	9,32	12,32
6,5,4,3,2	R_{jy}^t	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	3050	2334
1	R_{jy}^t	3394	3394	3394	3394	3394	3394	3394	3394	2581

$$\sum_{t=1}^9 R_j^t (x_j^t)^2 = 1,54 \cdot 10^6 \text{ t m} \quad j = 2, 3, \dots, 6$$

$$\sum_{t=1}^9 R_1^t (x_1^t)^2 = 1,70 \cdot 10^6 \text{ t m}$$

niveau	portique	A-A	B-B	C-C	D-D
	y_j	5,52	1,22	-0,88	-5,18
6,5,4,3,2	R_{jx}^t	5752	5752	5752	5076
1	R_{jx}^t	6565	6565	6565	5808

$$\sum_{t=A,B,C,D} R_{j0}^t (y_j^t)^2 = 0,32 \cdot 10^6 \text{ t m}$$

$$\sum_{t=A,B,C,D} R_{10}^t (y_1^t)^2 = 0,36 \cdot 10^6 \text{ t m}$$

Niveau 6, ..., 2 : $R_{j0} = 1,86 \cdot 10^6 \text{ t m}$

Niveau 1 : $R_{10} = 2,06 \cdot 10^6 \text{ t m}$

ETUDE DU SEÏSME

etude au seisme

Notre batiment se situe dans une region de moyenne sismicite' (zone II), en plus il satisfait a tous les conditions esigees pour l'application de la methode statique equivalente (art 3.2.1 RPA 81)

Calcul de la force sismique minimum (art 3.3.1 RPA 81)

$$V = A.B.D.Q.W$$

Cette force agit non simultanement suivant les deux axes principaux du batiment. Dans notre cas nous avons les valeurs suivantes

- A : coefficient d'acceleration de zone art (3.3.11) groupe d'usage 2, zone III (A = 0,15)
- B : facteur de comportement de la structure: (B = 1/4) structure autostable
- D : facteur d'amplification dynamique : sa valeur sera determinee d'apres le type de sol en fonction de la periode T du batiment

Determination de la periode: (art 3.3.1.2.2 RPA 81)

La valeur de T determinee par la formule suivante:

$$T = \frac{0,09 H}{\sqrt{L}}$$

H : hauteur totale du batiment
L : dimension du batiment dans le sens considere

$$T_L = \frac{0,09 \cdot 20,8}{\sqrt{24,3}} = 0,38 s$$

$$T_T = \frac{0,09 \cdot 20,8}{\sqrt{11}} = 0,56 s$$

$T_L = 0,38$ sol meuble $\rightarrow D = 2$
 $T_T = 0,56$ sol meuble $\rightarrow D = 1,9$

Q : facteur de qualite' (art 3.3.1.4) est donnee par la formule suivante : $Q = 1 + \sum P_q$ P_q : penalite' qui depend de l'observation ou non du "i" critere

q	critere	Pq	
		L	T
1	conditions minimales des files portuses	0,1	0
2	surbondance en plan	0	0,1
3	symetrie en plan	0	0
4	regularite' en elevation	0	0
5	control de la qualite' des materiaux	0	0
6	control de la qualite' de la construction	0	0

sens longitudinal $Q_L = 1 + 0,1 = 1,1$
 sens transversal $Q_T = 1 + 0,1 = 1,1$

Calcul de W (art 3.3.1.5 RPA 81)

on a pris le 1/5 de la charge d'exploitation
W : Poids de la structure, la valeur de W comprend la totalite' de la charge permanente (poids propre de la structure, poids des remplissages et des revetements, poids des equipements fixe ... etc)

- Niveau 6 :
- Dalle 252 x 0,650 = 164 t
 - Poutres portuses 9,25 x 0,5 x 95 x 0,25 = 29,7 t
 - Poutres non portuses 0,25 x 0,4 x 82,5 x 0,25 = 20,6 t
 - poteaux 0,30 x 0,30 x 35 x 2,8 x 0,25 = 11 t
 - Murs extérieurs = 8,6 t
 - Acrotère = 17,5 t
 - surcharge d'exploitation = 5,0 t
- $\Sigma = 256,5 t$

Niveau courant :

- Dalle 252 x 0,503 = 126,7t
- Poutres portuses 0,25 x 0,50 x 95 x 0,25 = 29,7t
- Poutres non portuses 0,25 x 0,40 x 80,5 x 0,25 = 20,6t
- Poteaux 0,30 x 0,30 x 35 x 2,8 = 22t
- Murs extérieurs (avec couverture) = 28,2t
- escalier = 8,7t
- surcharge d'exploitation = 12,6t

$\Sigma = 248,6t$

$W = 256,5 + 5 \times 248,6 = 1500t$
 $W = 15000 kN$

$V_L = A_L \cdot B_L \cdot D_L \cdot Q_L \cdot W_L = 0,15 \times 0,25 \times 2 \times 1,1 \times 15000 = 1237,5 kN$
 $V_T = A_T \cdot B_T \cdot D_T \cdot Q_T \cdot W_T = 0,15 \times 0,25 \times 1,9 \times 1,1 \times 15000 = 1175,6 kN$

Cette face latérale totale doit être distribuée sur la hauteur du bâtiment selon le RPA 81 (art 3.3.3)
 La force concentrée F_E doit être déterminée par la formule suivante

$F_E = 0,07 T V$
 $F_E < 0,25 V$ $F_E = 0$ quand $T \leq 0,7$

$F_k = \frac{(V - F_E) W_k h_k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$ $T < 0,7$ dans les deux sens $\rightarrow F_E = 0$
 $F_k = \frac{V W_k h_k}{\sum_{i=1}^n W_i h_i}$

F_k : étant l'effort horizontal au niveau k
 h_k : hauteur entre planchers successifs

Déplacement horizontal (art 3.3.7 RPA 81)

Le calcul de ce déplacement est dans le but d'éviter les désordres dans les éléments de remplissage.

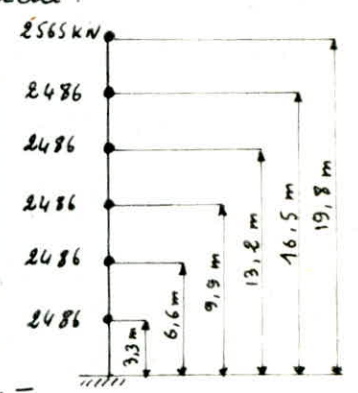
Le déplacement relatif corrigé par étage selon le RPA 81 doit être au plus égale à $0,0075 h_e$ (h_e hauteur d'étage)

$\frac{1}{2B} \Delta_j \leq \bar{\Delta}_j$, $\frac{1}{2B} \Delta_j = \frac{1}{2B} \frac{V_j}{R_j}$ (déplacement relatif de niveau)

$\bar{\Delta}_j = 0,0075 h_e$ (déplacement admissible)

Comme la force sismique est presque la même dans les deux sens et plus la rigidité est plus faible, dans le sens longitudinal, donc on vérifie le déplacement dans le sens longitudinal uniquement.

Niv	$W_k (kN)$	$h_k (m)$	$W_i h_i$	F_k^T	F_k^{cum}	F_k^L	F_k^{cum}	$R_j \times$	$\frac{1}{2B} \Delta_j$	$\bar{\Delta}_j$
6	2565	19,8	50787	343,40	343,40	361,50	361,50	223320	0,32	2,25
5	2486	16,5	41099	277,40	620,80	291,90	653,40	223320	0,58	2,25
4	2486	13,2	32815	224,90	842,70	233,59	886,99	223320	0,79	2,25
3	2486	9,9	24611	166,43	1009,10	175,20	1062,2	223320	0,95	2,25
2	2486	6,6	16407	110,90	1120	116,80	1178,2	223320	1,05	2,25
1	2486	3,3	8204	55,50	1175,50	58,40	1236,6	255030	0,97	2,25



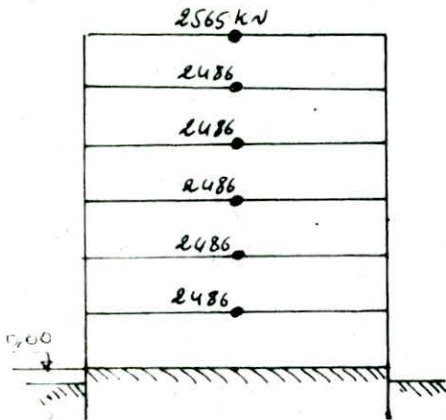
On voit que dans tous les niveaux $\frac{1}{2B} \Delta_j < \bar{\Delta}_j$

Vérification au renversement (art 3.3.6 RPA 81)

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

$$M_{renv} = VZ + \sum_1^6 F_k h_k, \quad M_{stab} = W \frac{a_{oub}}{2}, \quad \frac{M_{stab}}{M_{renv}} > 1,5$$

Niveau	6	5	4	3	2	1	Σ
F_k^L	58,40	116,80	175,20	233,59	291,90	361,50	1237,39
F_k^T	55,50	110,90	166,43	221,90	277,40	343,40	1175,53
h_k	3,30	6,60	9,90	13,20	16,50	19,80	
$F_k^L h_k$	199,72	770,88	1734,48	3083,38	4816,35	7157,70	17755,51
$F_k^T h_k$	183,15	731,94	1647,65	2929,08	4577,10	6799,32	16868,25



$$M_{renv}^L = 20230,29 \text{ kNm}$$

$$M_{renv}^T = 19219,31 \text{ kNm}$$

$$M_{sta}^L = 15000 \frac{24,3}{2} = 182250 \text{ kNm}$$

$$M_{sta}^T = 15000 \frac{11}{2} = 82500 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{sta}^L}{M_{renv}^L} = 9 > 1,5$$

$$\frac{M_{sta}^T}{M_{renv}^T} = 4,3 > 1,5$$

etude au vent

Le vent est assimilé à des forces statiquement appliquées à la construction.

Pression dynamique et coefficient de pression:

L'action élémentaire unitaire P du vent sur une face est donnée par l'expression $P = c q$ c : coefficient de pression en fonction des dispositions de la construction.

q : pression dynamique fonction de la vitesse du vent

$$q = q_H \cdot k_s \cdot k_m \cdot \delta$$

q_H : Pression dynamique agissant à la hauteur H au dessus du sol

$$q_H = 2,5 \frac{H+18}{H+60} \cdot q_{10}$$

k_s : coefficient de site

k_m : " " de masque

δ : " " de dimension

avec H : hauteur de la construction à partir du sol

q_{10} : pression de base qui s'exerce à une hauteur de 10m au dessus du sol pour un site normal sans effet de masque sur un élément dont la plus grande dimension est égale à 50 cm

$$q_{10} = 70 \text{ kg/m}^2$$

$$H = 20,8 \text{ m} \rightarrow q_H = 2,5 \frac{20,8+18}{20,8+60} \cdot 70 = 84 \text{ kg/m}^2$$

Effet de site: $k_s = 1$ (site normal)

Effet de dimension: On tient compte de la plus grande dimension (horizontale ou verticale) affectée au vent

$\delta_L = 0,725$ vent dans le sens longitudinal

$\delta_T = 0,79$ vent dans le sens transversal

Actions dynamiques exercées par le vent:

Le vent correspond à un phénomène vibratoire mettant en mouvement la structure caractérisée par sa période propre fondamentale. L'introduction de coefficient de majoration dynamique β augmentant avec cette période propre permet de substituer à tous ces phénomènes les forces statiques qui sont censées produire les mêmes conséquences.

$$\beta = \theta (1 + \xi \tau)$$

β : coefficient de majoration dynamique

θ : coefficient global dépendant du type de construction

$$\theta = 1 \quad (H < 30 \text{ m})$$

τ : coefficient de pulsation, déterminé à chaque niveau considéré en fonction de sa cote H au dessus du sol par une échelle fonctionnelle.

On prend $\tau = 0,343$ (art 1.5 N.V 65/67)

ξ : coefficient de réponse en fonction de la période T du mode fondamental d'oscillation

$$\xi: 0,38 \quad (\text{fig R III.3 art 1.5 N.V 65/67})$$

Les périodes sont calculées par des formules forfaitaires

$$T_L = 0,09 \frac{H}{\sqrt{e_L}}$$

$$H = 20,8 \text{ m}$$

$$T_L = 0,38 \rho$$

$$T_T = 0,09 \frac{H}{\sqrt{e_T}}$$

$$e_L = 24,3 \text{ m}$$

$$T_T = 0,56 \rho$$

$$e_T = 11 \text{ m}$$

$$T_L = 0,38 \rho \rightarrow \xi_L = 0,25 \rightarrow \beta_L = 1,09$$

$$T_T = 0,56 \rho \rightarrow \xi_T = 0,34 \rightarrow \beta_T = 1,17$$

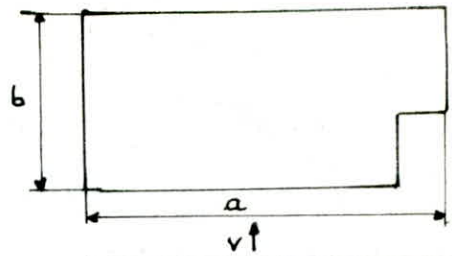
Calcul du coefficient de pression:
Le rapport des dimensions (ρ)

$$\rho_a = \frac{h}{a}, \quad \rho_b = \frac{h}{b}$$

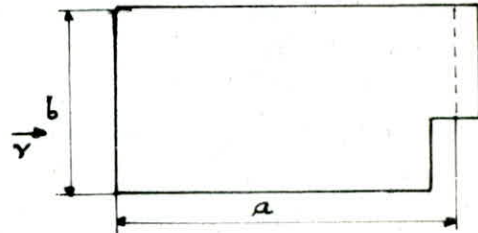
$$\begin{array}{l} h = 20,8 \text{ m} \\ a = 24,3 \text{ m} \\ b = 11,6 \text{ m} \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} \rho_a = 0,85 \\ \rho_b = 1,79 \end{array}$$

$$0,5 < 0,85 < 2,5 \rightarrow \gamma_a = 1$$

$$0,5 < 1,79 < 2,5 \rightarrow \gamma_b = 1$$



$$\frac{b}{a} = 0,48$$



$$\frac{b}{a} = 0,51$$

Actions extérieures:

face au vent $c_e = 0,8$ ($\forall \gamma_a$)

face sous vent $c_e = -(1,3\gamma_b - 0,8) = -0,5$

pression + succion $0,8 - (-0,5) = 1,3$

Effet de masque : La construction est non masquée $k_m = 1$

Charges dues au vent:

$$P_L = k_s \cdot k_m \cdot s_L \cdot q_H \cdot c \cdot \beta_L = 1 \cdot 1 \cdot 0,785 \cdot 84 \cdot 1,3 \cdot 1,09 = 93,44 \text{ kg/m}^2$$

$$P_T = k_s \cdot k_m \cdot s_T \cdot q_H \cdot c \cdot \beta_T = 1 \cdot 1 \cdot 0,79 \cdot 84 \cdot 1,3 \cdot 1,17 = 100,93 \text{ kg/m}^2$$

soit $P_L = 93,44 \text{ kg/m}^2$

$$P_T = 100,93 \text{ kg/m}^2$$

$$P_L = 1083,9 \text{ kg/ml}$$

$$P_T = 2452,6 \text{ kg/ml}$$

Remarque : La valeur caractéristique du vent est prise égale à celle du vent normal des Regles NV 65/67 majorée de 20% (annexe D. 11. BAEL 80)

$$\text{donc } P_L = 1,2 \times 1083,9 = 1301 \text{ kg/ml}$$

$$P_T = 1,2 \times 2452,6 = 2943 \text{ kg/ml}$$

On considère que les charges dues au vent ne sont pas réparties mais concentrées au niveau de chaque plancher.

Détermination des forces F aux différents niveaux:

Niveau	F_L	$F_L \text{ cum}$	F_T	$F_T \text{ cum}$
6	31,22	31,22	70,63	70,63
5	42,93	74,15	97,12	167,75
4	42,93	117,08	97,12	264,87
3	42,93	160,01	97,12	362,00
2	42,93	202,94	97,12	459,11
1	42,93	245,87	97,12	556,23

*EFFORTS DANS
LES PORTIQUES*

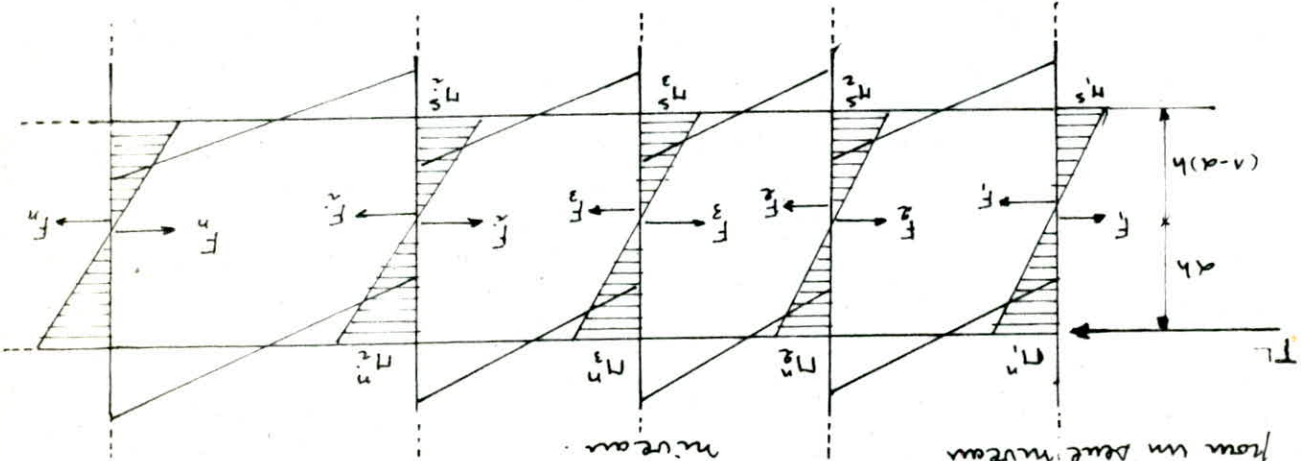
charges horizontales

exposé de la méthode de Bowman :

Hypothèses de calcul :

- Dans le cas où les poteaux d'un même étage ont la même hauteur et où les raidisseurs des poteaux sont parallèles aux forces appliquées et perpendiculaires aux raidisseurs du poteau le plus rigide on admet que :
- Les forces horizontales agissant sur une file de poteaux se répartissent proportionnellement aux moments d'inertie des poteaux
- Pour les poteaux de axe qui sont affectés d'un coefficient α
- Les poteaux de étages adjacents sont encastres au niveau de chacun des planchers et que les points de leurs inflexion se situent à

- 0,65 h pour le dernier niveau
- 0,60 h pour le avant dernier niveau
- 0,55 h pour le niveau directement en dessous
- 0,50 h pour tous les autres niveaux
- 0,60 h à partir de la base du poteau au premier niveau



avec $F_i = \frac{T_i I_i}{\sum T_i I_i + \dots + T_n I_n}$

Moments fléchissants dans les poteaux :

$M_1^s = F_1 (a h)$ moment en tête du poteau

$M_1^b = F_1 (v-a) h$ moment à la base du poteau

Moments dans les poteaux :

Au droit d'un nœud (i) correspondant à un niveau (j) il est possible de calculer les moments en têtes appartenant à ce nœud en fonction des moments du poteau adjacent et inflexion correspondant à ce nœud

de moment à gauche du nœud $M_w = (M_s + M_n) \frac{k_w + k_e}{k_w}$

de moment à droite du nœud $M_e = (M_s + M_n) \frac{k_e}{k_w + k_e}$

Efforts tranchants dans les poteaux :

Les moments fléchissants de signes opposés, dus aux forces horizontales agissant sur les extrémités d'une poutre (M_w et M_e) produisent un effort tranchant constant, on prend une valeur indépendante, d'expression du moment fléchissant

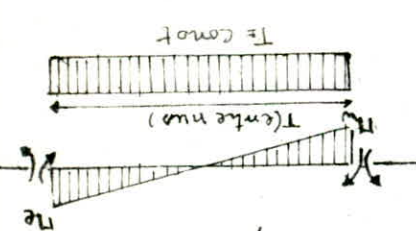
est $M(x) = ax + b$ avec $M(0) = b = M_w$

$M(l) = at + b = M_e$

$\Rightarrow at - \frac{e}{M_e + M_w} = a + b = M_e$

$\Rightarrow T(x) = a x - \frac{e}{M_e + M_w}$

(comme $T(x) = \frac{dM(x)}{dx}$)



Efforts tranchants revenant à chaque poteau transversal sous le seisme et le vent

Niv	Rj0	ΣRjy	Ex(m)	FTL	Pout	Seisme				Vent			
						Rjy	X(m)	Vjya	Vjye	Vjy+Vje	Fk	Vjy1	Vjy2
1,86 10 ⁶	26734	1,22	343,40	1	3050	-11,68	39,17	-7,97	39,17	70,63	8,07	-1,64	8,07
				2	3050	-8,68	39,17	-5,90	39,17	70,63	8,07	-1,61	8,07
				3	3050	-5,68	39,17	-3,85	39,17	70,63	8,07	-0,79	8,07
				4	3050	-2,68	39,17	-1,78	39,17	70,63	8,07	-0,36	8,07
				5	3050	0,32	39,17	0,27	39,44	70,63	8,07	0,04	8,11
				6	3050	3,32	39,17	2,33	41,50	70,63	8,07	0,46	8,53
				7	3050	6,32	39,17	4,39	43,56	70,63	8,07	0,89	8,96
				8	3050	9,32	39,17	6,46	45,63	70,63	8,07	1,31	9,38
				9	2334	12,32	29,97	8,56	38,53	70,63	6,16	1,34	7,50
1,86 10 ⁶	26734	1,22	620,80	1	3050	-11,68	70,82	-14,14	70,82	167,75	19,14	-3,89	19,14
				2	3050	-8,68	70,82	-12,18	70,82	167,75	19,14	-3,42	19,14
				3	3050	-5,68	70,82	-6,95	70,82	167,75	19,14	-1,88	19,14
				4	3050	-2,68	70,82	-3,22	70,82	167,75	19,14	-0,87	19,14
				5	3050	0,32	70,82	0,49	71,31	167,75	19,14	0,13	19,27
				6	3050	3,32	70,82	4,22	75,04	167,75	19,14	1,14	20,28
				7	3050	6,32	70,82	7,95	78,77	167,75	19,14	2,14	21,28
				8	3050	9,32	70,82	11,67	82,49	167,75	19,14	3,15	22,29
				9	2334	12,32	54,19	11,72	65,97	167,75	14,64	3,19	17,83
1,86 10 ⁶	26734	1,22	842,70	1	3050	-11,68	96,14	-19,55	96,14	267,87	30,22	-6,44	30,22
				2	3050	-8,68	96,14	-14,49	96,14	267,87	30,22	-4,55	30,22
				3	3050	-5,68	96,14	-9,44	96,14	267,87	30,22	-2,96	30,22
				4	3050	-2,68	96,14	-4,38	96,14	267,87	30,22	-1,37	30,22
				5	3050	0,32	96,14	0,67	96,81	267,87	30,22	0,21	30,43
				6	3050	3,32	96,14	5,73	101,87	267,87	30,22	1,8	32,02
				7	3050	6,32	96,14	10,78	106,92	267,87	30,22	3,39	33,61
				8	3050	9,32	96,14	15,84	111,98	267,87	30,22	4,98	35,20
				9	2334	12,32	73,56	15,99	89,55	267,87	23,12	5,43	28,55
1,86 10 ⁶	26734	1,22	1009,10	1	3050	-11,68	115,12	-23,42	115,12	362,00	41,29	-8,40	41,29
				2	3050	-8,68	115,12	-17,36	115,12	362,00	41,29	-6,22	41,29
				3	3050	-5,68	115,12	-11,30	115,12	362,00	41,29	-4,05	41,29
				4	3050	-2,68	115,12	-5,25	115,12	362,00	41,29	-1,88	41,29
				5	3050	0,32	115,12	0,81	115,93	362,00	41,29	0,29	41,58
				6	3050	3,32	115,12	6,86	121,98	362,00	41,29	2,47	43,76
				7	3050	6,32	115,12	12,91	128,03	362,00	41,29	4,68	45,97
				8	3050	9,32	115,12	18,97	134,39	362,00	41,29	6,82	48,11
				9	2334	12,32	88,10	19,15	107,25	362,00	31,60	6,88	38,48
1,86 10 ⁶	26734	1,22	1120	1	3050	-11,68	127,74	-25,99	127,74	459,11	52,36	-10,47	52,36
				2	3050	-8,68	127,74	-19,26	127,74	459,11	52,36	-7,57	52,36
				3	3050	-5,68	127,74	-12,54	127,74	459,11	52,36	-5,05	52,36
				4	3050	-2,68	127,74	-5,82	127,74	459,11	52,36	-2,34	52,36
				5	3050	0,32	127,74	0,89	128,63	459,11	52,36	0,38	52,74
				6	3050	3,32	127,74	7,62	135,36	459,11	52,36	3,14	55,50
				7	3050	6,32	127,74	14,74	142,08	459,11	52,36	5,9	58,26
				8	3050	9,32	127,74	21,06	148,8	459,11	52,36	8,66	61,02
				9	2334	12,32	97,78	21,26	119,04	459,11	40,08	8,72	48,80
2,06 10 ⁶	29733	1,22	1175,50	1	3394	-11,68	134,17	-30,35	134,17	556,23	63,47	-14,36	63,47
				2	3394	-8,68	134,17	-22,05	134,17	556,23	63,47	-10,43	63,47
				3	3394	-5,68	134,17	-14,67	134,17	556,23	63,47	-6,94	63,47
				4	3394	-2,68	134,17	-6,80	134,17	556,23	63,47	-3,22	63,47
				5	3394	0,32	134,17	1,04	135,21	556,23	63,47	0,45	63,92
				6	3394	3,32	134,17	8,89	143,06	556,23	63,47	3,8	67,27
				7	3394	6,32	134,17	16,75	150,92	556,23	63,47	7,15	70,62
				8	3394	9,32	134,17	24,59	158,76	556,23	63,47	10,51	73,98
				9	2581	12,32	102,03	24,66	126,69	556,23	48,29	11,53	58,61

$$V_{jy} = F^T \frac{R_{jy}}{ER_{jy}}$$

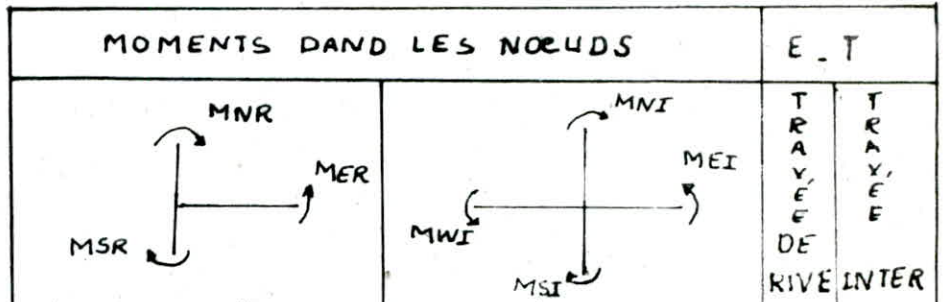
$$V_{jye} = F^L \frac{R_{jy} \cdot X}{R_{j0}}$$

Efforts tranchants revenant à chaque poteau longitudinal sous le seisme et le vent

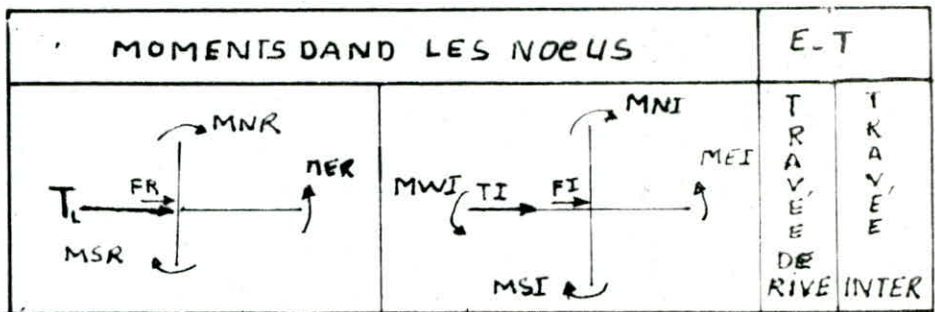
$$V_{jx_1} = F^L \frac{R_{jx}}{\sum R_{jx}} \quad (\text{Translation})$$

$$V_{jx_2} = F^L e_y \frac{R_{jx} \cdot y}{R_{j\theta}} \quad (\text{torsion})$$

Niveau	R _{jθ}	Σ R _{jx}	e _y (m)	F _{k cum}	Poteau	Seisme					vent			
						R _{jx}	y ^(m)	V _{jx1}	V _{jx2}	V _{jx1} +V _{jx2}	F _{k cum}	V _{jx1}	V _{jx2}	V _{jx1} +V _{jx2}
1,86 . 10 ⁶	22332	1,22	367,50	A	5752	5,18	93,11	6,95	100,06	31,22	8,04	0,61	8,65	
				B	5752	0,88	93,11	1,18	94,29	31,22	8,04	0,10	8,14	
				C	5752	-1,22	93,11	-1,63	93,11	31,22	8,04	-0,14	8,04	
				D	5076	-5,52	87,17	-6,53	87,17	31,22	7,09	-0,56	7,09	
1,86 . 10 ⁶	22332	1,22	653,40	A	5752	5,18	168,30	12,77	181,07	74,15	19,09	1,46	20,55	
				B	5752	0,88	168,30	2,17	170,47	74,15	19,09	0,25	19,34	
				C	5752	-1,22	168,30	-1,07	168,30	74,15	19,09	-0,12	19,09	
				D	5076	-5,52	148,50	-12,00	148,50	74,15	16,85	-1,36	16,85	
1,86 . 10 ⁶	22332	1,22	886,99	A	5752	5,18	228,4	17,33	245,73	117,08	30,16	2,29	32,45	
				B	5752	0,88	228,4	2,94	231,34	117,08	30,16	0,39	30,55	
				C	5752	-1,22	228,4	-4,08	228,4	117,08	30,16	-0,54	30,16	
				D	5076	-5,52	201,6	-16,30	228,4	117,08	26,61	-2,15	26,61	
1,86 . 10 ⁶	22332	1,22	1062,20	A	5752	5,18	273,6	20,76	294,36	160,01	41,21	3,13	44,34	
				B	5752	0,88	273,6	3,52	277,12	160,01	41,21	0,53	41,74	
				C	5752	-1,22	273,6	-4,08	273,6	160,01	41,21	-0,73	41,21	
				D	5076	-5,52	241,4	-19,52	241,4	160,01	36,37	-2,94	36,37	
1,86 . 10 ⁶	22332	1,22	1178,20	A	5752	5,18	303,5	23,02	326,52	202,94	52,27	3,99	56,26	
				B	5752	0,88	303,5	3,91	307,41	202,94	52,27	0,63	52,90	
				C	5752	-1,22	303,5	-5,42	303,5	202,94	52,27	-0,93	52,28	
				D	5076	-5,52	267,8	-21,65	267,8	202,94	46,14	-3,73	46,14	
2,06 . 10 ⁶	25503	1,22	1236,60	A	6565	5,18	308,3	27,58	336,08	245,87	63,29	4,96	68,25	
				B	6565	0,88	308,3	4,68	313,18	245,87	63,29	0,85	64,14	
				C	6565	-1,22	308,3	-6,49	308,3	245,87	63,29	-1,29	63,29	
				D	5808	-5,52	281,6	-26,00	281,6	245,87	55,99	-5,17	55,99	



PORT	SOLL	NIV	MOMENTS DAND LES NOEUDS										E . T	
			TL	FR	MNR	MSR	MER	FI	MNI	MSI	MEI	MWI	TR	TI
8-8	SEISME	6	45,63	10,14	/	21,75	27,75	12,67	/	27,18	18,33	8,85	-7,65	-20,36
		5	22,49	18,33	14,71	36,29	48,00	22,91	14,63	45,36	40,46	19,53	16,88	-44,95
		4	111,98	24,88	24,19	45,16	69,35	31,10	30,24	56,45	58,47	28,28	2439	-64,96
		3	134,39	29,86	36,95	49,27	86,22	37,33	46,18	67,59	72,69	35,08	-30,32	80,77
		2	148,8	33,06	49,27	54,55	103,82	41,37	61,59	68,19	87,53	42,25	36,52	-97,25
		1	158,76	35,28	54,55	46,57	101,12	44,10	68,19	58,21	85,25	41,75	-35,67	-94,72
		0	/	/	59,85	/	/	/	87,32	/	/	/	/	/
	VENT	6	9,39	2,09	/	4,48	4,48	2,60	/	5,59	3,77	1,82	-1,57	-4,18
		5	22,29	4,95	2,41	9,81	12,22	6,19	31,01	12,26	10,30	4,97	-4,30	11,44
		6	35,20	7,82	6,51	14,19	20,73	9,78	8,17	17,75	17,48	8,44	-7,29	-19,42
		3	48,11	10,69	11,62	17,64	29,26	13,36	14,52	22,05	24,66	11,90	-19,29	-27,41
		2	61,02	13,55	17,64	22,37	49,01	19,94	22,05	27,96	33,72	16,20	-14,07	37,48
		1	73,98	16,44	22,37	21,70	44,07	20,55	27,96	27,13	37,15	17,93	-15,49	-41,28
		0	/	/	32,55	/	/	/	40,69	/	/	/	/	/
9-9	SEISME	6	38,53	14,85	/	25,42	25,42	14,82	/	31,79	27,44	14,35	-9,69	-26,03
		5	65,97	20,29	13,67	10,17	56,99	25,87	17,12	50,23	48,05	23,79	-20,04	-58,35
		4	89,55	27,55	26,78	59,00	74,78	34,44	33,49	62,51	64,75	31,25	-27,01	-78,63
		3	107,25	33,00	40,91	54,45	95,36	41,25	57,14	68,06	80,36	38,80	-33,54	-97,62
		2	119,04	36,63	54,45	60,44	114,89	45,78	68,06	75,54	96,85	46,75	40,47	-107,63
		1	126,65	38,98	60,44	57,45	111,89	48,73	75,54	64,32	94,33	45,59	-39,35	-106,47
		0	/	/	77,18	/	/	/	96,48	/	/	/	/	/
	VENT	6	7,51	2,31	/	4,86	4,96	2,87	/	8,20	4,18	2,02	-1,74	4,64
		5	17,83	5,49	2,67	10,86	13,53	6,86	3,34	13,58	11,40	5,51	-4,76	-12,67
		4	28,55	8,78	7,24	15,94	23,19	10,98	9,05	19,93	19,55	9,43	-8,15	-27,72
		3	38,48	11,48	13,04	19,54	32,58	14,8	16,30	24,42	27,47	13,26	-11,46	-39,52
		2	48,80	15,06	19,54	24,77	44,31	18,77	24,42	30,97	37,36	18,03	-15,58	-44,51
		1	58,81	18,09	24,77	23,89	48,66	22,62	30,97	29,80	41,02	19,80	-17,16	-45,58
		0	/	/	35,83	/	/	/	44,78	/	/	/	/	/



PORT	OR	NIV	MOMENTS DAND LES NOEUS							E-T				
			TL	FR	MNR	MSR	MR	FI	MNI	MSI	MEI	MWI	TR	TI
B-B	SEISME	6	94,89	8,77		18,81	18,81	10,96		23,51	11,75	11,75	11,38	-8,07
		5	170,49	15,86	10,13	31,40	41,53	19,82	72,66	39,24	25,95	25,95	24,09	-19,22
		4	231,34	21,52	20,93	39,06	59,99	26,9	26,16	48,82	37,49	37,49	36,70	-27,77
		3	277,22	25,78	31,96	42,54	74,5	32,22	39,95	53,16	46,55	46,55	44,83	-34,48
		2	307,41	28,59	42,54	47,77	89,71	34,74	53,16	58,97	56,06	56,06	52,88	-41,52
		1	313,18	29,13	47,77	38,45	85,62	36,42	58,97	48,07	53,52	53,52	51,53	-39,04
		0				57,68				72,11				
	VENT	6	8,14	0,76		1,62	1,62	0,95		2,03	1,01	1,01	0,95	-5,71
		5	19,34	1,80	0,87	3,56	4,44	2,25	1,09	4,45	2,77	2,77	2,67	-2,05
		4	30,55	2,84	2,37	5,16	7,53	3,55	0,97	6,45	4,71	4,71	4,53	-3,49
		3	41,76	3,88	4,22	6,41	10,63	4,85	5,27	8,01	6,64	6,64	6,40	-4,12
		2	52,90	4,92	6,41	8,12	14,53	6,15	8,01	10,15	9,68	9,68	8,74	-6,72
		1	64,14	5,92	8,12	7,88	18,99	7,46	10,15	9,84	9,99	9,99	9,63	-7,42
		0				11,81				14,77				
A-A	SEISME	6	100,06	9,31		19,97	19,97	11,63		24,95	12,47	12,47	12,07	-7,75
		5	181,07	16,83	10,75	33,32	44,07	21,05	13,43	41,67	27,55	27,55	26,53	-20,41
		4	245,73	22,85	22,22	41,47	67,69	28,57	27,78	51,85	39,81	39,81	38,33	-29,49
		3	294,26	27,38	33,93	45,18	79,11	34,23	42,43	56,48	49,45	49,45	47,61	-36,63
		2	326,52	30,37	45,18	50,11	95,29	37,97	56,48	62,65	59,67	59,67	57,39	-44,20
		1	336,08	31,26	50,11	41,26	91,37	39,08	62,65	51,58	57,11	57,11	54,99	-42,30
		0				61,29				77,38				
	VENT	6	8,65	0,80		1,73	1,73	1,00		2,16	1,08	1,08	1,04	-0,70
		5	20,55	1,91	0,93	3,78	4,71	2,39	1,16	4,73	2,95	2,95	2,84	-2,18
		4	32,45	3,02	2,52	5,48	8,00	3,77	3,15	6,85	5,00	5,00	4,82	-3,70
		3	44,34	4,13	4,48	6,22	11,30	5,17	5,60	8,52	7,06	7,06	6,80	-5,23
		2	56,26	5,23	6,22	8,63	15,45	6,54	8,52	10,79	9,66	9,66	9,30	-7,15
		1	68,25	6,33	8,63	8,38	17,01	7,94	10,79	9,47	10,63	10,63	10,24	-7,25
		0				12,54				15,71				

SOLLICITATIONS DUES AU SEISME

(Dans les portiques 8-8 & 9-9)

PORT	NIV	Noe Ud	Moments aux nœuds				Efforts tranchants dans les poutres					Efforts normaux dans les poteaux			
			(kNm) Mn	(kNm) Ms	(kNm) Me	(kNm) Mw	TRAV	Mg	Md	Mt	(kN) T	POT	N	Nsup	(kN) Ncum
8-8	6	A		21,75	21,75	—	A-B	21,75	2,85	6,45	-7,65	A	-7,65	—	-7,65
		B		27,18	18,33	2,85	B-C	18,33	18,73	0	-20,36	B	-12,71	—	-12,71
		C		27,18	8,85	18,33	C-D	8,85	27,75	6,45	-7,65	C	+12,71	—	12,71
	5	A	11,71	36,26	48,00	—	A-B	48,00	19,53	44,23	-16,88	A	-16,88	-7,67	-24,53
		B	14,63	45,36	40,46	19,53	B-C	40,46	40,46	0	-44,95	B	-28,07	-12,71	-40,78
		C	14,63	45,36	19,53	40,46	C-D	19,53	48,00	14,23	-16,88	C	28,07	+12,71	40,78
	4	A	24,12	45,16	69,35	—	A-B	69,35	28,22	20,56	-24,39	A	-24,39	-24,53	-48,92
		B	30,24	56,45	58,47	28,22	B-C	58,47	58,47	0	-64,76	B	-40,57	+40,78	-81,35
		C	30,24	56,45	28,22	58,47	C-D	28,22	69,95	20,56	-24,39	C	40,57	+40,78	81,35
	3	A	36,95	49,27	86,22	—	A-B	86,22	35,08	25,57	-30,78	A	-30,78	-48,92	-79,70
		B	46,18	61,59	72,69	35,08	B-C	72,69	72,69	0	-80,77	B	-50,39	-81,35	-131,74
		C	46,18	61,59	35,08	72,69	C-D	35,08	86,22	25,57	-30,78	C	50,39	+81,35	131,74
2	A	49,27	54,55	103,82	—	A-B	103,82	42,25	30,78	-36,52	A	-36,52	-79,70	-115,22	
	B	61,59	68,19	87,53	42,25	B-C	87,53	87,53	0	-97,28	B	-60,73	-131,74	-192,47	
	C	61,59	68,19	42,25	87,53	C-D	42,25	103,82	30,78	-36,52	C	60,73	+131,74	192,47	
1	A	54,55	46,57	101,12	—	A-B	101,12	41,15	29,98	-35,67	A	35,67	-115,22	-151,49	
	B	68,19	58,21	85,25	41,15	B-C	85,25	85,25	0	-94,7	B	-59,05	-192,47	-251,52	
	C	68,19	58,21	41,15	85,25	C-D	41,15	101,12	29,98	-35,67	C	59,05	+192,47	251,52	
9-9	6	A	—	25,42	25,41	—	A-B	25,42	13,35	6,04	-9,69	A	-9,69	—	-9,69
		B	—	31,79	21,44	13,35	B-C	21,44	25,42	1,99	-26,03	B	16,34	—	-16,34
		C	—	25,42	—	25,42	C-D	—	—	—	—	C	26,34	—	26,03
	5	A	13,67	40,17	56,99	—	A-B	56,99	23,19	16,90	-20,00	A	-20,04	9,69	29,73
		B	17,12	50,23	48,05	23,19	B-C	48,05	56,99	4,47	-52,25	B	-38,31	-16,34	-54,65
		C	13,67	40,17	—	56,99	C-D	—	—	—	—	C	58,35	26,03	84,38
	4	A	26,78	50,00	76,78	—	A-B	76,78	31,25	22,76	-27,01	A	-27,01	-29,73	-56,74
		B	33,49	62,51	64,75	31,25	B-C	64,75	76,78	6,02	-78,63	B	-51,62	-54,65	-106,27
		C	13,67	50,00	—	76,78	C-D	—	—	—	—	C	78,63	84,33	163,01
	3	A	40,91	54,45	95,36	—	A-B	95,36	38,80	28,28	-33,54	A	-33,54	-56,74	-90,28
		B	51,14	68,06	80,36	38,80	B-C	80,36	95,36	7,50	-17,62	B	-64,08	-106,27	-170,25
		C	13,67	54,45	—	95,36	C-D	—	—	—	—	C	+97,62	163,01	260,83
2	A	54,45	60,44	114,89	—	A-B	114,89	46,75	34,07	-40,41	A	-40,41	-90,28	-130,69	
	B	68,06	75,54	96,85	46,75	B-C	96,85	114,89	9,02	-102,63	B	-77,22	-170,25	-247,57	
	C	54,45	60,44	—	114,89	C-D	—	—	—	—	C	+117,63	260,63	378,21	
1	A	60,44	51,45	111,89	—	A-B	111,89	45,53	33,18	-39,35	A	-39,35	-130,69	-170,04	
	B	75,54	64,32	14,33	45,53	B-C	94,33	111,89	8,78	-106,47	B	-75,21	-247,57	-322,78	
	C	60,44	51,45	—	111,89	C-D	—	—	—	—	C	+114,56	378,26	492,86	

Sous Le seisme

(Portique A-A & B-B)

MOMENTS AUX NOEUDS ET ENTRAVÉES,
EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES
EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

PORT	NIV	Moments aux noeuds				M ^E & ET ^E en travées					Efforts normaux (poteaux)				
		noeud	M _n	M _s	M _e	M _w	TRAV	M _g	M _d	M _t	T	POT	N	N _{sup}	N _{cum}
A-A	6	1	/	19,97	19,97	/	1-2	19,97	12,47	3,75	-12,01	1	-12,01	/	-12,01
		2	/	24,95	12,47	12,47	2-3	12,47	12,47	0	-7,75	2	4,26	/	4,86
		3	/	24,95	12,47	12,47	3-4	12,47	12,47	0	-7,75	3	0	/	0
	5	1	10,75	33,32	44,07	/	1-2	46,77	27,55	8,26	-26,53	1	-26,53	-12,01	-38,54
		2	13,43	41,67	27,55	27,55	2-3	27,55	27,55	0	-20,41	2	6,12	4,26	10,38
		3	13,43	41,67	27,55	27,55	3-4	27,55	27,55	0	-20,41	3	0	0	0
	4	1	22,82	41,47	63,69	/	1-2	63,69	39,81	11,94	-38,33	1	-38,33	-38,50	-76,87
		2	27,78	51,85	39,81	39,81	2-3	39,81	39,81	0	-29,49	2	8,84	10,38	19,22
		3	27,78	51,85	39,81	39,81	3-4	39,81	39,81	0	-29,49	3	0	0	0
	3	1	33,93	45,18	79,11	/	1-2	79,11	49,45	14,83	-47,61	1	-46,61	76,87	-123,48
		2	42,43	56,48	49,45	49,45	2-3	49,45	49,45	0	-36,63	2	10,98	19,22	30,20
		3	42,43	56,48	49,45	49,45	3-4	49,45	49,45	0	-36,63	3	0	0	0
2	1	45,18	50,11	95,29	/	1-2	95,29	59,67	18,31	-57,39	1	-57,39	-123,48	-180,87	
	2	56,48	62,65	59,67	59,67	2-3	59,67	59,67	0	-44,20	2	13,19	30,20	43,39	
	3	56,48	62,65	59,67	59,67	3-4	59,67	59,67	0	-44,20	3	0	0	0	
1	1	50,11	41,26	91,37	/	1-2	91,37	57,11	17,13	-54,19	1	-54,99	180,87	-235,85	
	2	62,65	51,58	57,11	57,11	2-3	57,11	57,11	0	-42,30	2	12,69	43,39	56,08	
	3	62,65	51,58	57,11	57,11	3-4	57,11	57,11	0	-42,30	3	0	0	0	
B-B	6	1	/	18,81	18,81	/	1-2	18,51	11,75	3,53	11,32	1	-11,32	/	-11,32
		2	/	23,51	11,75	11,75	2-3	11,75	11,75	0	-8,07	2	3,25	/	3,25
		3	/	23,51	11,75	11,75	3-4	11,75	11,75	0	-8,07	3	0	/	0
	5	1	10,13	31,40	41,53	/	1-2	41,53	25,95	7,79	-24,99	1	-24,99	-11,32	-36,31
		2	12,66	39,24	25,95	25,95	2-3	25,95	25,95	0	-19,22	2	5,77	3,25	9,02
		3	12,66	39,24	25,95	25,95	3-4	25,95	25,95	0	-19,22	3	0	0	0
	4	1	20,93	39,06	59,99	/	1-2	59,99	37,49	11,25	-36,10	1	-36,10	-36,31	-72,41
		2	26,16	48,82	37,49	37,49	2-3	37,49	37,49	0	-27,77	2	8,33	9,02	17,35
		3	26,16	48,82	37,49	37,49	3-4	37,49	37,49	0	-27,77	3	0	0	0
	3	1	31,96	42,56	74,5	/	1-2	74,5	46,55	13,97	-44,83	1	-24,83	-72,41	-97,24
		2	43,95	53,16	46,55	46,55	2-3	46,55	46,55	0	-34,48	2	10,35	17,35	27,70
		3	43,95	53,16	46,55	46,55	3-4	46,55	46,55	0	-34,48	3	0	0	0
2	1	42,56	47,17	89,71	/	1-2	89,71	56,06	16,82	-52,88	1	-52,88	-97,24	-150,12	
	2	53,16	58,97	56,06	56,06	2-3	56,06	56,06	0	-41,52	2	11,36	27,70	39,06	
	3	53,16	58,97	56,06	56,06	3-4	56,06	56,06	0	-41,52	3	0	0	0	
1	1	47,17	38,45	85,62	/	1-2	85,62	53,52	16,05	-51,53	1	-51,53	-150,12	-201,65	
	2	58,96	48,00	53,52	53,52	2-3	53,52	53,52	0	-39,64	2	11,86	39,06	50,92	
	3	58,96	48,00	53,52	53,52	3-4	53,52	53,52	0	-39,64	3	0	0	0	

de base au niveau de la base de la pile... (partially illegible)

SOUS W

MOMENTS EN TRAVEES (Mg, Md) (en kN.m)
 EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (T) (en kN)
 EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX (N, Nsup, Ncum)

			PORTIQUE A-A							PORTIQUE B-B						
NIV	POT	TRAV	Mg ^(kN.m)	Md ^(kN.m)	Mt	T ^(kN)	N ^(kN)	Nsup	Ncum	Mg	Md	Mt	T ^(kN)	N	Nsup	Ncum
6	1	1-2	1,73	1,08	0,33	-1,04	-1,04		-1,04	1,62	1,01	0,31	-0,98	-0,98		-0,98
	2	2-3	1,08	1,08	0	-0,80	-0,80		0,24	1,01	1,01	0	-0,75	0,23		0,23
	3	3-4	1,08	1,08	0	-0,80	0		0	1,01	1,01	0	-0,75	0		0
5	1	1-2	4,71	2,95	0,88	-2,84	-2,84	-1,04	-3,88	4,44	2,77	0,84	-2,67	-2,67	0,98	-3,65
	2	2-3	2,95	2,95	0	-2,18	0,66	0,24	0,90	2,77	2,77	0	-2,05	0,62	0,23	0,85
	3	3-4	2,95	2,95	0	-2,18	0	0	0	2,77	2,77	0	-2,05	0	0	0
4	1	1-2	8,00	5,00	1,50	-4,82	-4,82	-3,88	-3,70	7,53	4,71	1,41	-4,53	-4,53	3,65	-8,18
	2	2-3	5,00	5,00	0	-3,70	1,12	0,90	2,02	4,71	4,71	0	-3,49	1,04	0,85	1,89
	3	3-4	5,00	5,00	0	-3,70	0	0	0	4,71	4,71	0	-3,49	0	0	0
3	1	1-2	11,30	7,06	2,12	-6,20	-6,20	-3,70	-15,50	10,63	6,64	1,99	-6,40	-6,40	-8,18	-14,58
	2	2-3	7,06	7,06	0	-5,23	1,57	2,02	3,59	6,64	6,64	0	-4,92	1,52	1,89	3,41
	3	3-4	7,06	7,06	0	-5,23	0	0	0	6,64	6,64	0	-4,92	0	0	0
2	1	1-2	15,45	9,66	2,89	-9,30	-9,30	-15,50	-24,8	14,53	9,08	2,73	-8,74	-8,74	-14,58	-23,36
	2	2-3	9,66	9,66	0	-7,15	2,15	3,59	5,74	9,08	9,08	0	-6,72	2,02	3,41	5,43
	3	3-4	9,66	9,66	0	-7,15	0	0	0	9,08	9,08	0	-6,72	0	0	0
1	1	1-2	17,01	10,63	3,19	-10,24	-10,24	-24,8	-35,04	15,99	9,99	3,00	-9,63	-9,63	-23,32	-32,95
	2	2-3	10,63	10,63	0	-7,88	2,36	5,74	8,10	9,99	9,99	0	-7,40	2,23	5,43	7,66
	3	3-4	10,63	10,63	0	-7,88	0	0	0	9,99	9,99	0	-7,40	0	0	0

			PORTIQUE 8-8							PORTIQUE 9-9						
NIV	POT	TRA	Mg ^(kN.m)	Md	Mt	T	N	Nsup	Ncum	Mg	Md	Mt	T	N	Nsup	Ncum
6	A	A-B	4,48	1,82	1,33	-1,57	-1,57		-1,57	4,96	2,02	1,47	-1,74	-1,74		-1,74
	B	B-C	3,77	3,77	0	-4,19	-2,62		-2,62	4,18	4,96	0,39	-4,64	-2,9		-2,9
	C	C-D	1,82	4,48	1,33	-1,57	2,62		2,62					4,64		4,64
5	A	A-B	12,22	4,17	3,62	-4,30	-4,30	-1,57	-5,87	-13,53	5,51	4,01	-4,76	-4,76	-7,74	-6,50
	B	B-C	10,30	10,30	0	-11,44	-7,14	-2,62	-9,76	11,40	13,53	1,07	-12,67	-7,91	-2,9	-10,21
	C	C-D	4,97	12,22	3,62	-4,30	7,14	2,62	9,76					12,67	4,69	17,36
4	A	A-B	20,73	8,44	6,15	-7,29	-7,29	-5,87	-13,16	23,19	9,43	6,88	-8,15	-8,15	-6,50	-14,65
	B	B-C	17,48	17,48	0	-19,42	-12,13	-9,76	-21,81	19,55	23,19	1,82	-21,72	-13,57	-10,21	-24,38
	C	C-D	8,44	20,73	6,15	-7,29	12,13	9,76	21,81					21,72	17,36	39,08
3	A	A-B	29,24	11,90	8,68	-10,29	-10,29	-13,16	-23,45	32,58	13,26	9,66	-11,46	-11,46	-14,65	-26,11
	B	B-C	24,66	24,66	0	-27,41	-17,12	-21,81	-39,01	27,47	32,58	2,56	-30,52	-19,06	-24,38	-43,44
	C	C-D	11,90	29,24	8,68	-10,29	17,12	21,81	39,01					30,52	39,08	69,60
2	A	A-B	40,01	16,28	11,87	-14,07	-14,07	-23,45	-37,52	44,31	18,03	13,14	-15,58	-15,58	-26,11	-41,69
	B	B-C	33,72	33,72	0	-37,48	-23,44	-39,01	-62,42	37,36	44,31	3,47	-41,51	-25,93	-43,44	-69,37
	C	C-D	16,28	40,01	11,87	-14,07	23,41	39,01	-62,42					41,51	69,60	111,11
1	A	A-B	44,07	17,93	13,07	-15,49	-15,49	-37,52	-53,01	48,66	19,80	14,40	-17,16	-17,16	-41,69	-58,85
	B	B-C	37,15	37,15	0	-41,22	-25,79	-62,42	-88,21	41,02	48,66	3,82	-45,58	-28,46	-69,37	-97,79
	C	C-D	17,93	44,07	13,07	-15,49	25,79	62,42	88,21					45,58	111,11	156,69

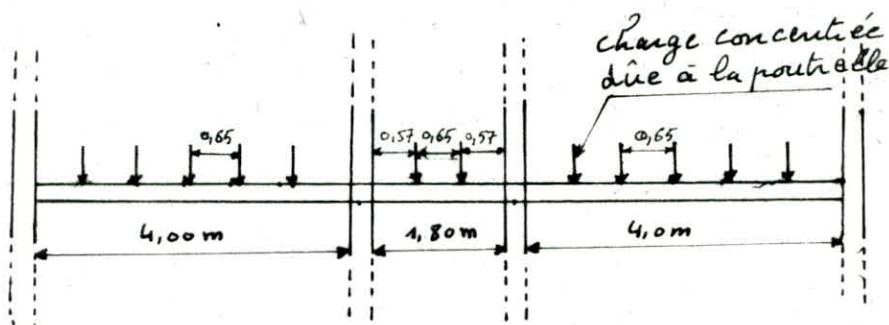
charges verticales

Pour déterminer les efforts dus aux charges verticales, on a appliqué, une méthode approchée préconisée par les règlements C C B A et B A E L, c'est la méthode des continuités simplifiées due à M. Caquot

Elle s'applique essentiellement à des éléments de plancher constitués de nervures associées des poutres, le principe de cette méthode est de limiter le calcul des sollicitations autour d'un nœud de la structure aux seules actions appliquées dans les seules barres qui convergent vers ce nœud

Évaluation des charges et surcharges:

1) Portiques transversaux: (Portiques porteurs)



Soit i le nombre des charges concentrées par travée

Si $i > 4 \Rightarrow$ ces charges peuvent être assimilées à une charge répartie. (cas de la travée de rive)

Si $i < 4 \Rightarrow$ les concentrées restent telles quelles. (cas de la travée intermédiaire)

port- rique	niv.	Poids propre G (kN/ml)	Surcharge d'exp- loitation P_B (kN/ml)
8-8	P. constant terrasse	Plancher: $6,5 \times 3 = 19,5$ Retombée: $0,25 \times 0,3 \times 25 = 1,87$ $\Sigma = 21,4$	3
	P. constant	Plancher: $3 \times 5 = 15$ Retombée: $1,87$ $\Sigma = 16,87$	7,5
9-9	Terrasse	acrotère: $2,5$ Plancher: $8,94$ Poutre: $0,25 \times 0,5 \times 25 = 3,12$ $\Sigma = 14,58$	1,62
	P. constant	Mur extérieur: $5,5$ Poutre: $3,12$ plancher: $6,87$ $\Sigma = 15,50$	3,4

Charges concentrées:

portique 8-8: terrasse: $G = 19,5 \times \frac{0,65 + 0,57}{2} = 11,9 \text{ kN}$

$P_B = 3 \times \frac{0,65 \times 0,57}{2} = 1,83 \text{ kN}$

plancher courant: $G = 15 \times \frac{0,65+0,57}{2} = 9,15 \text{ kN}$ $\varphi_B = 1,83 \text{ kN}$

travée 9-9 terrasse: $G = 8,94 \times \frac{0,65+0,57}{2} = 5,45 \text{ kN}$ $\varphi_B = 0,99 \text{ kN}$

plancher courant $G = 4,19 \text{ kN}$ $\varphi_B = 2,07 \text{ kN}$

2) Travées longitudinales: non porteurs

Travée	Niveau	G (kN/ml)	φ_B (kN/ml)
A-A	Terrasse	acrotère: 2,5 poutre: 3,62 plancher (demi corps creux): 2,11 $\Sigma = 8,23$	0,82
	plancher courant	Mur extérieur: 6,72 poutre: 3,62 plancher: 1,62 $\Sigma = 11,97$	1,56
B-B	Terrasse	plancher (1 corps creux): 4,22 retombée: 1,25 $\Sigma = 5,48$	0,65
	plancher courant	plancher (1 corps creux): 3,25 retombée: 1,25 $\Sigma = 4,5$	1,62

Remarque: Les efforts normaux dans les poutres et les efforts tranchants dans les poteaux ne seront pas prisés en compte dans les calculs.

Moment en travée:

$$M_t = \frac{q l^2}{8} - \frac{M_d + M_g}{2}$$

Effort tranchant:

$$\Sigma M/B = 0$$

$$M_g + \frac{q l^2}{2} - M_d - R_A l + \varphi(a+l-a) = 0$$

$$M_g - M_d + \frac{q l^2}{2} - R_A l + \varphi l = 0 \Rightarrow R_A = \frac{q l}{2} + \frac{M_g - M_d}{l} + \varphi$$

$$0 < x < a : M(x) = -M_g + R_A x - \frac{q x^2}{2}$$

$$T(x) = R_A - q x$$

à l'extrémité gauche de la poutre

$$T(0) = R_A = \frac{q l}{2} + \varphi + \frac{M_g - M_d}{l}, \quad T(0) = T_g = \frac{q l}{2} + \varphi + \frac{M_g - M_d}{l}$$

$$l-a < x < l \quad M(x) = R_A(l-a+x) - M_g - \frac{q(l-a+x)^2}{2} - \varphi(l-2a+x) - \varphi x$$

$$T(x) = \frac{dM(x)}{dx} = R_A - q(l-a+x) - 2\varphi$$

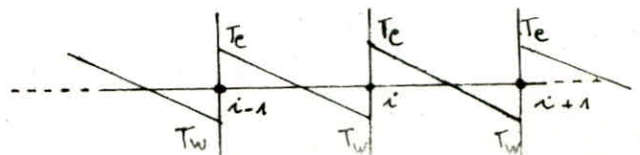
à l'extrémité droite de la poutre.

$$T(l) = R_A - q l - 2\varphi$$

$$T(l) = T_d = -\frac{q l}{2} - \varphi + \frac{M_g - M_d}{l}$$

Effort normal:

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



Caractéristiques géométriques du portique 8-8

NIV	Nœ	$l_e^{(m)}$	$l_w^{(m)}$	h_s	h_n	$I_e \cdot 10^{-4}$	$I_w \cdot 10^{-4}$	$I_s \cdot 10^{-4}$	$I_n \cdot 10^{-4}$	l'_e	l'_w	h'_s	h'_n	$K_e \cdot 10^{-4}$	$K_w \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$	χ
6	A	4	0	2,8	—	26	0	6,75	—	3,2	0	2,24	—	8,13	0	3,01	—	11,14	0,95
	B	1,8	4	2,8	—	26	26	6,75	—	1,76	3,8	2,24	—	14,77	6,84	3,01	—	24,62	
	C	4	1,8	2,8	—	26	26	6,75	—	3,8	1,44	2,24	—	6,84	18,06	3,01	—	27,91	0,98
5	A	4	0	2,8	2,8	26	0	6,75	6,75	3,2	0	2,24	2,24	8,13	0	3,01	2,68	13,82	0,90
	B	1,8	4	2,8	2,8	26	26	6,75	6,75	1,71	3,6	2,24	2,24	15,20	7,22	3,01	2,68	28,11	
	C	4	1,8	2,8	2,8	26	26	6,75	6,75	3,6	1,44	2,24	2,24	7,22	18,06	3,01	2,68	30,97	0,95
4 ³ ₂ ₁	A	4	0	2,8	2,8	26	0	6,75	6,75	3,2	0	2,24	2,24	8,13	0	3,01	3,01	14,15	0,90
	B	1,8	4	2,8	2,8	26	26	6,75	6,75	1,77	3,6	2,24	2,24	15,20	7,22	3,01	3,01	28,44	
	C	4	1,8	2,8	2,8	26	26	6,75	6,75	3,6	1,44	2,24	2,24	7,22	18,06	3,01	3,01	31,30	0,95

Caractéristiques géométriques du portique 9-9

NIV	Nœ	l_e	l_w	h_s	h_n	$I_e \cdot 10^{-4}$	$I_w \cdot 10^4$	$I_s \cdot 10^4$	$I_n \cdot 10^{-4}$	l'_e	l'_w	h'_s	h'_n	$K_e \cdot 10^4$	$K_w \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$	χ
6	A	4	0	2,8	—	26	0	6,75	—	3,20	0	2,24	—	8,13	0	3,01	—	11,14	0,95
	B	1,8	4	"	—	"	26	"	—	1,76	3,80	"	—	14,77	6,84	3,01	—	24,62	
	C	0	1,8	"	—	"	26	"	—	0	1,44	"	—	0	18,06	3,01	—	21,07	0,98
5	A	4	0	"	2,8	"	0	"	6,75	3,2	0	"	2,52	8,13	0	3,01	2,68	13,82	0,90
	B	1,8	4	"	"	"	26	"	6,75	1,71	3,60	"	2,52	15,20	7,22	3,01	2,68	28,11	
	C	0	1,8	"	"	"	26	"	6,75	0	1,44	"	2,52	0	18,06	3,01	2,68	23,75	0,95
4 ³ ₂ ₁	A	4	0	"	"	"	0	"	6,75	3,2	0	"	2,24	8,13	0	3,01	3,01	14,15	0,90
	B	1,8	4	"	"	"	26	"	6,75	1,71	3,60	"	2,24	15,20	7,22	3,01	3,01	28,44	
	C	0	1,8	"	"	"	26	"	6,75	0	1,44	"	2,24	0,00	18,06	3,01	3,01	24,08	0,95

MOMENTS AUX NOEUDS (en KN.m)

Portiques 8-8 & 99

SOUS G

POR	Niv	noeud	POT	q _e	q _w	Q _e	Q _w	M _e '	M _w '	M _e	M _w	M _n	M _s	
8-8	6	1	A	21,4	0	0	0	25,73	0	6,97	0	/	6,97	
		2	B	1,9	21,4	11,9	0	4,75	36,35	25,19	28,61	/	-3,41	
		3	C	21,4	1,9	0	10,9	36,35	4,74	28,60	25,19	/	3,41	
	5	1	A	16,87	0	0	0	20,32	0	8,37	0	3,94	4,43	
		2	B	1,9	16,87	9,15	0	3,76	25,72	16,52	20,59	-1,89	-2,14	
		3	C	16,87	1,9	0	9,15	25,72	3,75	20,59	16,56	1,89	2,14	
	4 _a	1	1	A	16,87	0	0	0	20,32	0	8,68	0	4,33	4,33
			2	B	1,9	16,87	9,15	0	3,75	25,72	16,43	20,65	-2,11	-2,11
			3	C	16,87	1,9	0	9,15	25,72	3,75	20,65	16,42	2,11	2,11
99	6	1	A	14,5	0	0	0	17,56	0	4,74	0	/	4,74	
		2	B	1,9	14,5	5,43	0	6,67	13,56	10,80	11,84	/	-0,84	
		3	C	0	1,9	0	5,43	0	5,14	0	0,73	/	-0,7	
	5	1	A	15,5	0	0	0	18,67	0	7,46	0	3,40	4,06	
		2	B	1,9	15,5	4,19	0	5,06	12,85	9,27	10,84	-0,74	-0,83	
		3	C	0	1,9	0	4,19	0	3,	0	0,95	-0,45	-0,5	
	4 _a	1	1	A	15,5	0	0	0	18,67	0	7,90	0	3,97	3,97
			2	B	1,9	15,5	4,19	0	5,06	12,85	9,22	10,87	-0,82	-0,82
			3	C	0	0	0	4,19	0	3,95	0	0,99	-0,49	-0,49

SOUS Q

POR	Niv	noeud	POT	q _e	q _w	Q _e	Q _w	M _e '	M _w '	M _e	M _w	M _n	M _s	
8-8	6	1	A	3	0	0	0	3,61	0	0,97	0	/	0,97	
		2	B	0	3	1,83	0	0,80	5,09	3,53	4,01	/	-0,48	
		3	C	3	0	0	1,83	5,09	0,66	4,01	3,53	/	0,48	
	5	1	A	7,50	0	0	0	9,03	0	3,72	0	1,75	1,97	
		2	B	0	7,5	4,57	0	1,64	11,43	7,35	9,15	-0,85	-0,95	
		3	C	7,50	0	0	4,57	11,43	1,64	7,15	7,35	0,85	0,95	
	4 _a	1	1	A	7,50	0	0	0	9,04	0	3,85	0	1,92	1,92
			2	B	0	7,5	4,57	0	1,65	11,43	7,29	9,18	-0,94	-0,94
			3	C	7,5	0	0	4,57	11,43	1,65	9,17	7,29	0,94	0,94
9-9	6	1	A	1,62	0	0	0	1,95	0	0,53	0	/	0,53	
		2	B	0	1,62	0,99	0	0,97	3,11	2,25	2,51	/	-0,26	
		3	C	0	0	0	0,99	0	0,79	0	0,11	/	-0,11	
	5	1	A	3,44	0	0	0	4,14	0	1,70	0	0,80	0,90	
		2	B	0	3,44	2,07	0	2,41	6,97	4,87	5,79	-0,43	-0,49	
		3	C	0	0	0	2,07	0	1,97	0	0,47	-0,22	-0,25	
	4 _a	1	1	A	3,44	0	0	0	4,14	0	1,76	0	0,88	0,88
			2	B	0	3,44	2,07	0	2,41	6,97	4,85	5,81	-0,48	-0,48
			3	C	0	0	0	2,07	0	1,97	0	0,50	0,25	-0,25

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

PORTIQUES 8-8 & 9-9 (en ton)

PORT	NIV	POTEAU	SOUS G					SOUS Q _B					
			T _w	T _e	N	N _{sup}	N _{cum}	T _w	T _e	N	N _{sup}	N _{cum}	
8-8	6	A	0	31,98	31,98	/	31,98	0	5,24	5,24	/	5,24	
		B	-53,62	13,61	67,22	/	67,22	-6,76	1,83	8,59	/	8,59	
		C	13,61	53,61	67,22	/	67,22	-1,83	6,76	8,59	/	8,59	
	5	A	0	27,63	27,63	31,98	59,61	0	13,64	13,64	5,24	18,88	
		B	-34,74	10,86	50,70	67,22	114,96	-16,36	4,57	20,93	8,59	29,52	
		C	-10,86	39,85	50,70	67,22	117,96	-4,57	16,36	20,93	8,59	29,52	
	4	A	0	27,74	27,74	59,61	87,08	0	12,33	12,33	18,88	31,21	
		B	-34,74	10,86	50,60	117,86	168,56	-17,66	4,57	22,23	29,52	51,75	
		C	-10,86	39,74	50,60	117,86	168,56	-4,57	16,36	22,23	29,52	51,75	
	3	A	0	27,74	27,74	87,08	114,82	0	12,33	12,33	31,21	43,54	
		B	-34,74	10,86	50,60	168,56	219,16	-17,66	4,57	22,23	51,75	73,98	
		C	-10,86	39,74	50,60	168,56	219,16	-4,57	16,36	22,23	51,75	73,98	
	2	A	0	27,74	27,74	114,82	142,56	0	12,33	12,33	43,54	55,87	
		B	-34,74	10,86	50,60	219,16	269,76	-17,66	4,57	22,23	73,98	96,21	
		C	-10,86	39,74	50,60	219,16	269,76	-4,57	16,36	22,23	73,98	96,21	
	1	A	0	27,74	27,74	142,56	170,30	0	12,33	12,33	55,87	68,20	
		B	-34,74	10,86	50,60	269,76	320,36	-17,66	4,57	22,23	96,28	118,44	
		C	-10,86	39,74	50,60	269,76	320,36	-4,57	16,36	22,23	96,21	118,44	
	9-9	6	A	0	27,43	27,43	/	27,43	0	2,74	2,74	/	2,74
			B	-27,8	79,20	47,08	/	47,08	-3,74	3,02	6,76	/	6,76
			C	-8,01	0	8,01	/	8,01	-3,64	0	6,64	/	6,64
		5	A	0	30,15	30,15	27,43	57,58	0	5,85	5,85	2,74	8,59
			B	-31,84	15,43	47,32	47,08	94,40	-6,90	7,01	14,91	6,76	21,67
			C	-6,23	0	6,23	8,01	14,24	-2,12	0	2,12	0,64	2,76
4		A	0	30,26	30,26	57,58	87,84	0	5,86	5,86	8,59	14,45	
		B	-31,74	15,43	47,17	94,40	141,57	-6,89	6,98	14,87	21,67	36,54	
		C	-6,28	0	6,28	14,24	20,52	-2,56	0	2,56	2,76	5,32	
3		A	0	30,26	30,26	87,84	118,10	0	5,86	5,86	14,45	20,31	
		B	-31,76	15,43	47,17	141,57	188,74	-6,89	6,98	14,87	36,54	51,41	
		C	-6,28	0	6,28	20,52	26,80	-2,56	0	2,56	5,32	7,88	
2		A	0	30,26	30,26	118,10	148,36	0	5,86	5,86	20,31	26,17	
		B	-31,74	15,43	47,17	188,74	235,91	-6,89	6,98	14,87	51,41	66,28	
		C	-6,28	0	6,28	26,80	33,08	-2,56	0	2,56	7,88	10,44	
1		A	0	30,26	30,26	148,36	178,62	0	5,86	5,86	26,17	32,03	
		B	-31,74	15,43	47,17	235,91	283,08	-6,89	6,98	14,87	66,28	81,15	
		C	-6,28	0	6,28	33,08	39,36	-2,56	0	2,56	10,44	13,00	

Caracteristiques géométriques des portiques A-A & B-B

NIV	NOE	$l_e^{(m)}$	$l_w^{(m)}$	$h_s^{(m)}$	$h_n^{(m)}$	$I_{e10^4}^{(m^4)}$	$I_{w10^4}^{(m^4)}$	$I_{s10^4}^{(m^4)}$	$I_{n10^4}^{(m^4)}$	$l_e^{(m)}$	$l_w^{(m)}$	$h_s^{(m)}$	$h_n^{(m)}$	$K_e \cdot 10^4$	$K_w \cdot 10^4$	$K_s \cdot 10^4$	$K_n \cdot 10^4$	$D \cdot 10^4$	χ
6	1	2,7	/	2,9	/	13,33	/	6,75	/	2,16	/	2,32	/	6,17	/	2,91	/	9,08	0,937
	2	2,7	2,7	2,9	/	13,33	13,33	6,75	/	2,16	2,53	2,32	/	6,17	5,27	2,91	/	14,33	/
	3	2,7	2,7	2,9	/	13,33	13,33	6,75	/	2,16	2,16	2,32	/	6,17	6,17	2,91	/	15,25	/
5	1	2,7	/	2,9	2,9	13,33	/	6,75	6,75	2,16	/	2,32	2,61	6,17	/	2,91	2,58	11,66	0,88
	2	2,7	2,7	2,9	2,9	13,33	13,33	6,75	6,75	2,16	2,53	2,32	2,61	6,17	5,27	2,91	2,58	16,93	/
	3	2,7	2,7	2,9	2,9	13,33	13,33	6,75	6,75	2,16	2,16	2,32	2,61	6,17	6,17	2,91	2,58	17,80	/
4321	1	2,7	/	2,9	2,9	13,33	/	6,75	6,75	2,16	/	2,32	2,32	6,17	/	2,91	2,91	11,99	0,87
	2	2,7	2,7	2,9	2,9	13,33	13,33	6,75	6,75	2,16	2,53	2,32	2,32	6,17	5,27	2,91	2,91	17,20	/
	3	2,7	2,7	2,9	2,9	13,33	13,33	6,75	6,75	2,16	2,16	2,32	2,32	6,17	6,17	2,91	2,91	18,16	/

Moments aux nœuds des portiques A-A & B-B (en K·N·m)

		SOUS G									SOUS Q								
PORT	NIV	NOE	q_e	q_w	M_e	M_w	M_n	M_s			q_e	q_w	M_e	M_w	M_n	M_s			
A-A	6	1	8,23	/	4,52	/	1,45	/	4,45	0,82	/	0,45	/	1,14	/	1,14	/	1,14	
		2	8,23	8,23	4,52	6,19	5,24	5,58	/	-0,34	0,82	0,82	0,45	0,62	0,52	0,56	/	-0,03	
		3	8,23	8,23	4,52	4,51	4,52	4,52	/	0	0,82	0,82	0,45	0,45	0,45	0,45	/	0	
	5	1	11,97	/	6,57	/	3,09	/	1,46	1,64	1,56	/	0,91	/	0,43	/	0,26	0,22	
		2	11,97	11,97	6,57	9,01	7,47	8,25	-0,37	-0,42	1,56	1,56	0,91	1,17	1,00	1,09	-0,05	-0,04	
		3	11,97	11,97	6,57	6,57	6,57	6,57	0	0	1,56	1,56	0,91	0,85	0,89	0,87	0,008	0,008	
	4321	1	11,97	/	6,57	/	3,19	/	1,59	1,59	1,56	/	0,91	/	0,44	/	0,22	0,22	
		2	11,97	11,97	6,57	9,01	7,44	8,27	-0,41	-0,41	1,56	1,56	0,91	1,17	1,00	1,09	-0,05	0,04	
		3	11,97	11,97	6,57	6,57	6,57	6,57	0	0	1,56	1,56	0,91	0,85	0,89	0,87	-0,007	0,008	
B-B	6	1	5,48	/	3,01	/	0,96	/	0,96	0,65	/	0,36	/	0,11	/	0,11	/	0,11	
		2	5,48	5,48	3,01	4,13	3,48	3,72	/	-0,23	0,65	0,65	0,36	0,49	0,41	0,44	/	-0,026	
		3	5,48	5,48	3,01	3,01	3,01	3,01	/	0	0,65	0,65	0,36	0,36	0,36	0,36	/	0	
	5	1	4,5	/	2,47	/	1,16	/	0,55	0,61	1,62	/	0,89	/	0,42	/	0,19	0,22	
		2	4,5	4,5	2,47	3,39	2,80	3,10	-0,15	-0,15	1,62	1,62	0,89	1,22	1,01	1,11	-0,05	-0,05	
		3	4,5	4,5	2,47	2,47	2,47	2,47	0	0	1,62	1,62	0,89	0,86	0,89	0,89	0	0	
	4321	1	4,5	/	2,47	/	1,18	/	0,59	0,59	1,62	/	0,89	/	0,43	/	0,22	0,22	
		2	4,5	4,5	2,47	3,39	2,79	3,11	-0,15	-0,15	1,62	1,62	0,89	1,22	1,01	1,11	-0,05	-0,05	
		3	4,5	4,5	2,47	2,47	2,47	2,47	0	0	1,62	1,62	0,89	0,89	0,89	0,89	0	0	

MOMENTS ET EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (PORTIQUES A-A & B-B)

		SOUS G										SOUS Q _B								
PORTI- TIQUE	NIV	TRA	ℓ(m)	q(kN/m)	M _g	M _d	M _o	M _t	T _o	T _g	T _d	q	M _g	M _d	M _o	M _t	T _o	T _g	T _d	
A-A	6	1-2	2,7	8,23	1,45	5,52	7,49	4,100	14,11	9,58	-12,64	0,82	1,14	0,56	0,75	-0,10	1,11	1,72	-0,79	
		2-3	2,7	8,23	2,24	4,52	7,49	2,61	11,11	11,38	-10,84	0,82	0,52	0,45	0,75	0,26	1,11	1,13	-1,08	
		3-4	2,7	8,23	4,52	4,52	7,49	2,97	11,11	11,11	-11,11	0,82	0,45	0,45	0,75	0,30	1,11	1,11	-1,11	
	5	1-2	2,7	11,97	3,09	8,25	10,90	5,23	16,16	14,25	-10,07	1,56	0,43	1,09	1,42	0,66	2,11	1,86	-2,35	
		2-3	2,7	11,97	7,48	6,57	10,90	3,88	16,16	16,49	-15,83	1,56	1,00	0,89	1,42	0,47	2,11	2,15	-2,06	
		3-4	2,7	11,97	6,57	6,57	10,90	4,33	16,16	16,16	-16,16	1,56	0,89	0,89	1,42	0,53	2,11	2,11	-2,11	
	4-3 2-1	1-2	2,7	11,97	3,19	8,27	10,90	5,17	16,16	14,28	-18,04	1,56	0,44	1,09	1,42	0,65	2,11	1,78	-2,43	
		2-3	2,7	11,97	7,44	6,57	10,90	3,89	16,16	16,48	-15,94	1,56	1,00	0,89	1,42	0,47	2,11	2,15	-2,06	
		3-4	2,7	11,97	6,57	6,57	10,90	4,33	16,16	16,16	-16,16	1,56	0,89	0,89	1,42	0,53	2,11	2,11	-2,11	
	B-B	6	1-2	2,7	5,48	0,96	3,71	5,00	2,66	7,4	6,38	-8,42	0,65	0,11	0,44	0,59	0,31	0,88	0,76	-0,99
			2-3	2,7	5,48	3,49	3,01	5,00	1,75	7,4	7,58	-7,22	0,65	0,41	0,36	0,59	0,20	0,88	0,83	-0,86
			3-4	2,7	5,48	3,01	3,01	5,00	1,99	7,4	7,4	-7,4	0,65	0,36	0,36	0,59	0,23	0,88	0,87	-0,87
5		1-2	2,7	4,50	1,16	3,10	4,10	1,77	6,08	5,36	-6,79	1,62	0,42	1,11	1,48	0,71	2,19	1,93	-2,45	
		2-3	2,7	4,50	2,80	2,47	4,10	1,46	6,08	6,19	-5,95	1,62	1,01	0,89	1,48	0,53	2,19	2,23	-2,14	
		3-4	2,7	4,50	2,47	2,47	4,10	1,63	6,08	6,08	-6,08	1,62	0,89	0,89	1,48	0,59	2,19	2,18	-2,18	
4-3 2-1		1-2	2,7	4,50	1,19	3,10	4,10	1,95	6,08	5,37	-6,72	1,62	0,43	1,11	1,48	0,71	2,19	1,93	-2,14	
		2-3	2,7	4,50	2,79	2,47	4,10	1,47	6,08	6,19	-5,95	1,62	1,01	0,89	1,48	0,53	2,19	2,23	-2,14	
		3-4	2,7	4,50	2,47	2,47	4,10	1,63	6,08	6,08	-6,08	1,62	0,89	0,89	1,48	0,59	2,19	2,19	-2,19	

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX (en kN)

		PORTIQUE A-A										PORTIQUE B-B											
		SOUS G					SOUS Q _B					SOUS G					SOUS Q _B						
NIV	N ^{ORD} _D	T _w	T _E	N	N _{sup}	N _{cu}	T _w	T _E	N	N _{sup}	N _{cum}	T _w	T _E	N	N _{sup}	N _{cum}	T _w	T _E	N	N _{sup}	N _{cum}		
6	1	/	9,58	9,58	/	9,58	/	1,32	1,32	/	1,32	/	6,38	6,38	/	6,38	/	0,76	0,76	/	0,76	/	0,76
	2	-12,64	11,38	24,02	/	24,02	-0,89	1,13	2,04	/	2,02	-8,42	7,58	16,00	/	16,00	-0,99	0,89	1,88	/	1,88	/	1,88
	3	-10,24	11,11	29,95	/	29,95	-1,08	1,11	2,19	/	2,19	-7,22	7,39	14,61	/	14,61	-0,86	0,87	1,73	/	1,73	/	1,73
5	1	/	14,25	14,25	9,58	23,83	/	1,86	1,86	1,32	3,18	/	5,36	5,36	6,38	11,74	/	1,93	1,93	0,76	2,69	/	2,69
	2	-10,07	16,49	26,56	24,02	50,58	-2,35	2,15	4,50	2,02	6,52	-6,79	6,19	12,98	16,00	28,98	-2,45	2,23	4,68	1,88	6,56	/	6,56
	3	-15,83	16,16	31,99	29,95	61,94	-2,06	2,11	4,17	2,19	6,36	-5,95	6,08	12,03	14,61	26,64	-2,14	2,18	4,32	1,73	6,05	/	6,05
4	1	/	14,28	14,28	23,83	38,11	/	1,78	1,78	3,18	4,96	/	5,37	5,37	11,74	17,11	/	1,93	1,93	2,69	4,62	/	4,62
	2	-18,04	16,48	34,52	50,58	85,10	-2,43	2,15	4,58	6,52	11,10	-6,78	6,19	15,97	28,98	44,95	-2,44	2,23	4,76	6,56	11,32	/	11,32
	3	-15,84	16,16	31,99	61,94	93,93	-2,06	2,11	4,17	6,36	10,53	-5,95	6,08	12,03	26,64	38,67	-2,14	2,19	4,33	6,05	10,38	/	10,38
3	1	/	14,28	14,28	38,11	52,39	/	1,78	1,78	4,96	6,74	/	5,37	5,37	17,11	22,48	/	1,93	1,93	4,62	6,55	/	6,55
	2	-18,04	16,48	34,52	85,10	119,62	-2,43	2,15	4,58	11,10	15,68	-6,78	6,19	15,97	44,95	89,92	-2,44	2,23	4,76	11,32	16,08	/	16,08
	3	-15,84	16,16	31,99	93,93	125,92	-2,06	2,11	4,17	10,53	14,70	-5,95	6,08	12,03	38,67	50,70	-2,14	2,19	4,33	10,38	14,71	/	14,71
2	1	/	14,28	14,28	52,39	66,67	/	1,78	1,78	6,74	8,52	/	5,37	5,37	22,48	27,87	/	1,93	1,93	6,55	8,48	/	8,48
	2	-18,04	16,48	34,52	119,62	154,14	-2,43	2,15	4,48	15,68	20,26	-6,78	6,19	15,97	60,92	76,89	-2,44	2,23	4,76	16,08	20,84	/	20,84
	3	-15,84	16,16	31,99	125,92	157,91	-2,06	2,11	4,17	14,70	18,87	-5,95	6,08	12,03	50,70	62,73	-2,14	2,19	4,33	14,71	19,04	/	19,04
1	1	/	14,28	14,28	66,67	80,95	/	1,78	1,78	8,52	10,30	/	5,37	5,37	27,87	33,22	/	1,93	1,93	8,48	10,41	/	10,41
	2	-18,04	16,48	34,52	154,14	188,66	-2,43	2,15	4,58	20,26	24,84	-6,78	6,19	15,97	76,89	92,86	-2,44	2,23	4,76	20,84	25,60	/	25,60
	3	-15,84	16,16	31,99	157,91	189,90	-2,06	2,11	4,17	18,87	23,06	-5,95	6,08	12,03	62,73	74,76	-2,14	2,19	4,33	19,04	23,37	/	23,37

42 combinaisons des sollicitations

Les différentes combinaisons des sollicitations sont évaluées conformément aux règles BAEL 80 et aux règles RPA 81

Notations des actions:

- G pour les charges permanentes
- φ_B pour les charges d'exploitation
- w pour le vent
- S_i pour le séisme

1) Combinaisons d'actions à considérer pour les états-limites ultimes de résistance.

- Situations durables ou transitoires:

$$1,35G + 1,5W + \varphi_B$$

$$1,35G + 1,5\varphi_B + 1,2W$$

- Situations accidentelles: RPA 81 (art 3.3.2)

$$\left. \begin{array}{l} G + \varphi_B \pm S_i \\ 0,8G \pm S_i \end{array} \right\} \text{ pour les poutres}$$

$$\left. \begin{array}{l} G + \varphi_B \pm 1,2S_i \\ 0,8G \pm S_i \end{array} \right\} \text{ pour les poteaux}$$

2) Combinaisons d'actions considérées pour les états-limites de service

$$G + \varphi_B + 0,9W$$

$$G + W + 0,8\varphi_B$$

Combinaisons des sollicitations:

Etat-limite ultime:

	Moment en travée	Moment à l'appui	Effort tranchant
poutre	$M_t = M_0(1,35G + 1,5\varphi_B) - \frac{M_g(1,35G) + M_d(1,35G) \pm M_e(1,2W)}{2}$	$M_a(1,35G) + M_a(1,5\varphi_B) \pm M_a(1,2W)$	$T(1,35G) + T(1,5\varphi_B) \pm T(1,2W)$
	$M_t = M_0(G + \varphi_B) - \frac{M_g(G) + M_d(G)}{2} \pm M_e(1,5W)$	$M_a(G) + M_a(\varphi_B) \pm M_a(1,5W)$	$T(G) + T(\varphi_B) \pm T(1,5W)$
	$M_t = M_0(G + \varphi_B) - \frac{M_g(G) + M_d(G)}{2} \pm M_e(S_i)$	$M_a(G) + M_a(\varphi_B) \pm M_a(S_i)$	$T(G) + T(\varphi_B) \pm T(S_i)$
	$M_t = M_0(0,8G) - \frac{M_g(0,8G) + M_d(0,8G)}{2} \pm M_e(S_i)$	$M_a(0,8G) \pm M_a(S_i)$	$T(0,8G) \pm T(S_i)$

	Effort normal	moment
poteau	$N(1,35G) + N(1,5\varphi_B) \pm N(1,2W)$	$M(1,35G) + M(1,5\varphi_B) + M(1,2W)$
	$N(1,35G) + N(1,5W) \pm N(\varphi_B)$	$M(1,35G) + N(1,5W) \pm N(\varphi_B)$
	$N(G) + N(\varphi_B) \pm N(1,2S_i)$	$M(G) + N(\varphi_B) \pm N(1,2S_i)$
	$N(0,8G) \pm N(S_i)$	$M(0,8G) \pm N(S_i)$

Etat-limite de service:

	Moment en travée	Moment à l'appui
poutre	$M_t = M_0(G + \varphi_B) - \frac{M_g(G) + M_d(G)}{2} \pm M_e(0,9W)$	$M_a(G) + M_a(\varphi_B) \pm M_a(0,9W)$
	$M_t = M_0(G + 0,8\varphi_B) - \frac{M_g(G) + M_d(G)}{2} \pm M_e(W)$	$M_a(G) + M_a(0,8\varphi_B) \pm M_a(W)$

	Effort normal	moment
poteau	$N(G) + N(\varphi_B) \pm N(0,9W)$	$M(G) + M(\varphi_B) \pm M(0,9W)$
	$N(G) + N(0,8\varphi_B) \pm N(W)$	$M(G) + M(0,8\varphi_B) \pm M(W)$

MOMENTS DANS LES POTEAUX (en KN.m) (PORTIQUES 8-8 & 9-9)

POR	NIV	POT	1,35G+15Q +1,2W		1,35G+15Q -1,2W		1,35G+15W +Q		1,35G+Q -1,5W		G+Q+1,2S _i		G+Q-1,2S _i		0,8G+S _i		0,8G-S _i		G+Q+0,9W		G+Q-0,9W		G+W+0,8Q		G+W+0,8Q			
			M _{sup}	M _{inf}	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i
9-9	6	A	13,14	8,99	1,24	2,58	14,36	9,39	-9,51	-1,38	35,77	20,66	-25,23	-12,20	29,21	16,79	-21,02	-10,95	9,73	6,60	0,80	1,79	10,12	6,71	0,20	1,37		
		B	5,92	2,36	-8,96	-5,65	9,90	3,58	-10,69	-6,43	37,04	19,37	-32,24	-21,71	31,11	16,52	-32,46	-17,71	4,48	1,80	-6,68	-4,17	5,15	2,25	-7,24	-4,42		
		C	6,28	3,07	-8,59	-4,94	8,20	4,18	-10,39	-5,83	28,57	15,73	-30,26	-17,07	23,93	13,31	-25,10	-14,02	4,74	2,33	-6,49	-3,67	5,38	2,71	-7,01	-3,96		
	5	A	19,86	15,36	-6,20	-2,00	22,67	17,10	-9,90	-4,62	53,16	36,98	-43,24	-27,28	47,41	29,95	-36,92	-21,60	14,73	11,36	-4,81	-1,66	15,64	11,71	-6,08	-2,56		
		B	14,44	9,02	-18,15	-12,67	18,75	11,97	-21,98	-15,14	58,95	38,88	-61,59	-41,48	49,56	32,20	-50,89	-34,15	10,90	6,83	-13,54	-9,43	12,35	7,83	-14,20	-10,24		
		C	15,24	9,82	-17,74	-11,89	19,44	12,66	-21,29	-14,47	47,45	15,66	-42,95	-17,14	39,77	13,27	-40,57	-14,00	11,47	7,40	-12,97	-8,88	12,88	8,36	-14,29	-9,74		
	4	A	25,81	22,32	-12,46	-8,96	30,16	25,80	-17,68	-13,32	64,85	53,94	-55,15	-44,24	53,17	44,08	-46,82	-37,77	19,20	16,58	-9,50	-6,88	20,62	17,70	-11,27	-8,36		
		B	22,08	17,73	-25,70	-21,38	28,30	22,26	-31,48	-26,03	73,71	60,06	-76,31	-62,66	61,85	50,48	-63,16	-51,79	16,63	13,97	-19,29	-15,97	18,72	15,10	-21,13	-17,50		
		C	22,84	18,56	-24,95	-20,55	28,98	23,52	-30,80	-25,33	59,26	15,69	-60,74	-17,11	49,60	3,27	-50,39	-14,06	17,19	13,96	-19,67	-15,38	19,24	15,60	-20,62	-16,96		
	3	A	30,12	30,12	-16,76	-16,76	35,54	35,55	-23,07	-23,07	70,19	70,19	-60,49	-60,49	57,62	57,62	-51,27	-51,27	22,43	22,43	-12,73	-12,73	24,21	24,20	-14,86	-14,86		
		B	27,47	27,47	31,13	31,13	35,04	35,04	-38,21	-38,21	80,37	80,37	-82,97	-82,97	67,40	67,40	-68,71	-68,71	20,67	20,67	-23,27	-23,27	23,21	23,20	-25,62	-25,62		
		C	28,26	28,26	-30,34	-30,34	35,71	35,71	-37,54	-37,54	64,60	64,60	-66,08	-66,08	54,05	54,05	-54,84	-54,84	21,23	21,23	-22,71	-22,71	23,73	23,70	-25,11	-25,11		
	2	A	36,40	36,40	-23,04	-23,04	43,39	43,39	-30,91	-30,91	77,37	77,37	-67,67	-67,67	63,61	63,61	-57,26	-57,26	27,14	27,14	-17,44	-17,44	29,44	29,44	-20,09	-20,09		
		B	35,33	35,33	-38,99	-38,99	44,86	44,86	-48,06	-48,06	89,34	89,34	-91,94	-91,94	74,88	73,34	-76,19	-75,65	26,53	26,57	-29,17	-29,17	29,76	29,76	-32,17	-32,17		
		C	36,12	36,12	38,20	38,20	45,54	45,54	-47,34	-47,34	71,78	71,79	-73,26	-73,26	60,04	60,04	-60,83	-60,83	27,13	27,13	-28,61	-28,61	30,28	30,28	-31,66	-31,66		
	1	A	35,34	49,67	-21,99	-36,31	42,07	59,98	-29,59	-47,50	66,59	97,67	-54,89	-87,76	54,62	80,35	-48,27	-74,00	26,35	37,09	-16,65	-27,39	28,56	40,50	-19,21	-31,15		
		B	33,93	51,90	-37,58	-55,56	43,11	65,58	-46,28	-68,75	75,88	114,47	-78,48	-117,07	63,66	95,82	-64,97	-97,13	25,52	39,00	-28,12	-41,60	28,59	43,57	-31,00	-45,98		
		C	34,72	52,69	-36,79	-54,77	43,78	66,25	-45,61	-68,08	61,00	115,03	-62,48	-116,05	51,01	96,08	-51,84	-96,87	26,08	39,56	-27,56	-41,04	29,11	44,10	-30,49	-45,47		
8-8	6	A	16,24	10,84	5,49	5,05	17,40	10,68	3,66	3,45	34,04	19,74	-12,14	-8,36	27,32	14,86	-16,17	-8,55	11,97	7,86	3,91	3,52	12,23	7,75	3,27	2,93		
		B	-12,03	-7,44	1,38	-0,21	-13,47	-7,92	3,30	1,11	-36,50	-20,29	28,72	14,81	-29,90	-16,14	24,45	13,12	-8,92	-5,45	1,74	-0,03	-9,38	-5,58	1,79	0,44		
	5	A	20,70	16,57	-2,84	0,87	22,66	17,57	-6,76	-2,04	49,91	35,28	-37,11	-22,78	39,80	27,65	-32,72	-20,73	15,03	12,14	-2,43	0,36	15,82	12,41	-3,80	-0,64		
		B	-19,02	-14,06	10,39	5,51	-22,22	-16,04	14,55	8,46	-57,50	-39,34	51,34	33,24	-47,07	-31,93	43,65	28,55	-14,12	-10,40	7,94	4,30	-15,16	-11,63	9,36	5,31		
	4	A	25,75	22,67	-8,30	-5,22	29,05	25,19	-13,52	-9,66	60,44	50,60	-47,94	-38,10	48,60	40,42	-41,69	-33,49	19,02	16,71	-6,52	-4,21	20,06	17,48	-8,72	-5,75		
		B	-25,56	-21,68	17,04	13,16	-30,41	-25,57	22,83	17,99	-70,79	-58,46	64,64	52,37	-58,73	-47,87	54,76	44,49	-19,02	-16,12	12,93	10,02	-20,61	-17,38	14,89	11,66		
	3	A	29,89	35,67	-12,44	-12,44	34,22	34,22	-18,69	-18,69	65,37	65,37	-52,87	-52,87	52,77	52,73	-45,71	-45,81	22,13	22,13	-9,67	-9,62	23,50	23,50	-11,77	-11,77		
		B	-30,71	-37,81	22,20	22,20	-36,86	-36,86	29,28	29,28	-76,96	-76,95	70,90	70,86	-63,27	-63,29	59,20	59,90	-22,75	-22,89	16,79	16,79	-24,91	-24,91	19,19	19,19		
	2	A	35,57	47,78	-18,12	-18,12	41,32	41,32	-25,79	-25,78	71,71	71,71	-59,81	-59,81	57,01	58,01	-51,08	-51,08	26,38	26,38	-13,88	-13,88	28,24	28,24	-26,50	-16,50		
		B	-37,81	-53,08	29,29	29,29	-45,72	-45,73	28,15	38,15	-84,89	-84,87	78,77	78,78	-69,77	-69,88	66,50	66,50	-28,21	-28,21	02,11	22,11	-30,82	-30,82	25,10	25,09		
	1	A	34,76	14,86	-17,31	-30,33	49,71	56,59	-24,78	-41,06	62,13	90,07	-49,63	-77,57	50,03	73,31	-43,11	-66,38	25,78	35,54	-13,29	-23,04	27,57	38,42	-15,23	-26,68		
		B	-36,81	-16,44	28,29	44,89	-44,48	-64,82	36,90	57,25	-79,20	-107,33	66,70	101,73	-59,89	89,01	56,52	75,63	-27,47	39,67	21,37	33,57	30,00	43,55	-24,27	-37,83		

MOMENTS DANS LES POUTRES PORTIQUEE 8-8 en (kN.m)

ETAT LIMITE ULTIME

		1,35G+1,5Q+1,2W			1,35G+1,5Q-1,2W			1,35G+1,5W+Q			1,35G+1,5W+Q			G+Q+S _i			G+Q-S _i			0,8G+S _i			0,8G-S _i		
N _i	V	M _t																							
		T _{RA}	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d
6	AB	16,24	46,81	44,36	5,45	42,44	41,17	17,01	45,35	41,76	3,66	39,90	37,37	29,69	41,46	37,46	-13,81	23,76	24,56	27,33	31,73	26,46	-26,17	14,03	13,56
	BC	43,23	43,23	-22,25	34,78	34,78	-22,25	43,19	43,19	-22,74	3,28	3,28	-22,77	47,02	47,02	-16,60	10,42	10,42	-16,60	38,45	38,45	-14,11	1,85	1,85	-14,11
	CD	46,81	16,24	44,36	48,44	5,45	41,17	45,35	17,01	41,76	39,89	3,66	37,37	41,46	29,69	37,46	23,76	-13,81	24,56	31,73	27,33	26,46	14,03	-16,17	13,56
5	AB	31,54	47,49	52,84	2,22	35,56	44,16	33,35	44,40	46,43	-3,31	29,49	35,57	60,09	49,27	48,49	-35,9	10,21	20,03	54,70	36,00	29,64	-41,30	-3,06	1,18
	BC	45,74	45,74	-8,54	21,02	21,02	-8,54	45,15	45,15	-10,36	14,26	14,26	-10,36	64,37	64,37	-6,73	-16,55	-16,55	-6,73	53,71	53,71	-8,30	-21,21	-21,21	-8,30
	CD	47,49	31,54	52,84	35,56	2,22	44,16	44,40	33,35	46,43	29,49	-3,31	35,57	49,27	60,09	48,49	10,21	-35,90	20,03	36,00	54,70	29,64	-3,06	-41,30	1,18
4	AB	42,33	51,73	55,88	-7,42	31,47	41,12	46,62	49,62	50,23	-15,57	24,37	31,78	81,85	58,02	54,82	-55,85	1,58	13,70	76,27	44,74	35,97	-62,43	-11,70	-5,15
	BC	54,09	54,09	-8,35	12,14	12,14	-8,35	55,62	55,62	-10,17	3,23	3,23	-10,17	82,17	82,17	-6,59	-34,77	-34,77	-6,59	41,61	41,61	-8,19	-45,33	-45,33	-8,19
	CD	51,73	42,33	55,88	31,47	-7,42	41,12	46,62	49,62	50,23	24,37	-15,57	31,78	58,02	81,85	54,82	1,58	-55,85	13,70	44,74	76,27	35,97	-11,70	-62,43	-5,15
3	AB	52,56	55,88	58,92	17,66	27,32	38,08	59,42	54,88	54,02	-28,36	19,18	27,98	98,72	64,88	59,83	-73,72	5,28	8,69	93,14	51,60	40,98	-79,30	-18,56	-10,16
	BC	62,68	62,68	-8,35	3,49	3,49	-8,35	66,44	66,44	-10,17	-7,54	-7,54	-10,17	96,39	96,39	-6,59	-48,99	-48,99	-6,59	35,83	35,83	-8,19	-59,55	-59,55	-8,19
	CD	55,88	52,56	58,92	27,32	17,66	38,08	54,88	59,42	54,02	19,18	-28,36	27,98	64,88	98,72	59,83	5,28	-73,72	8,69	51,60	93,14	40,98	-18,56	-79,30	-10,16
2	AB	65,46	61,14	62,74	-30,56	22,07	34,26	75,54	61,44	58,80	-44,49	12,60	23,19	116,32	72,05	65,05	-91,32	-12,45	3,48	110,74	58,77	46,19	-96,90	-25,73	-15,37
	BC	73,55	73,55	-8,35	-7,38	-7,38	-8,35	80,03	80,03	-10,17	-21,13	-21,13	-10,17	117,23	117,23	-6,59	-63,83	-63,83	-6,59	100,67	100,67	-8,19	-74,39	-74,39	-8,19
	CD	61,14	65,46	62,74	22,07	-30,56	34,26	61,44	75,54	58,80	12,60	-44,49	23,19	72,05	116,32	65,05	-91,32	-12,45	3,48	58,77	110,74	46,19	-25,73	-96,90	-15,37
1	AB	70,34	63,12	64,18	-35,43	20,09	32,82	81,63	63,92	60,61	-50,58	10,13	21,39	113,62	70,95	64,24	-88,62	-11,35	4,28	108,04	57,67	45,39	-94,20	-24,63	-14,57
	BC	77,67	77,67	-8,35	-11,49	-11,49	-8,35	85,18	85,18	-10,17	-26,27	-26,27	-10,17	108,95	108,95	-6,59	-61,55	-61,55	-6,59	98,39	98,39	-8,19	-72,10	-72,10	-8,19
	CD	63,12	70,34	64,18	20,09	-35,43	32,82	63,92	81,63	60,61	10,13	-50,58	21,39	70,95	113,62	64,24	-88,62	-11,35	4,28	57,67	108,04	45,39	-24,63	-94,20	-14,57

MOMENTS DANS LES POUTRES PORTIQUE 9-9 en (kN.m)

ETAT LIMITE ULTIME

		1,35G+1,5Q+1,2W			1,35G+1,5Q-1,2W			1,35G+1,5W+Q			1,35G-1,5W+Q			G+Q+S _i			G+Q-S _i			0,8G+S _i			0,8G-S _i		
N ^v	Trav	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t
6	AB	13.15	21.9	34.39	1.24	17.05	31.4	14.37	27.25	33.75	-0.51	15.19	29.34	30.69	27.50	30.25	-20.15	0.80	18.17	29.21	22.66	22.82	-21.63	-4.03	10.74
	BC	22.97	7.1	4.43	12.94	-4.80	3.49	21.10	8.53	4.03	10.56	-6.34	2.86	34.49	26.26	4.81	-23.8	-24.58	0.83	30.08	26.00	3.41	-12.8	-24.84	-0.56
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
5	AB	28.86	29.93	44.62	-3.62	16.77	35.00	32.07	28.59	42.69	-8.52	12.16	30.36	66.15	39.82	45.63	-47.83	-4.56	11.83	62.96	31.86	34.38	-51.02	-14.52	0.58
	BC	33.50	18.22	8.20	6.13	-14.25	5.63	34.48	22.05	6.69	0.29	18.54	3.49	62.19	58.41	9.19	-33.91	-57.57	0.25	55.47	57.75	5.33	-40.63	-56.23	-3.61
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
4	AB	41.13	34.70	48.03	-14.52	12.07	31.56	47.21	34.63	46.69	-2.36	6.34	26.06	86.44	47.93	51.49	-67.12	-14.57	-5.97	83.10	39.95	40.24	-70.46	-22.55	-5.28
	BC	43.98	29.93	9.10	-3.74	-25.73	4.73	46.62	36.63	7.22	12.02	-22.94	2.36	72.82	72.28	10.74	-50.58	-75.28	-1.30	72.13	77.57	6.87	-57.37	-72.99	-5.16
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
3	AB	52.40	39.30	51.41	-25.79	7.48	28.23	61.30	40.37	50.87	-36.45	0.59	2.88	105.02	55.42	57.01	-35.70	-22.12	0.45	101.68	47.50	45.76	-82.04	-30.10	-10.8
	BC	52.48	41.19	9.99	-13.24	-36.99	3.84	58.50	50.72	8.93	-29.91	-42.02	1.25	94.43	94.26	12.22	-46.89	-93.86	-2.78	87.74	96.15	8.76	-72.95	-96.58	-6.64
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
2	AB	66.48	45.02	55.52	-39.87	1.75	24.05	78.09	47.53	56.08	-54.04	-6.56	16.67	124.55	63.43	62.80	-105.29	-10.07	-5.34	121.21	57.46	5.55	-108.57	-37.05	-16.59
	BC	64.55	55.27	11.08	-25.11	-51.07	2.76	73.34	68.31	10.29	-48.74	-44.62	-0.11	110.92	116.39	13.74	-82.18	-112.39	-4.30	104.23	115.68	9.87	-89.47	-114.1	-8.16
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/
1	AB	71.70	47.15	57.09	-45.09	-0.37	22.54	85.41	50.18	57.97	-60.56	-9.21	14.77	121.55	62.21	61.91	-102.23	-28.85	-4.41	118.21	54.13	50.66	-105.50	-36.83	-15.7
	BC	68.95	60.49	11.50	-29.50	-56.29	2.33	78.83	74.84	10.22	-44.23	-71.74	-2.63	102.40	113.39	13.50	-80.26	-110.39	-4.06	101.71	112.68	9.64	-86.95	-111.10	-7.92
		0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/	0	0	/

627

MOMENTS DANS LES POUTRES en (kN.m)

ETAT LIMITE DE SERVICE																									
PORTIQUE 8-8													PORTIQUE 9-9												
		G+Q+0.9W			G+Q-0.9W			G+W+0.8Q			G-W+0.8Q			G+Q+0.9W			G+Q-0.9W			G+W+0.8Q			G-W+0.8Q		
N°	T _{RA}	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t
		6	AB	11.97	34.26	32.24	3.91	30.97	29.81	12.23	33.63	31.14	3.27	29.99	28.48	9.73	15.97	25.53	0.81	12.33	22.88	10.12	15.67	25.02	0.20
	BC	32.11	32.11	-16.60	25.33	25.33	-16.60	31.77	31.78	-16.81	24.24	24.24	-16.81	16.81	5.30	3.17	9.23	-3.62	2.47	16.78	5.78	3.00	0.42	-4.14	2.22
	CD	34.14	11.97	32.21	30.97	3.91	29.81	33.63	12.23	31.14	29.99	3.27	28.48	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
5	AB	23.09	34.21	37.52	1.09	25.27	31.00	13.57	32.86	34.88	-0.87	22.94	27.64	21.34	21.58	32.34	-3.02	11.67	25.12	22.35	20.98	31.36	-4.71	9.96	23.34
	BC	33.18	33.18	-6.73	14.64	14.64	-6.73	32.74	32.74	-7.46	12.14	12.14	-7.46	24.40	13.59	5.68	3.88	-10.76	3.75	24.57	14.86	5.06	1.77	-12.2	2.12
	CD	34.21	23.09	37.52	25.27	1.09	31.00	32.86	23.57	34.88	22.94	-0.87	27.64	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
4	AB	31.16	37.40	39.79	-6.16	22.20	28.72	32.46	36.41	37.47	-9.00	19.53	25.11	30.53	25.17	34.92	11.21	8.19	22.54	32.49	24.95	34.23	-13.88	6.09	20.49
	BC	39.43	39.43	-6.59	7.97	7.97	-6.59	39.73	39.73	-7.32	4.77	4.77	-7.32	31.67	22.37	6.36	-3.52	-19.37	3.08	32.65	24.59	5.81	-6.45	-21.99	21.70
	CD	37.40	31.16	39.79	22.20	-6.16	28.72	36.41	32.46	37.41	19.53	-9.00	25.11	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
3	AB	38.83	40.51	42.07	-13.83	19.09	26.45	49.99	39.87	39.94	17.53	39.94	22.58	38.98	28.61	37.42	-19.66	4.75	20.04	41.89	28.78	37.01	-23.27	2.26	17.69
	BC	45.89	45.89	-6.59	1.51	1.51	-6.59	46.91	46.91	-7.32	2.41	2.41	-7.32	38.79	30.82	7.02	-10.65	-27.82	2.42	40.57	33.98	6.55	-14.37	-31.18	1.43
	CD	40.51	38.83	42.07	19.09	-13.83	26.45	39.87	49.99	39.94	16.07	17.53	22.58	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
2	AB	48.51	44.45	44.92	-23.51	15.15	23.60	51.74	44.52	43.10	-22.28	11.69	19.42	49.54	32.91	40.56	-30.22	0.45	16.90	52.62	32.55	40.49	-35.00	-2.51	14.21
	BC	54.05	54.05	-6.59	-6.65	-6.65	-6.59	55.97	55.97	-7.32	-11.47	-11.47	-7.32	47.69	41.38	7.84	-19.55	-38.37	1.59	52.46	44.71	6.46	-24.16	-42.91	0.52
	CD	44.45	48.51	44.92	15.15	-23.51	23.60	44.52	51.74	43.10	11.69	-22.28	19.42	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
1	AB	52.16	47.94	46.02	-27.16	13.66	22.49	55.08	45.90	44.33	-32.34	10.04	18.19	53.45	34.50	41.69	-34.23	-1.14	15.77	57.97	35.32	41.75	-39.75	-4.28	12.95
	BC	57.14	57.14	-6.59	-9.73	-9.73	-6.59	59.40	59.40	-7.32	-14.90	-14.90	-7.32	50.99	45.29	8.16	-22.25	-42.29	1.28	54.12	50.06	7.81	-27.92	47.26	0.17
	CD	47.94	52.16	46.02	13.66	-27.16	22.49	45.90	55.08	44.33	10.04	-32.34	18.19	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—

PORTIQUES 8 & 9

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES em(KN)

P	NIV	T R A	135G+15Q +1.2W		135G+15Q -1.2W		135G+15W +Q		135G+Q -1.5W		G+Q+S _c		G+Q-S _c		0.8G+S _c		0.8G-S _c	
			T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
8-8	6	AB	52.01	87.2	49.15	77.49	50.77	85.42	46.06	72.85	44.87	80.67	29.57	40.07	33.23	63.19	17.93	215.9
		BC	26.15	26.15	16.09	16.09	26.49	26.49	13.92	13.92	35.74	34.74	-4.86	-4.86	31.19	31.19	-9.41	-9.41
	5	AB	62.8	92.7	52.6	64.6	57.39	87.32	44.49	52.99	58.15	101.16	24.39	11.26	38.98	76.83	5.22	-12.07
		BC	35.2	35.2	7.77	7.77	36.38	36.38	2.06	2.06	60.37	60.37	-29.53	-29.53	52.63	52.63	-36.27	-36.27
	4	AB	64.69	101.5	47.2	54.88	60.71	99.14	38.84	40.87	64.46	121.06	15.68	-8.86	46.58	96.75	-2.19	-33.17
		BC	44.82	44.82	-1.79	-1.79	48.36	48.36	-9.90	-9.90	80.39	80.39	-49.53	-49.53	73.65	73.65	-56.27	-56.27
	3	AB	68.29	107.2	43.6	42.44	65.21	107.24	34.34	25.01	70.39	133.99	9.75	-27.55	52.51	140.26	-8.13	-51.28
		BC	54.41	54.41	-11.38	-11.38	60.35	60.35	-21.88	-21.88	96.2	96.2	-65.34	-65.34	89.46	89.46	-72.08	-72.08
	2	AB	72.83	123.17	39.06	33.21	70.88	126.23	28.67	13.79	76.59	162.35	7.55	-41.15	58.71	128.04	-14.33	-65.46
		BC	66.49	66.49	-23.44	-23.44	75.45	75.45	-36.99	-36.99	112.68	112.68	-81.82	-81.82	109.94	109.94	-88.56	-88.56
	1	AB	74.53	127.7	37.35	28.65	73.01	131.93	26.54	8.09	75.74	140.88	4.4	-38.68	57.86	126.57	-13.48	-62.99
		BC	71.05	71.05	-28.02	-28.02	81.15	81.15	-42.69	-42.69	110.15	110.15	-79.29	-79.29	102.41	102.41	-86.03	-86.03
8-9	6	AB	43.23	47.81	39.05	37.69	42.39	48.34	37.16	34.42	39.86	57.65	20.48	5.59	31.63	48.33	12.25	-3.73
		BC	36.02	13.26	24.88	9.69	35.9	14.06	21.98	8.84	48.25	18.34	-3.81	-1.04	41.39	16.09	-10.67	-3.28
	5	AB	55.19	70.04	43.76	39.63	53.69	69.89	39.4	31.88	56.04	98.09	15.96	-18.61	44.16	83.82	4.08	-32.88
		BC	46.61	17.30	16.21	5.88	46.91	16.67	8.9	3.39	80.84	28.39	-35.86	-11.69	70.73	25.62	-45.97	-15.06
	4	AB	59.42	80.75	39.86	28.62	58.93	83.32	34.49	18.16	63.13	118.26	9.11	-39	51.22	104.02	-2.80	-53.24
		BC	57.36	22.10	5.24	2.54	60.39	23.26	-4.77	-1.18	101.04	35.85	-56.22	-18.17	90.97	32.04	-66.89	-21.98
	3	AB	63.39	91.11	35.89	18.06	63.90	96.52	29.52	4.96	69.66	137.25	2.57	-57.99	57.75	123.01	-9.33	-72.23
		BC	67.92	26.07	-5.32	-1.43	73.59	28.23	-17.97	-6.15	120.03	42.38	-75.21	-24.19	109.96	38.56	-95.28	-28.51
	2	AB	68.34	104.5	30.95	4.87	70.08	113.00	23.74	-11.52	76.53	146.26	-4.29	-78.00	64.62	143.02	-16.20	-92.24
		BC	81.11	31.01	-18.51	-6.38	90.08	34.41	-34.65	-12.22	140.04	49.25	-95.22	-31.57	129.97	45.43	-105.3	-35.38
	1	AB	70.23	109.78	29.04	-0.12	72.65	119.11	20.97	-17.63	75.47	145.10	-3.23	-75.93	63.58	139.95	-15.14	-89.17
		BC	86.00	32.91	-23.39	-8.27	96.18	36.78	-40.56	-14.70	136.97	48.19	-92.15	-30.51	126.90	44.37	-102.22	-34.38

MOMENTS DANS LES POTEAUX (PORTIQUE A-A) en (kN.m)

		ELU (Situation durable)								ELU (Situation accidentelle)								ELS							
		1.75G+1.5Q +1.2W		1.75G+1.5Q -1.2W		1.75G+1.5W +Q		1.35G-1.5W +Q		G+Q+1.2S _i		G+Q-1.2S _i		0.8G+S _i		0.8G-S _i		G+Q+0.9W		G+Q-0.9W		G+W+0.8Q		G-W+0.8Q	
NIV	POTEAU	M _{sup}	M _{inf}	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i
6	1	5.74	3.37	1.59	1.14	5.69	3.55	0.5	0.76	26.55	14.55	-21.37	-11.25	21.13	11.91	-18.81	-9.59	4.14	2.48	1.03	0.81	4.09	2.54	0.63	0.68
	2	2.09	0.81	-3.09	-1.96	2.75	1.19	-3.73	-2.29	29.57	15.69	-30.31	-16.54	24.68	13.13	-25.22	-13.33	1.57	0.62	-2.31	-1.46	1.79	0.75	-2.52	-1.57
	3	2.59	1.40	-2.59	-1.38	3.24	1.75	-3.24	-1.73	29.94	16.12	-29.99	-16.11	24.95	13.43	-24.95	-13.43	1.94	1.05	-1.94	-1.04	2.16	1.16	-2.16	-1.15
5	1	7.08	5.50	-1.99	-0.55	8.10	6.15	-3.24	-1.41	41.84	28.47	-38.12	-24.85	74.63	23.49	-32.01	-20.85	5.26	4.08	-1.54	-0.46	5.59	4.28	-1.96	-0.75
	2	5.05	3.15	-6.30	-4.41	6.49	4.12	-7.7	-5.33	49.54	32.87	-50.46	-33.34	41.33	27.45	-42.01	-28.11	3.79	2.37	-4.72	-3.29	4.28	2.70	-5.18	-3.60
	3	6.68	3.76	-5.66	-3.79	7.10	4.72	-7.08	-4.73	50.01	33.33	-50.00	-38.91	41.67	27.78	-41.67	-27.78	4.26	2.83	-4.25	-2.84	4.73	3.14	-4.72	-3.15
4	1	9.05	7.85	-4.09	-2.89	10.58	9.08	-5.85	-4.35	51.81	42.53	-48.19	-51.38	42.94	35.20	-40.39	-32.66	6.74	5.84	-3.12	-2.22	7.25	6.25	-3.71	-2.70
	2	7.60	6.09	-8.83	-7.35	9.68	7.79	-10.86	-9.00	61.77	50.46	-62.67	-50.92	51.52	42.10	-52.12	-42.76	5.71	4.58	-6.61	-5.5	6.41	5.15	-7.29	-6.05
	3	8.23	6.71	-8.21	-6.73	10.28	8.39	-10.21	-8.41	62.23	50.95	-62.21	-52.91	51.85	42.93	-51.85	-42.43	6.17	5.03	-6.15	-5.05	6.85	5.59	-6.84	-5.60
3	1	10.66	10.66	-5.7	-5.71	12.59	12.59	-7.76	-7.86	56.03	56.03	-52.41	-68.74	46.41	46.45	-43.91	-43.91	7.95	7.95	-4.33	-4.33	8.58	8.58	-5.05	-5.05
	2	9.61	9.59	-10.83	-10.85	12.18	12.18	-13.37	-13.38	67.32	67.32	-68.24	-67.42	56.15	56.15	-56.81	-56.81	7.22	7.22	-8.12	-8.12	8.08	8.08	-8.86	-8.97
	3	10.24	10.21	-10.21	-10.28	12.77	12.77	-12.79	-12.79	67.41	67.41	-67.42	-58.32	56.48	56.18	-56.81	-56.81	7.68	7.68	-7.66	-7.66	8.51	8.51	-8.51	-8.52
2	1	12.83	12.83	-7.88	-7.87	15.31	15.31	-10.58	-12.58	61.94	61.94	-58.32	-75.64	51.38	51.38	-48.81	-48.81	9.56	9.56	-5.95	-5.95	10.39	10.39	-6.86	-6.86
	2	12.33	12.32	-13.56	-13.57	15.58	15.58	-10.58	-10.58	74.72	74.72	-75.64	-75.19	62.32	62.32	-62.98	-62.98	9.26	9.26	-10.16	-10.16	10.34	10.34	-11.23	-11.24
	3	12.94	12.94	-12.96	-12.05	16.18	16.18	-16.77	-16.78	75.17	75.17	-75.19	-72.46	62.65	62.65	-62.65	-62.65	9.72	9.72	-9.7	-9.70	10.70	10.70	-10.78	-10.79
1	1	12.50	17.56	-7.56	-12.60	14.94	21.22	-16.20	-16.19	51.32	76.08	-47.7	-72.46	42.53	63.16	-39.98	-60.62	9.35	13.12	-5.73	-9.50	10.15	14.34	-6.61	-10.20
	2	11.95	18.22	-13.17	-19.48	15.11	22.96	-16.29	-24.16	61.44	92.39	-62.34	-93.32	51.25	77.05	-51.9	-7.7	8.97	13.67	-9.87	-14.59	10.03	15.26	-10.91	-16.16
	3	12.57	18.80	-12.55	-18.81	15.07	23.56	-16.69	-23.57	61.90	92.85	-60.88	-92.86	51.58	77.37	-51.58	-7.73	9.43	14.13	-9.41	-14.14	10.47	15.70	-10.46	-15.71

MOMENTS DANS LES POTEAUX

(PORTIQUE B-B) en (k.N.m)

		ELU (Situation durable)								ELU (Situation accidentelle)								ELS							
		1.35G+1.5Q +1.2W		1.35G+1.5Q -1.2W		1.35G+1.5W +Q		1.35G-1.5W +Q		G+Q+1.2S _i		G+Q-1.2S _i		0.8G+S _i		0.8G-S _i		G+Q+0.9W		G+Q-0.9W		G+W+0.8Q		G-W+0.8Q	
NIV	POTEAU	M _{sup}	M _{inf}	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i
6	1	3,40	2,07	-0,48	-0,02	3,84	2,24	-1,02	-0,37	23,64	12,89	-21,50	-11,42	19,58	10,57	-18,04	-9,69	2,53	1,52	-0,38	-0,04	2,67	1,57	-5,57	-9,17
	2	2,08	1,03	-2,78	-1,58	2,71	1,38	-3,38	-1,89	27,95	14,99	-28,47	-15,39	23,33	12,54	-23,69	-12,78	1,57	0,78	-2,08	-1,18	1,79	0,90	-2,28	-1,28
	3	2,44	1,31	-2,44	-1,31	3,04	1,63	-3,04	-1,63	28,21	15,19	-28,21	-15,19	23,51	12,66	-23,51	-12,66	1,83	0,98	-1,83	-0,98	2,03	1,04	-2,03	-1,09
5	1	4,42	3,94	-3,12	-1,72	6,38	4,57	-4,29	-2,54	38,51	25,26	-36,85	-24,31	31,89	21,40	-39,91	-20,42	7,03	2,94	-2,37	-1,32	4,35	3,14	-2,77	-1,60
	2	5,06	0,88	-5,62	-1,44	6,42	1,20	-6,93	-1,71	46,89	37,19	-47,29	-31,59	39,12	26,04	-39,36	-26,04	3,86	0,67	-4,20	-1,07	4,26	0,78	-4,64	-1,16
	3	5,34	1,16	-5,34	-3,94	6,67	1,45	-6,67	-1,45	47,09	31,39	-47,09	-31,39	39,24	26,16	-39,59	-26,16	4,00	0,87	-4,00	-0,87	4,45	0,97	-4,45	-0,97
4	1	7,32	6,19	-5,06	-4,60	8,75	7,30	-6,72	-5,31	47,68	39,16	-46,06	-37,54	39,53	32,43	-38,59	-31,49	5,45	4,61	-3,83	-2,98	5,93	4,98	-4,39	-3,45
	2	7,46	6,05	-8,02	-6,32	9,42	7,65	-9,93	-8,16	58,38	31,19	-58,78	-31,59	48,70	26,04	-48,94	-26,83	5,60	4,54	-6,00	-4,94	6,26	5,08	-6,64	-5,40
	3	7,74	6,35	-7,74	-6,66	9,67	7,90	-9,67	-7,90	58,58	31,39	-58,58	-31,39	48,72	26,16	-48,84	-26,16	5,80	4,74	-5,80	-4,74	6,46	5,27	-6,45	-5,27
3	1	8,22	8,82	-6,56	-6,56	10,63	10,63	-8,59	-8,59	57,85	51,85	-59,24	-59,24	43,01	43,01	-42,06	-42,06	5,59	5,58	-4,96	-4,96	7,17	7,17	-5,64	-5,64
	2	9,33	9,33	-9,89	-9,89	11,76	11,76	-12,27	-12,27	63,59	63,59	-63,94	-63,94	53,04	53,04	-53,28	-53,28	7,01	7,01	-7,49	-7,49	7,82	7,82	-8,20	-8,20
	3	9,61	9,61	-9,61	-9,61	12,01	12,01	-12,07	-12,07	63,79	63,79	-63,79	-63,79	53,16	53,16	-53,16	-53,16	7,21	7,21	-7,21	-7,21	8,01	8,01	-8,01	-8,01
2	1	10,87	10,87	-8,62	-8,62	13,19	13,19	-11,16	-11,16	57,41	57,41	-55,79	-55,79	47,64	47,64	-46,69	-46,69	8,12	8,12	-6,49	-6,49	8,89	8,89	-7,35	-7,35
	2	11,90	11,90	-12,46	-12,46	14,97	14,91	-15,48	-15,48	70,56	70,56	-70,96	-70,96	58,85	58,85	-59,09	-59,09	8,93	8,93	-9,33	-9,33	9,96	9,96	-10,34	-10,34
	3	12,18	12,18	-12,18	-12,18	15,22	15,22	-15,22	-15,22	70,76	70,76	-70,76	-70,76	58,97	58,97	-58,97	-58,97	9,13	9,13	-9,13	-9,13	10,15	10,15	-10,15	-10,15
1	1	10,58	15,29	-8,33	-13,40	12,83	18,73	-10,80	-16,69	46,95	64,98	-45,33	-68,36	38,92	52,88	-37,98	-52,88	7,90	11,44	-6,28	-9,82	8,64	12,57	-7,11	-11,04
	2	11,53	17,44	-12,08	-18,01	14,50	21,90	-15,01	-22,41	57,48	77,52	-57,88	-77,92	47,95	64,65	-48,19	-64,65	8,65	13,09	-9,06	-13,49	9,65	14,58	-10,03	-14,96
	3	11,81	17,72	-11,81	-17,72	14,76	22,15	-14,76	-22,15	57,68	77,72	-57,68	-77,72	48,07	64,77	-48,07	-64,77	8,85	13,29	-8,26	-13,29	9,84	14,77	-9,84	-14,77

MOMENTS DANS LES POUTRES PORTIQUE A-A en (kNm)

ETAT LIMITE ULTIME

		1.35G+1.5Q+1.2W			1.35G+1.5Q+1.2W			1.35G+1.5W+Q			1.35G+Q-1.5W			G+Q+S _i			G+Q-S _i			0.8G+S _i			0.8G-S _i		
NIV	TRA	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t
6	1-2	5,46	5,59	6,52	1,59	6,97	6,13	5,69	9,63	6,64	0,50	6,39	5,47	22,56	18,55	8,51	-17,38	-6,39	1,00	21,13	16,88	6,95	-18,81	-8,05	-0,55
	2-3	9,15	8,07	4,65	6,56	5,48	4,65	9,21	8,17	4,27	5,97	4,93	4,27	18,23	17,44	3,36	-6,71	-7,5	3,36	16,66	16,09	2,09	-8,28	-8,85	2,09
	3-4	8,07	8,07	6,73	5,48	5,48	4,73	8,17	8,17	4,76	4,93	4,93	4,76	17,44	17,44	3,72	-7,5	-7,5	3,72	16,09	16,09	4,46	-8,85	-8,85	4,46
5	1-2	10,46	16,31	10,25	-0,84	9,23	8,13	11,67	16,65	9,80	-2,46	7,80	7,16	49,56	36,89	14,91	-41,31	-18,21	-1,61	46,54	34,15	12,44	-42,4	-20,95	-4,07
	2-3	15,11	13,74	7,37	8,03	6,64	7,37	15,50	14,18	6,66	6,65	5,33	6,66	36,01	35,01	5,29	-19,09	-20,09	5,29	33,52	32,81	3,10	-21,58	-22,22	3,10
	3-4	13,74	13,74	7,97	6,64	6,64	7,97	14,18	14,18	7,26	5,33	5,33	7,26	35,01	35,01	5,75	-20,09	-20,09	5,75	32,81	32,81	3,46	-22,22	-22,22	3,46
4	1-2	14,56	18,80	10,91	-4,63	6,80	7,31	16,75	19,75	10,55	-7,25	4,75	6,15	67,32	49,17	18,53	-6,06	-30,45	-5,35	66,24	46,43	16,07	-61,14	-33,19	-7,80
	2-3	17,54	16,20	7,38	5,54	4,20	7,38	18,54	17,26	6,67	3,54	2,26	6,67	48,22	47,27	5,31	-31,37	-32,35	5,31	45,76	45,07	3,11	-33,86	-34,35	3,11
	3-4	16,20	16,20	7,97	4,20	4,20	7,97	17,26	17,26	7,26	2,26	2,26	7,26	47,27	47,27	5,75	-32,35	-32,35	5,75	45,07	45,07	3,46	-34,35	-34,35	3,46
3	1-2	18,53	21,27	11,65	-8,59	4,32	6,56	21,70	22,84	11,57	-12,20	1,66	5,22	82,74	58,21	21,42	-75,44	-40,09	-8,24	81,66	56,07	18,97	-76,56	-42,83	-10,69
	2-3	20,02	18,68	7,38	3,07	1,73	7,38	21,63	20,35	6,67	0,46	-0,83	6,67	57,02	56,91	5,31	-41,04	-41,97	5,31	55,40	54,71	3,11	-43,50	-44,19	3,11
	3-4	18,68	18,68	7,97	1,73	1,73	7,97	20,35	20,35	7,26	-0,83	-0,83	7,26	56,91	56,91	5,75	-41,97	-41,97	5,75	54,71	54,71	3,46	-44,19	-44,19	3,46
2	1-2	23,51	24,75	12,89	-13,57	0,85	5,64	27,92	27,19	12,73	-18,43	-2,68	4,06	98,92	69,63	24,9	-91,66	-50,31	-11,72	97,84	66,29	22,45	-92,74	-53,05	-14,17
	2-3	23,14	21,80	7,38	-0,05	-1,74	7,38	25,53	24,25	6,67	-3,46	-5,18	6,67	62,11	67,13	5,31	-51,23	-52,21	5,31	65,62	64,93	3,11	-53,72	-54,41	3,11
	3-4	21,80	21,80	7,97	-1,39	-1,74	7,97	24,25	24,25	7,26	-4,73	-5,18	7,26	67,13	67,13	5,75	-52,21	-52,21	5,75	64,93	64,93	3,46	-54,41	-54,41	3,46
1	1-2	25,38	25,55	12,93	-15,44	0,04	5,27	30,26	28,20	13,18	-20,77	-3,69	3,61	95,00	66,47	23,72	-87,74	-47,75	-10,54	93,92	63,73	21,17	-88,82	-50,49	-12,99
	2-3	24,30	22,96	7,38	-1,21	-2,55	7,38	27,00	25,70	6,67	-4,90	-6,18	6,67	65,55	64,57	5,31	-48,67	-49,65	5,31	63,06	62,37	3,11	-51,16	-51,83	3,11
	3-4	22,96	22,96	7,97	-2,55	-2,55	7,97	25,70	25,70	7,27	-6,18	-6,18	7,27	64,57	64,57	5,75	-49,65	-49,65	5,75	62,37	62,37	3,46	-51,83	-51,83	3,46

MOMENTS DANS LES POUTRES PORTIQUE B-B en (kN.m)

ETAT LIMITE ULTIME

		1,35G+1,5Q+1,2W			1,35G+1,5Q-1,2W			1,35G+1,5W+Q			1,35G-1,5W+Q			G+Q+S _i			G+Q-S _i			0,8G+S _i			0,8G-S _i		
NIV	TRA	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t
6	1-2	3.14	6.88	4.85	-0.48	4.46	4.10	3.84	6.96	4.65	-1.02	3.93	1.99	12.88	15.9	6.78	-17.74	-7.60	1.00	12.58	14.72	5.66	-12.04	-8.78	-1.40
	2-3	6.54	5.81	3.25	4.11	3.39	3.25	6.64	5.94	2.05	3.61	2.91	3.46	15.65	15.12	2.34	-7.85	-8.38	3.36	14.54	14.16	1.40	-8.96	-9.34	1.40
	3-4	5.82	5.81	3.37	3.39	3.39	3.37	5.94	5.94	3.27	2.91	2.91	3.68	15.12	15.12	2.58	-8.38	-8.38	3.72	14.16	14.16	1.59	-9.34	-9.34	1.59
5	1-2	7.52	9.17	5.89	-3.13	2.53	3.87	8.65	9.45	5.39	-4.67	1.14	1.99	43.11	30.16	11.24	-39.95	-21.74	-1.61	42.46	28.43	9.36	-40.60	-23.47	-6.21
	2-3	8.62	7.99	4.19	1.97	1.74	4.19	8.94	8.38	3.45	10.63	0.07	3.46	29.76	29.31	2.94	-22.14	-22.59	5.30	28.19	27.93	1.17	-23.71	-23.97	1.17
	3-4	7.99	7.99	4.42	1.34	1.34	4.42	8.38	8.38	3.68	0.07	0.07	3.68	29.31	29.31	3.11	-22.59	-22.59	5.75	27.93	27.93	1.30	-23.97	-23.97	1.30
4	1-2	11.29	11.50	6.54	-6.78	0.20	3.16	13.33	12.36	6.22	-9.26	-1.77	1.99	61.61	4.70	14.68	-58.37	-33.28	-5.35	60.94	39.97	12.81	-59.04	-35.01	-9.69
	2-3	10.93	10.32	4.20	-0.37	-0.98	4.20	11.84	11.29	3.46	-2.29	-2.84	3.46	41.29	40.85	2.95	-33.69	-34.13	5.31	39.72	39.47	1.17	-35.26	-35.51	1.17
	3-4	10.32	10.32	4.42	-0.98	-0.98	4.42	11.29	11.29	3.68	-2.84	-2.84	3.68	40.85	40.85	3.11	-34.13	-34.13	5.75	39.47	39.47	1.30	-35.51	-35.51	1.30
3	1-2	15.01	13.82	7.24	-10.50	-2.12	2.46	17.98	15.25	7.09	-13.90	-4.66	1.13	76.12	50.76	17.4	-72.88	-42.34	-8.24	75.45	49.03	15.53	-73.55	-44.07	-12.26
	2-3	13.25	12.64	4.20	-2.69	-3.30	4.20	14.74	14.18	3.46	-5.18	-5.73	3.46	50.35	49.91	2.95	-42.75	-43.19	5.31	48.78	48.53	1.17	-44.32	-44.7	1.17
	3-4	12.64	12.64	4.42	-3.30	-3.30	4.42	14.18	14.18	3.68	-5.73	-5.73	3.68	49.91	49.91	3.11	-43.19	-43.19	5.75	48.53	48.53	1.30	-44.7	-44.7	1.30
2	1-2	19.69	16.75	8.13	-15.18	-5.05	1.57	23.83	18.51	8.20	-19.76	-8.32	0.17	91.33	60.27	20.25	-88.09	-51.25	-11.72	90.66	58.54	18.38	-88.76	-53.58	-15.76
	2-3	16.18	15.56	4.20	-5.61	-6.23	4.20	18.14	17.84	3.46	-8.84	-9.39	3.46	59.26	59.42	2.95	-52.26	-52.70	5.31	58.29	58.04	1.17	-53.8	-54.08	1.17
	3-4	15.56	15.56	4.42	-6.23	-6.23	4.42	17.84	17.84	3.68	-9.39	-9.39	3.68	59.42	59.42	3.11	-52.70	-52.70	5.75	58.04	58.04	1.30	-54.08	-54.08	1.30
1	1-2	21.50	17.84	8.45	-16.94	-6.14	1.25	26.02	20.28	8.61	-21.95	-9.65	-0.39	87.24	57.73	19.18	-84.00	-49.31	-10.54	86.57	56.00	17.61	-84.68	-51.04	-14.49
	2-3	17.27	16.66	4.20	-6.71	-7.32	4.20	19.36	19.21	3.46	-10.21	-10.76	3.46	57.72	56.88	2.95	-49.72	-50.16	5.31	57.75	55.50	1.17	-51.29	-51.54	1.17
	3-4	16.66	16.66	4.42	-7.32	-7.32	4.42	19.21	19.21	3.68	-10.76	-10.76	3.68	56.88	56.88	3.11	-50.16	-50.16	5.75	55.50	55.50	1.30	-51.54	-51.54	1.30

MOMENTS DANS LES POUTRES en (k.N.m)

ETAT LIMITE DE SERVICE

PORTIQUE A-A

PORTIQUE B-B

G+Q+0.9W
G+Q-0.9W
G+W+0.8Q
G-W+0.8Q
G+Q+0.9W
G+Q-0.9W
G+W+0.8Q
G-W+0.8Q

NIV	TRA	PORTIQUE A-A									PORTIQUE B-B														
		M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t	M _g	M _d	M _t			
6	1-2	4,14	7,05	5,05	4,03	5,11	4,45	4,09	7,85	4,93	0,63	4,89	4,27	2,53	5,06	3,53	-0,39	3,24	2,97	2,67	5,07	3,44	-0,57	3,05	2,82
	2-3	6,73	5,94	3,36	4,79	4,00	3,36	6,74	5,96	3,21	4,58	3,80	3,21	4,81	4,28	2,34	2,99	2,46	2,34	4,83	4,31	2,22	2,81	2,29	2,22
	3-4	5,94	5,94	3,72	4,00	4,00	3,72	5,96	5,96	3,57	3,80	3,80	3,57	4,28	4,28	2,58	2,46	2,46	2,58	4,31	4,31	2,46	2,29	2,29	2,46
5	1-2	7,76	12,00	7,44	-0,72	6,68	5,86	8,14	12,09	7,25	-1,28	6,17	5,48	5,58	6,70	4,21	-2,42	1,72	2,69	5,94	6,76	3,99	-2,94	1,22	2,31
	2-3	11,11	10,11	5,30	5,82	4,80	5,30	11,21	10,23	5,02	5,31	4,33	5,02	6,30	5,85	2,94	1,32	0,87	2,94	6,38	5,95	2,64	0,94	0,41	2,64
	3-4	10,11	10,11	5,75	4,80	4,80	5,75	10,23	10,23	5,47	4,33	4,33	5,47	5,85	5,85	3,11	0,87	0,87	3,11	5,95	5,95	2,81	0,41	0,41	2,81
4	1-2	10,83	13,86	7,95	-3,57	4,84	5,24	11,54	14,14	7,81	-4,46	4,14	5,74	2,40	8,45	4,69	-5,15	-0,03	2,69	9,06	8,70	4,54	-5,00	-0,72	2,72
	2-3	12,94	11,96	5,31	2,94	2,96	5,31	13,24	12,28	5,03	3,24	2,28	5,03	8,04	7,60	2,95	-0,44	-0,88	2,94	8,31	7,89	2,65	-1,11	-1,53	2,65
	3-4	11,96	11,96	5,75	2,96	2,96	5,75	12,28	12,28	5,47	2,28	2,28	5,47	7,60	7,60	3,11	-0,88	-0,88	3,11	7,89	7,89	2,81	-1,53	-1,53	2,81
3	1-2	13,81	15,71	8,50	-6,54	3,01	4,64	14,84	16,20	8,43	-7,76	2,08	5,12	11,19	10,19	5,22	-7,95	-1,77	2,16	12,16	10,63	5,12	-9,10	-2,65	1,14
	2-3	14,79	13,81	5,21	2,09	1,10	5,31	15,30	14,34	5,03	1,18	0,22	5,03	9,78	9,34	2,95	-2,18	-2,62	2,94	10,24	9,82	2,65	-3,04	-3,46	2,65
	3-4	13,81	13,81	5,75	1,10	1,10	5,75	14,34	14,34	5,47	0,22	0,22	5,47	9,34	9,34	3,11	-2,62	-2,62	3,11	9,82	9,82	2,81	-3,46	-3,46	2,81
2	1-2	17,53	18,32	9,19	-19,27	0,40	3,99	18,99	19,00	9,19	-11,91	-0,82	4,35	14,70	12,38	5,89	-11,46	-3,96	0,97	16,06	13,07	5,86	-13,00	-5,09	0,40
	2-3	17,13	16,15	5,31	-0,25	-1,23	5,31	17,90	17,90	5,03	-1,42	-2,38	5,03	11,97	11,53	2,95	-4,77	-4,82	2,94	12,68	12,26	2,65	-5,48	-5,90	2,65
	3-4	16,15	16,15	5,75	-1,23	-1,23	5,75	16,94	16,94	5,47	-2,38	-2,38	5,47	11,53	11,53	3,11	-4,82	-4,82	3,11	12,26	12,26	2,81	-5,90	-5,90	2,81
1	1-2	18,94	18,92	9,46	-11,67	-0,21	3,72	20,55	19,77	9,45	-13,47	-1,49	4,05	16,01	13,20	6,13	-12,77	-4,78	0,73	17,52	13,98	6,13	-14,44	-6,00	0,13
	2-3	18,01	17,03	5,31	-1,13	-1,11	5,31	18,87	17,91	5,03	-2,39	-3,35	5,03	12,79	12,35	2,95	-5,19	-5,63	2,94	13,59	13,17	2,65	-6,39	-6,81	2,65
	3-4	17,03	17,03	5,75	-1,11	-1,11	5,75	17,91	17,91	5,47	-3,35	-3,35	5,47	12,35	12,35	3,11	-5,63	-5,63	3,11	13,17	13,17	2,81	-6,81	-6,81	2,81

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (en K·N)

PORTIQUE A-A

		1,35G+1,5Q+1,2W		1,35G+1,5Q-1,2W		1,35G+1,5W+Q		+1,35G+1,5W+Q		G+Q+S _i		G+Q-S _i		0,8G+S _i		0,8G-S _i	
NIV	TRAV	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
6	1-2	16,16	-17,44	13,66	-19,36	15,81	-16,75	12,69	-19,15	22,91	-5,78	25,43	-19,54	19,67	-2,36	-4,35	-17,86
	2-3	17,91	-15,29	15,99	-17,21	17,56	-14,51	15,18	-16,91	20,18	-4,17	20,06	-19,21	16,79	-0,92	1,29	-16,42
	3-4	17,62	-15,70	15,70	-17,62	17,31	-14,91	14,91	-17,91	19,97	-4,47	19,71	-19,71	16,64	-1,14	1,14	-16,34
5	1-2	25,43	-14,50	18,62	-19,74	25,36	-12,67	16,84	-19,21	42,64	7,99	63,59	-58,03	37,94	12,35	-15,13	-28,47
	2-3	28,10	-21,84	22,87	-27,07	27,68	-20,16	21,14	-26,70	39,05	2,52	60,37	-57,87	33,60	7,75	-7,22	-23,07
	3-4	27,59	-22,36	22,36	-27,59	27,19	-20,66	20,66	-27,19	38,68	2,14	59,23	-59,23	33,34	7,48	-7,48	-33,34
4	1-2	27,73	-23,56	16,16	-32,44	28,29	-21,23	13,83	-32,33	54,39	9,02	82,51	-89,70	49,75	15,06	-26,90	-43,92
	2-3	29,91	-20,03	21,03	-28,91	29,95	-17,89	18,85	-28,99	48,12	11,59	79,88	-76,59	42,67	16,82	-16,31	-42,16
	3-4	29,42	-20,54	20,54	-29,42	29,48	-18,38	18,36	-29,48	47,27	11,22	77,35	-78,38	41,93	16,56	-16,67	-42,42
3	1-2	30,11	-21,72	13,79	-34,28	31,26	-18,94	10,86	-34,63	63,67	16,16	99,03	-107,05	59,03	22,19	-36,19	-51,06
	2-3	31,75	-18,19	19,19	-30,75	32,24	-15,59	16,55	-31,29	55,26	18,73	95,23	-91,29	49,81	23,56	-23,45	-49,30
	3-4	31,26	-18,70	18,70	-31,26	31,77	-16,08	16,08	-31,77	54,90	18,36	93,45	-93,45	49,56	23,70	-23,70	-49,46
2	1-2	33,11	-19,42	10,79	-36,58	35,01	-16,06	7,11	-37,51	73,45	23,73	116,43	-125,46	68,81	29,77	-45,97	-58,63
	2-3	34,05	-15,89	16,89	-33,05	35,12	-12,72	13,67	-34,17	62,83	26,30	111,51	-106,89	57,38	31,53	-31,02	-56,87
	3-4	33,56	-16,40	16,40	-33,56	34,65	-13,20	13,20	-34,65	62,47	25,93	109,42	-109,42	57,13	31,27	-31,27	-57,13
1	1-2	34,24	-18,54	9,66	-37,46	36,42	-14,96	5,69	-38,60	71,05	21,83	112,16	-120,83	66,41	27,87	-43,57	-56,73
	2-3	34,93	-15,02	16,02	-33,93	36,22	-11,62	12,59	-35,26	60,93	24,40	107,43	-102,98	55,48	29,63	-29,11	-54,97
	3-4	34,44	-15,53	15,53	-34,44	35,75	-12,11	12,11	-35,75	60,57	24,03	105,41	-105,41	55,23	29,37	-29,37	-55,23

EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES (en K·N)

PORTIQUE B-B

NIV	TRAV	1,35G+1,5Q+1,2W		1,35G+1,5Q-1,2W		1,35G+1,5W+Q		1,35G-1,5W+Q		G+Q+S _i		G+Q-S _i		0,8G+S _i		0,8G-S _i	
		T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d	T _g	T _d
6	1-2	10,23	-11,95	8,58	-13,75	10,84	-11,23	7,90	-13,48	18,46	-1,34	14,98	-16,41	16,42	1,33	-6,22	-14,81
	2-3	12,45	-10,14	10,67	-11,94	12,25	-9,48	9,99	-11,73	33,46	-0,10	29,82	-14,16	31,05	2,29	-18,93	-13,85
	3-4	12,18	-10,35	10,38	-12,15	11,97	-9,69	9,72	-11,95	9,72	-9,17	14,41	-14,39	13,98	2,17	-2,16	-13,97
5	1-2	13,34	-10,37	6,93	-15,29	13,17	-8,53	5,16	-14,68	32,28	-53,87	53,59	-53,87	29,29	13,79	-20,70	-24,64
	2-3	14,16	-8,78	9,24	-13,70	13,66	-7,09	7,51	-13,25	27,64	11,13	49,05	-47,08	24,17	14,46	-14,27	-23,98
	3-4	13,94	-9,02	9,02	-13,94	13,46	-7,31	7,31	-13,46	27,48	10,96	47,97	-47,98	24,08	14,36	-14,36	-24,08
4	1-2	15,58	-8,62	4,71	-17,06	15,97	-6,36	2,38	-16,83	43,40	18,55	75,04	-74,54	40,39	22,35	-31,80	-33,19
	2-3	15,89	-7,05	7,51	-15,43	15,82	-4,94	5,35	-15,41	36,19	19,68	68,12	-65,38	32,72	23,01	-22,82	-32,53
	3-4	15,68	-7,31	7,31	-15,68	15,63	-5,16	5,16	-15,63	36,04	19,50	66,89	-66,89	32,63	22,91	-22,91	-32,63
3	1-2	17,82	-10,96	2,46	-22,77	18,78	-8,26	-0,42	-23,02	52,13	22,26	91,89	-93,91	49,13	26,61	-40,53	-42,30
	2-3	17,60	-5,34	5,79	-17,15	17,97	-2,79	3,21	-17,55	42,90	26,39	83,08	-79,74	39,43	29,72	-29,53	-39,24
	3-4	17,39	-5,59	5,59	-17,59	17,78	-3,02	3,02	-17,78	42,75	26,21	81,59	-81,59	39,34	29,62	-29,62	-39,34
2	1-2	20,63	-4,75	-0,34	-20,88	22,29	-1,51	-3,93	-21,67	60,18	32,3	107,43	-108,09	57,18	36,09	-48,58	-46,94
	2-3	19,77	-3,18	3,64	-19,31	20,67	-0,93	0,51	-20,25	49,94	33,43	98,78	-94,80	46,47	36,76	-36,57	-46,28
	3-4	19,56	-3,43	3,43	-19,56	20,48	-0,32	0,32	-20,48	49,79	33,25	97,01	-97,01	46,38	36,66	-36,66	-46,38
1	1-2	21,70	-3,93	-1,41	-21,69	23,62	-0,49	-5,27	-22,69	58,83	30,42	104,82	-103,50	55,83	34,22	-47,23	-45,06
	2-3	20,58	-2,36	2,82	-20,12	21,69	0,93	-0,51	-21,27	48,06	31,55	94,59	-90,77	44,59	34,88	-34,69	-44,4
	3-4	20,37	-2,61	2,61	-20,37	21,49	0,70	-0,70	-21,49	47,91	31,37	92,89	-92,89	44,50	34,78	-34,76	-44,50

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX (PORTIQUE A-A) en (kN)

		ELU (Situation durable)				ELU (Situation accidentelle)				ELS			
		1.35G+1.5Q +1.2W	1.35G+1.5Q -1.2W	1.35G+1.5W +Q	1.35G-1.5W +Q	G+Q+0.25S _i	G+Q-1.25S _i	0.8G+S _i	0.8G-S _i	G+Q+0.9W	G+Q-0.9W	G+W+0.8Q	G-W+0.8Q
Niv	POTEAU	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}
6	1	16,16	13,66	15,81	12,69	25,31	-3,51	19,67	-4,35	11,84	9,96	11,67	9,60
	2	35,75	35,77	34,81	34,09	31,15	29,93	23,48	14,96	26,26	25,82	25,87	25,40
	3	43,72	43,72	42,62	42,62	32,14	32,14	23,96	23,96	32,14	32,14	31,70	31,70
5	1	44,60	32,28	41,17	29,53	73,26	-19,23	57,60	-19,48	33,50	23,51	30,25	22,49
	2	79,14	76,98	76,15	73,45	69,56	144,64	50,84	30,08	57,91	56,29	56,70	54,90
	3	93,16	93,16	89,98	89,98	68,30	68,80	49,55	49,55	68,30	68,30	67,03	67,03
4	1	69,32	48,45	69,45	43,35	135,31	-79,17	107,36	-46,38	50,90	35,24	50,77	33,38
	2	133,82	12,98	128,88	122,82	119,16	73,04	87,22	48,78	97,92	94,28	95,90	91,86
	3	142,60	42,60	137,34	137,33	104,46	104,46	75,14	75,14	104,46	104,46	102,35	102,35
3	1	99,43	62,23	100,72	54,22	207,31	-89,05	165,39	-81,57	73,08	45,18	73,28	42,28
	2	189,32	189,70	182,55	171,78	171,54	99,06	125,90	65,50	138,58	132,04	135,75	128,50
	3	192,04	192,04	184,69	184,69	140,62	140,62	100,73	100,74	140,62	140,62	137,68	137,68
2	1	132,54	73,02	135,73	61,32	292,23	-141,85	123,21	-127,53	97,51	52,87	98,28	48,69
	2	245,37	231,59	236,96	219,74	226,47	122,73	166,70	79,92	179,57	169,23	176,09	164,61
	3	241,48	241,48	232,05	232,05	176,78	176,78	126,30	126,33	176,78	176,78	173,01	173,01
	1	176,78	82,68	172,14	67,02	374,28	-191,78	300,62	-171,10	122,79	59,71	124,23	54,15
	2	301,67	282,23	291,68	267,38	280,70	146,20	207,01	94,85	220,79	206,21	216,63	200,43
	3	290,92	290,93	279,40	279,40	212,94	212,94	151,92	151,92	212,94	212,94	208,33	208,33

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX (PORTIQUE B-B) en (kN)

		ELU (Situation durable)				ELU (Situation accidentelle)				ELS			
		1.35G+1.5Q +1.2W	1.35G+1.5Q -1.2W	1.35G+1.5W +Q	1.35G-1.5W +Q	G+Q+1.2S _i	G+Q-1.2S _i	0.8G+S _i	0.8G-S _i	G+Q+0.9W	G+Q-0.9W	G+W+0.8Q	G-W+0.8Q
NIV	POTEAU	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}	N _{cu}
6	1	10.93	8.58	10.84	7.90	20.72	-6.44	16.42	-6.21	8.02	6.26	7.97	6.01
	2	24.69	24.14	23.82	23.13	21.78	13.98	16.05	9.55	18.08	17.67	17.93	17.27
	3	22.32	22.32	22.45	21.45	16.34	16.34	11.69	11.69	16.34	16.34	15.99	15.99
5	1	24.26	15.50	24.01	13.06	58.00	-22.14	45.70	-26.92	17.71	11.14	17.54	10.24
	2	49.98	47.94	46.96	44.41	46.36	24.72	32.20	14.16	36.30	34.77	35.08	33.38
	3	45.04	45.04	42.01	42.01	32.69	39.69	21.31	21.31	32.69	32.69	31.48	31.48
4	1	39.84	20.21	39.98	15.44	108.62	-65.16	86.09	-58.72	29.09	14.37	28.98	12.67
	2	79.93	75.39	74.84	69.18	73.49	39.05	50.31	21.61	57.97	54.57	55.89	52.16
	3	67.77	67.77	42.54	62.58	49.05	49.05	30.93	30.84	49.05	49.05	46.97	46.97
3	1	57.67	22.68	58.77	15.03	145.72	-87.65	115.22	-79.26	42.15	15.81	42.30	13.14
	2	110.45	102.27	103.44	93.21	110.24	43.76	76.44	21.04	90.07	73.83	77.19	70.37
	3	90.51	90.51	83.15	83.15	65.41	65.41	40.56	40.56	65.41	65.41	62.46	62.47
2	1	78.35	22.28	81.18	11.04	216.47	-143.81	172.40	-127.84	57.35	15.31	57.99	11.27
	2	141.58	128.54	132.78	116.49	144.62	58.86	100.57	22.45	102.61	92.84	98.99	88.13
	3	113.25	113.25	103.73	103.72	81.77	81.77	50.18	50.18	81.77	81.77	77.96	77.96
	1	100.00	20.92	104.68	5.83	285.61	-198.35	228.23	-175.07	73.28	13.97	74.49	8.59
	2	172.95	154.57	162.45	139.44	179.56	57.36	125.21	23.37	128.35	111.57	121.00	105.68
	3	135.98	135.98	124.29	124.29	98.13	98.13	59.81	59.81	98.13	98.13	93.46	93.45

FERRAILLAGE DES POUTRES

Les poutres se calculent en flexion simple. Il ne sera tenu compte que des moments et des efforts tranchants sollicitant celles-ci. On ne fait pas état dans les calculs, des poutres des efforts normaux (Art. E248 BAEL 83).

On calcule les poutres sous deux sollicitations:

1°) Etat-limite ultime en situation durable:

$$\text{avec } f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,5} = 14,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p = \frac{f_e}{\gamma_p} = \frac{400}{1,15} = 348 \text{ MPa}$$

2°) Etat-limite ultime en situation accidentelle:

$$\text{avec } f_{bc} = \frac{0,85 f_{c28}}{\gamma_b} = \frac{0,85 \cdot 25}{1,15} = 18,48 \text{ MPa}$$

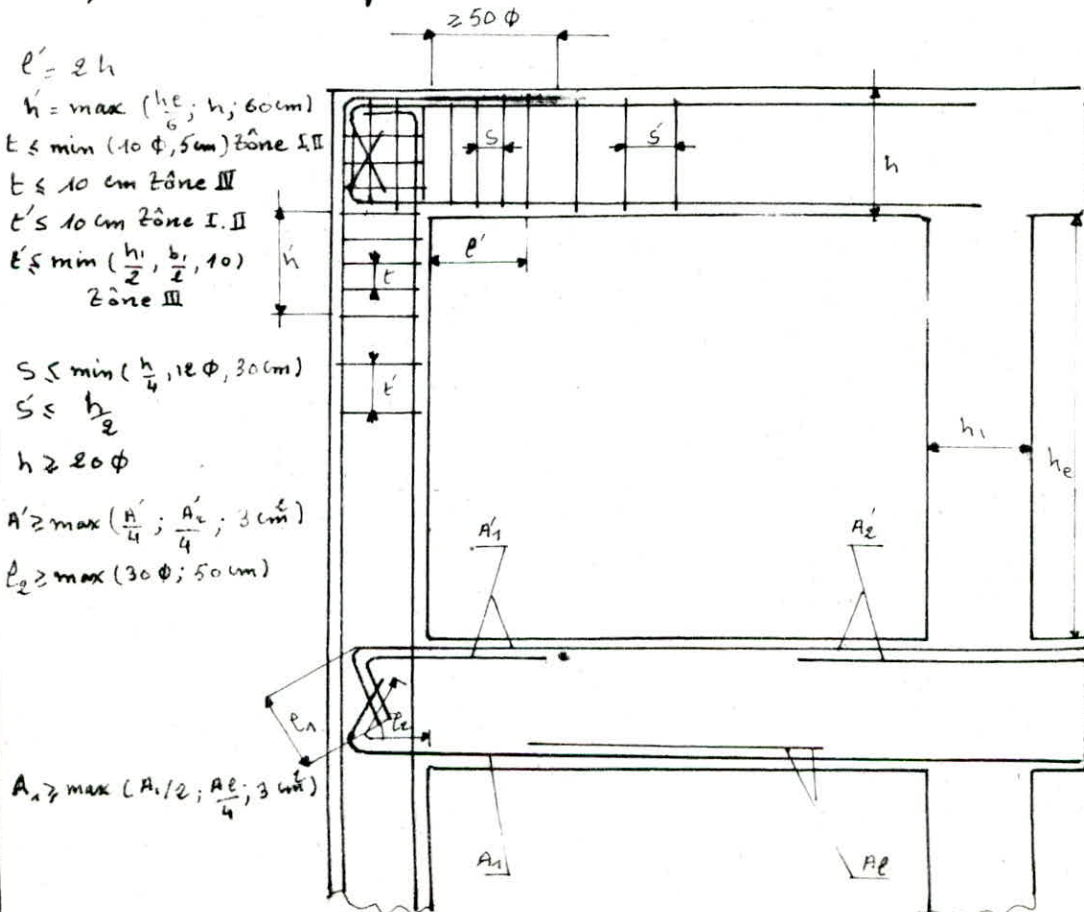
$$\sigma_p = \frac{f}{\gamma_p} = \frac{400}{1} = 400 \text{ MPa}$$

- Etat-limite de service (ELS): pour les vérifications
C'est l'état-limite de compression du béton; de déformation et d'ouverture des fissures

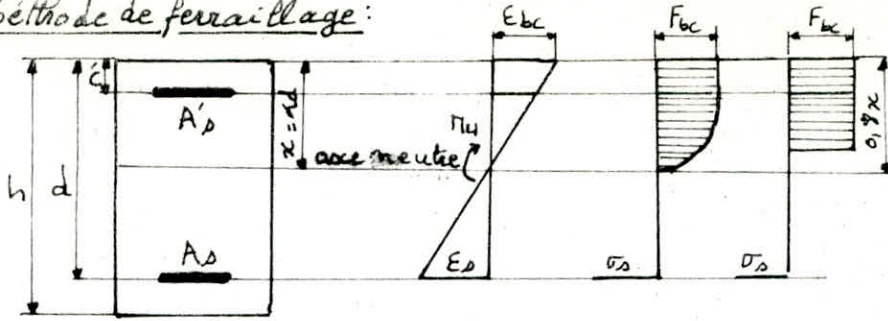
Recommandations du RPA 81: (art 4-2.3.2)

Les poutres supportant de faibles charges verticales et sollicitées principalement par les forces sismiques doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travers égale au moins à la moitié de celle des appuis.

Les poutres porteuses doivent comporter des armatures filantes (supérieures et inférieures), comme indiqué sur la figure ci-dessous



Méthode de ferrailage:



La section n'étant pas entièrement comprimée, nous pouvons utiliser le diagramme rectangulaire simplifié. La résolution des triangles semblables donne

$$\epsilon_p = \epsilon_b \left(\frac{1}{\alpha} - 1 \right) \Rightarrow \alpha = \frac{\epsilon_b}{\epsilon_b + \epsilon_p}$$

en flexion simple $\epsilon_b \leq 3,5\%$; $\epsilon_p \geq \epsilon_e = \frac{f_c}{\gamma_s E_s}$ $E_s = 2 \cdot 10^5 \text{ MPa}$
 à la limite $\epsilon_b = 3,5\%$, $\epsilon_p = \frac{f_c}{\gamma_s E_s}$

$$\alpha_p = \frac{3,5 E_s}{3,5 E_s + f_c / \gamma_s} = \frac{700 \delta_p}{700 \delta_p + f_c}$$

α_p : désigne le rapport $\frac{x}{d}$ quand $\epsilon_p = \epsilon_{ep}$
 ϵ_p : allongement des armatures tendues
 ϵ_{ep} : allongement élastique des armatures tendues

$$\mu_p = 0,8 \alpha_p (1 - 0,4 \alpha_p)$$

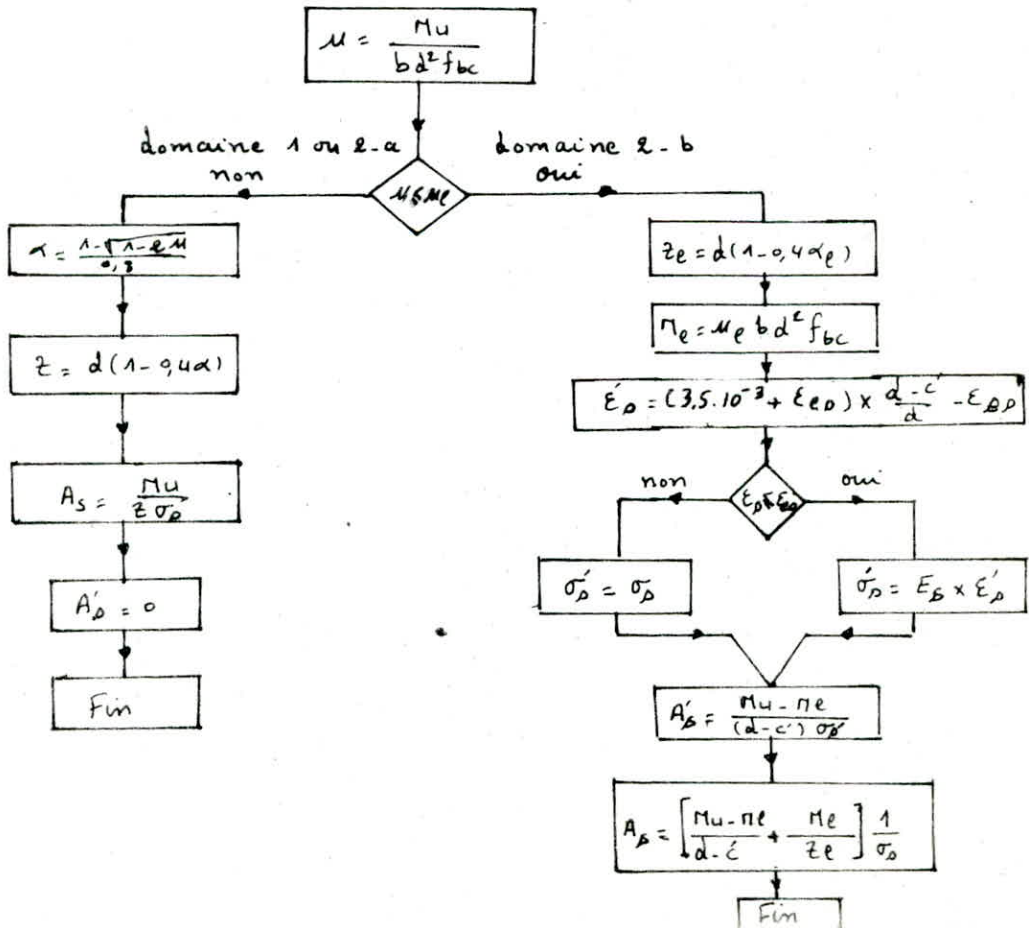
pour l'acier de type 1 on a $f_e = 400 \text{ MPa}$

Situation durable : $\delta_p = 1,15$ $\alpha_p = 0,668$ $\mu_p = 0,392$

Situation accidentelle : $\delta_p = 1$ $\mu_p = 0,636$ $\mu_p = 0,379$

Organigramme donnant les armatures de la section.

Données : M_u , b , d , f_{bc} , σ_p , M_e , α_p , ϵ_{ep} , c



ELU: (situation accidentelle)

Ferraillage des poutres non porteuses

POR	B-B							A-A						
	NIV	APP	M (kNm)	μ	α	A_s (cm ²)	A_s (appuis)	A_t (travée)	M	μ	α	A_s	A_s appuis	A_s (travée)
6	1		19,88	0,031	0,039	1,36	2T14	2T14	22,56	0,035	0,045	1,55	2T14	2T14
	2		15,9	0,025	0,032	1,08	2T14		18,55	0,029	0,037	1,27	2T14	
	3		15,12	0,023	0,030	1,03	2T14	2T14	17,44	0,027	0,035	1,19	2T14	2T14
5	1		43,11	0,068	0,088	3,01	2T14	2T14	49,56	0,078	0,102	3,49	3T14	2T14
	2		30,16	0,047	0,061	2,09	2T14		36,89	0,058	0,075	2,56	2T14	
	3		29,31	0,046	0,059	2,04	2T14	2T14	35,01	0,055	0,071	2,43	2T14	2T14
4	1		61,61	0,097	0,128	4,38	3T14	2T14	67,32	0,106	0,140	4,52	3T14	2T14
	2		41,70	0,041	0,052	2,86	2T14		49,17	0,077	0,101	3,46	3T14	
	3		40,85	0,064	0,083	2,85	2T14	2T14	47,27	0,075	0,097	3,32	3T14	2T14
3	1		76,12	0,120	0,160	5,49	4T14	2T14	82,74	0,130	0,176	6,01	4T14	2T14
	2		50,76	0,080	0,104	3,58	3T14		58,81	0,093	0,122	4,18	3T14	
	3		49,91	0,079	0,103	3,51	3T14	2T14	56,91	0,089	0,118	4,03	3T14	2T14
2	1		91,33	0,144	0,194	6,69	2T16+2T14	2T16	98,92	0,156	0,214	7,09	2T14+2T16	2T16
	2		60,27	0,095	0,125	4,28	2T16+1T14		69,63	0,110	0,146	4,99	2T16+1T14	
	3		59,42	0,094	0,123	4,22	3T14	2T14	57,13	0,106	0,140	4,88	2T16+1T14	2T16
1	1		87,21	0,137	0,185	6,35	2T16+2T14	2T16	95,00	0,150	0,204	6,99	2T16+2T14	2T16
	2		57,73	0,091	0,119	4,09	3T14		66,47	0,105	0,139	4,75	2T16+1T14	
	3		56,88	0,089	0,118	4,03	3T14	2T14	64,57	0,102	0,135	4,61	2T16+1T14	2T16

Ferraillage des poutres porteuses (portique 8-8) en appuis

NIV	APP	Situation durable				Situation accidentelle					
		M_{sup}	μ	α	A_{sup}	M_{int}^{sup}	μ_{int}^{sup}	α_i^s	A_{int}^s	A_{adopte}^s	Section ^s
6	A	37,01	0,022	0,027	1,05	29,69	0,029	0,037	1,60	3T14	4,62
						16,17	0,016	0,019	0,86	3T14	4,62
6	B	46,82	0,059	0,071	2,95	47,02	0,046	0,058	2,56	3T14	4,62
						0	0	0	0	3T14	4,62
5	A	33,35	0,042	0,052	2,08	60,09	0,059	0,075	3,29	3T14	4,62
						41,30	0,040	0,051	2,24	3T14	4,62
5	B	47,49	0,060	0,078	2,99	64,37	0,069	0,081	3,54	3T14	4,62
						21,21	0,021	0,226	1,14	3T14	4,62
4	A	46,82	0,059	0,076	2,94	87,85	0,080	0,104	4,54	3T14	4,62
						62,43	0,061	0,079	3,43	3T14	4,62
4	B	55,70	0,071	0,092	3,53	82,17	0,080	0,105	4,56	3T14	4,62
						45,33	0,046	0,057	2,46	3T14	4,62
3	A	59,42	0,075	0,098	3,78	98,72	0,096	0,127	5,53	4T14	6,15
						79,30	0,077	0,101	4,39	4T14	6,15
3	B	66,44	0,084	0,111	4,25	96,39	0,094	0,124	5,39	4T14	6,15
						59,55	0,058	0,075	3,26	3T14	4,62
2	A	75,54	0,096	0,126	4,86	116,62	0,114	0,152	6,60	2T16+2T14	7,10
						96,90	0,095	0,125	5,52	4T14	6,15
2	B	80,03	0,102	0,135	5,17	112,23	0,108	0,144	6,28	2T16+2T14	7,10
						74,39	0,073	0,095	4,11	3T14	4,62
1	A	81,63	0,104	0,137	5,28	113,62	0,111	0,148	6,42	2T16+2T14	7,10
						94,20	0,092	0,121	5,26	4T14	6,15
1	B	85,18	0,108	0,144	5,52	108,95	0,107	0,141	6,14	2T16+2T14	7,10
						72,10	0,071	0,092	3,98	4T14	6,15

07
 Ferrailage des poutres (en appuis)
 portique 9-9

NIV	APPUI	ELU: (Situation durable)				ELU: (Situation accidentelle)				Aciers	
		$M_{sup}^{(kNm)}$	μ	α	A_s	M_{sup} M_{inf}	μ_s μ_i	α_s α_i	$A_{s,s}$ $A_{s,i}$	$A_{adoptée}$ $A_{adoptée}$	$A_s (cm^2)$
6	A	14,37	0,018	0,023	0,87	30,69 21,69	0,030 0,021	0,038 0,027	4,66 1,16	3T14 3T14	4,62 4,62
		B	23,10	0,029	0,037	1,44	34,49 12,80	0,034 0,012	0,043 0,016	1,86 0,68	3T14 3T14
	C						8,53	0,011	0,013	0,52	26,26 24,84
		A	32,07	0,041	0,052	2,00					66,15 51,02
	B						34,48	0,044	0,056	2,16	62,19 40,63
		C	22,05	0,028	0,036	1,36					58,41 56,23
A	47,21						0,060	0,077	2,97	86,44 70,46	0,084 0,069
		B	46,62	0,059	0,076	2,94				78,82 57,37	0,077 0,056
C	36,63						0,047	0,059	2,29	78,28 75,99	0,076 0,074
		A	61,30	0,078	0,101	3,91				105,02 89,04	0,102 0,087
B	58,50						0,074	0,097	3,72	94,44 72,98	0,092 0,071
		C	50,72	0,066	0,083	3,21				96,86 96,58	0,095 0,094
A	78,89						0,100	0,132	5,09	124,55 105,23	0,122 0,103
		B	73,34	0,093	0,123	4,71				119,92 89,47	0,108 0,087
C	68,31						0,087	0,114	4,37	116,39 113,39	0,114 0,111
		A	85,41	0,109	0,144	5,54				121,55 105,67	0,119 0,103
B	78,83						0,100	0,133	5,08	108,4 86,95	0,106 0,085
		C	74,84	0,095	0,125	4,82				113,39 111,10	0,111 0,108

Ferrailage des poutres porteuses en travées

PORT	NIV	TRAV	ELU: Situation durable				ELU: Situation accid ^u				A adoptée	(cm ²) Séction
			M _u (kNm)	μ	α	A (cm ²)	M _u (kNm)	μ	α	A (cm ²)		
8 8	6	AB	44,36	0,057	0,073	2,79	37,46	0,037	0,046	2,3	3T14	4,62
		BC	-22,74	0,029	0,037	1,41	-14,11	0,014	0,017	0,75	3T14	4,62
	5	AB	52,84	0,067	0,087	3,35	48,49	0,047	0,061	2,64	3T14	4,62
		BC	10,36	0,013	0,017	0,64	-8,30	0,008	0,010	0,44	3T14	4,62
	4	AB	55,38	0,071	0,092	3,55	54,22	0,054	0,069	2,99	3T14	4,62
		BC	10,17	0,013	0,016	0,63	-8,19	0,008	0,010	0,44	3T14	4,62
	3	AB	58,92	0,075	0,098	3,75	59,33	0,058	0,075	3,28	3T14	4,62
		BC	10,17	0,013	0,016	0,63	8,19	0,008	0,010	0,44	3T14	4,62
	2	AB	62,74	0,080	0,104	4,00	65,05	0,063	0,082	3,57	3T14	4,62
		BC	10,17	0,013	0,016	0,63	-8,19	0,008	0,010	0,44	3T14	4,62
	1	AB	64,18	0,082	0,107	4,10	64,24	0,063	0,081	3,53	3T14	4,62
		BC	10,17	0,013	0,016	0,63	-8,19	0,008	0,010	0,44	3T14	4,62
/ / / / / / / / / / / /												
6 9	6	AB	34,39	0,044	0,056	2,15	30,25	0,029	0,037	1,63	3T14	4,62
		BC	4,03	0,005	0,006	0,25	4,81	0,005	0,006	0,25	3T14	4,62
	5	AB	44,62	0,057	0,073	2,81	45,63	0,045	0,057	2,48	3T14	4,62
		BC	6,69	0,008	0,011	0,41	9,19	0,009	0,011	0,49	3T14	4,62
	4	AB	48,07	0,061	0,079	3,04	51,49	0,050	0,065	2,81	3T14	4,62
		BC	7,82	0,010	0,012	0,48	10,74	0,010	0,013	0,57	3T14	4,62
	3	AB	51,41	0,068	0,085	3,25	57,01	0,055	0,062	3,12	3T14	4,62
		BC	8,93	0,011	0,014	0,55	12,22	0,011	0,015	0,63	3T14	4,62
	2	AB	56,08	0,071	0,093	3,56	62,08	0,060	0,078	3,41	3T14	4,62
		BC	11,08	0,014	0,018	0,68	13,74	0,013	0,017	0,73	3T14	4,62
	1	AB	57,97	0,074	0,096	3,69	61,91	0,061	0,078	3,39	3T14	4,62
		BC	11,51	0,015	0,018	0,71	13,50	0,013	0,016	0,72	3T14	4,62

Vérifications diverses :

Condition de non fragilité (A 4.2.1 BAEL 83)

$$\rho \geq 0,23 \frac{f_{c28}}{f_e} \text{ avec } \rho = \frac{A}{b \cdot d} \Rightarrow A \geq A_{\min} = 0,23 b d \frac{f_{c28}}{f_e}$$

Pour les poutres portées 25×50 $d = 47$ $A_{\min} = 0,23 \times 25 \times 47 \frac{2,1}{400} = 3,42$
 Pour les poutres non portées 25×40 $d = 37$ $A_{\min} = 0,23 \times 25 \times 37 \frac{2,1}{400} = 1,12 \text{ cm}^2$
 Cette condition est toujours vérifiée

Vérifications concernant l'état-limite de service :1) Etat-limite de compression du béton (A 4.5.2 BAEL 83)La contrainte de compression du béton est limitée à $0,6 f_{c_j}$

$$\sigma_b \leq 0,6 f_{c28} = 0,6 \times 25 = 15 \text{ MPa}$$

Cette vérification étant non nécessaire si la relation suivante est vérifiée

$$\alpha_u \leq \frac{\delta - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100} = \frac{\delta - 1}{2} + 0,25$$

où δ désigne le rapport du moment agissant ultime au moment agissant de service ($\delta = M_u / M_{ser}$)Pour notre cas cette condition est toujours observée car on a observé que toujours les sections passant par le pivot A ($\alpha_u \leq 0,186$)2) Etat-limite d'ouvertures des fissures :

La fissuration étant considérée comme peu nuisible. Dans ce cas aucune vérification particulière n'est demandée pour les aciers

3) Etat-limite de déformation : (A 4.6.2 BAEL 83)

On considère que il n'est pas nécessaire de calculer la flèche des poutres si les trois inégalités suivantes sont vérifiées

$$* \frac{h}{\ell} \geq \frac{1}{16} \begin{cases} \text{poutre portée } \frac{h}{\ell} = \frac{0,50}{4,3} = 0,116 > \frac{1}{16} \\ \text{poutre non portée } \frac{h}{\ell} = \frac{0,40}{2,7} = 0,148 > \frac{1}{16} \end{cases}$$

$$** \frac{h}{\ell} \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \begin{cases} \text{poutre portée } M_t = 9,49 \text{ kN} & \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = \frac{1}{10} \frac{9,49}{12,32} = 0,077 < 0,125 \\ M_0 = 12,32 \text{ kN} \\ \text{poutre non portée } M_t = 46,20 \text{ kN} & \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = \frac{1}{10} \frac{46,20}{48,70} = 0,094 < 0,148 \\ M_0 = 48,70 \text{ kN} \end{cases}$$

Ces conditions sont vérifiées

$$*** \frac{A}{b \cdot d} \leq \frac{4,2}{f_e} \quad A_{\max} = 7,10 \text{ cm}^2 \quad \frac{7,10}{25 \cdot 37} = 0,77\% < \frac{4,2}{400} = 1,05\%$$

Ces trois inégalités sont vérifiées, donc il est inutile de procéder au calcul de la flèche.

Adhérence (A 6.1.4 BAEL 83)

Toutes les barres doivent être ancrées d'une longueur

$$l_s = 40 \phi \text{ (acier HA)}$$

$$\text{On doit vérifier } \tau_s = \frac{F^*}{u \cdot \ell} = \frac{V_u}{0,9 d u_i} \cdot \frac{A_{s_i}}{A_s} \leq 0,6 \psi^2 f_{c28}$$

 u_i^* : périmètre utile d'une barre i , ou d'un paquet de barres A_{s_i} : section d'une barre i ou d'un paquet de barres A_s : section totale des armatures tendues

$$\tau_s = 0,6 \psi^2 f_{c28} = 0,6 \cdot 1,5^2 \cdot 2,1 = 2,84 \text{ MPa}$$

* le périmètre utile d'une des barres d'un paquet de deux barres est égal

On a fait la vérification de l'adhérence pour les portiques poteaux.

Niv	noeud	V_u (kN)	A_s (cm ²)	A_{si} (cm ²)	U_i (cm)	τ_o MPa
6	A	52,94	3T14 = 4,62	1,54	4,40	0,95
	B	87,55	3T14 = 4,62	1,54	4,40	1,57
5	A	62,90	3T14 = 4,62	1,54	4,40	1,13
	B	101,45	3T14 = 4,62	1,54	4,40	1,81
4	A	64,69	2T14 + 1T16 = 5,09	2,01	5,03	1,19
			3T14 = 4,62	1,54	4,40	1,16
	B	122,06	2T14 + 1T16 = 5,09	2,01	5,03	2,22
			3T14 = 4,62	1,54	4,40	2,17
3	A	70,39	4T14 = 6,15	1,54	4,40	1,26
	B	137,25	4T14 = 6,15	1,54	4,40	2,46
2	A	76,59	2T16 + 2T14 = 7,1	2,01	5,03	1,41
			4T14 = 6,15	1,54	4,40	1,37
	B	146,26	2T14 + 1T16 = 5,09	2,01	5,03	2,69
			4T14 = 6,15	1,54	4,40	2,62
1	A	75,74	2T16 + 2T14 = 7,1	2,01	5,03	
			4T14 = 6,15	1,54	4,40	1,36
	B	145,10	3T14 + 1T16 = 6,63	2,01	5,03	2,67
			4T14 = 6,15	1,54	4,40	2,60

$\tau_p < \bar{\tau}_p = 2,84$ MPa dans tous les cas

Calcul des armatures transversales : (A.5.1.2 BAEL 83)

- La vérification des armatures d'âmes se fait toujours en état-limite ultime
- Les armatures doivent être bouclées autour des aciers longitudinaux et ancrés dans la masse du béton comprimé



ϕ_t : désigne le diamètre des armatures transversales

- On utilise comme armature transversale des armatures droites composées de cadres et d'éties en acier rond lisse de diamètre 8 mm

- 1) L'espacement s_t des cours successifs d'armatures transversales d'âme est égal à la plus basse des valeurs : 0,9 d et 40 cm
- 2) La justification vis-à-vis de l'état-limite ultime des armatures d'âme s'exprime par la relation suivante :

$$\frac{A_t}{b_o s_t} \geq \frac{\tau_u - 0,3 f_{ctk}}{0,8 f_e} \quad k = 1 \text{ en flexion simple}$$

$f_e = 235$ MPa
 $f_{ctk} = 2,1$ MPa

avec $\tau_u = \frac{V_u}{b_o d}$ τ_u : la contrainte tangente
 V_u : l'effort tranchant

- 3) La quantité $\frac{A_t f_e}{b_o s_t}$ doit être au moins égale à 0,4 MPa

- L'espacement s_t doit satisfaire aux recommandations du RPA 81
 $s_t \leq (\frac{h}{4}, 12\phi, 30 \text{ cm})$ Zone nodale

$\Delta t \leq (0,9d, 40 \text{ cm}) \Rightarrow \Delta t = 0,9 \cdot 47 = 40 \text{ cm}$ Transversalement
 $\Delta t = 0,9 \cdot 37 = 33,30 \text{ cm}$ longitudinalement
 $A_{te} \leq \frac{0,8 \cdot 235 \cdot A_t}{25(Z_u - 0,3 \cdot z_n)} = \frac{188 A_t}{25(Z_u - 0,63)} = \frac{7,52 A_t}{Z_u - 0,63}$
 $\frac{A_{te}}{A_t} \geq 0,41 \Rightarrow \Delta t \leq \frac{A_{te}}{0,41} = \frac{235 A_t}{25 \cdot 0,41} = 23,5 A_t$
 $\Delta t \leq (\frac{4}{50}, 30 \text{ cm}, 12 \phi) = 12,5 \text{ cm}$ on prend $\Delta t = 12$
 $\Delta t \leq (\frac{4}{40}, 30 \text{ cm}, 12 \phi) = 40 \text{ cm}$
 $\Delta t \leq \frac{2}{40} = 20 \text{ cm}$ longitudinalement } zone courante
 $\Delta t \leq \frac{2}{50} = 25 \text{ cm}$ transversalement } zone courante

BAEL 83 RPA 81 Δt admissibles
 admissibles Δt admissibles

Niv	Sens	V _{lim} (km)	A _{ty}	A _{tz}	C _u	S _{tz}	S _{tk}	S _{tz} (2N)	S _{tz} (2N)	S _{tz} (2N)	Zone N		Zone C	
											S _{tz}	S _{tk}	S _{tz}	S _{tk}
6	L	33,46	408	408	0,36	80	33	40	80	10	10	10	13	20
	T	37,55	408	408	0,75	80	46	42	85	12	12	12	13	25
5	L	63,03	408	408	0,68	80	33	10	80	10	10	10	13	20
	T	107,16	408	408	0,86	80	40	12	85	12	12	12	13	25
4	L	287	408	408	0,97	80	33	10	80	10	10	10	13	20
	T	124,06	408	408	1,03	19	35	12	85	12	12	12	13	25
3	L	107,50	408	408	1,16	14	25	10	80	10	10	10	13	20
	T	137,85	408	408	1,17	13	25	12	85	12	12	12	13	25
2	L	125,44	408	408	1,35	10	80	10	80	10	10	10	13	20
	T	146,21	408	408	1,34	10	80	12	85	12	12	12	13	25
1	L	120,82	408	408	1,46	9	15	10	80	10	10	10	13	20
	T	145,40	408	408	1,31	10	10	12	80	12	12	12	13	25

A_{ty}, S_{tz}: longitudinal à 4φ8
 A_{tz}, S_{tk}: transversal à 2φ8
 z_N: déviation zone nodale
 z_C: déviation zone courante

vérification: (art 4.2.3.2.2 RPA 81)
 la quantité d'armature transversale minimale est donnée par:
 $A_t = 0,003 A_b$
 donc ad part vérifie $A_t \leq 0,003 A_b$
 p_t: espacement
 b: largeur de l'âme

Zone	A _{td}	S _{tz}	A _{td min}	A _{td} (cm ²)	S _{tz}	A _{td min}	A _{td} (cm ²)	cadre droit (2φ8)		cadre + écharpe (4φ8)	
								S _{tz}	A _{td} (cm ²)	S _{tz}	A _{td} (cm ²)
Zone nodale	L	9	0,675	10	0,75	10	2,01	10	0,75	2,01	2,01
	T	10	0,75	10	0,75	10	2,01	10	0,75	2,01	2,01
Zone courante	L	13	0,975	1	0,975	1	2,01	13	0,975	2,01	2,01
	T	13	0,975	1	0,975	1	2,01	13	0,975	2,01	2,01

A. > A_{td} vérifie

Effort tranchant

Les poutres soumises à des efforts tranchants sont justifiées vis-à-vis de l'état-limite ultime. Cette justification conserve les armatures transversales de l'âme et de la contrainte du béton, de même les zones d'appuis.

- Les justifications de l'âme d'une poutre sont conduites à partir de la contrainte tangente τ_u prise égale à:

$$\tau_u = \frac{V_u}{b_0 d}$$

V_u : Effort tranchant à l'ELU
 b_0 : largeur de la nervure
 d : hauteur utile de la poutre

On doit avoir

$$\tau_u \leq \min(0,13 f_{ct8}, 4 \text{ MPa}) \text{ fissuration peu nuisible}$$

Soit $\tau_u = 0,13 \cdot 25 = 3,25 \text{ MPa}$

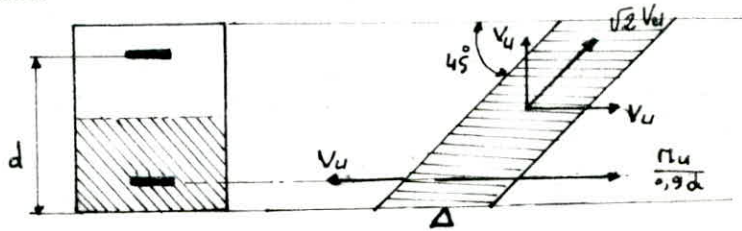
portique 9-9: $\tau_{u(\max)} = \frac{157,26 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 0,47 \cdot 10^6} = 1,34 \text{ MPa} < 3,25 \text{ MPa}$ vérifié

portique 8-8: $\tau_{u(\max)} = \frac{153,35 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 0,47 \cdot 10^6} = 1,31 \text{ MPa} < 3,25 \text{ MPa}$ vérifié

portique A-A: $\tau_{u(\max)} = \frac{125,46 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 0,37 \cdot 10^6} = 1,36 \text{ MPa} < 3,25 \text{ MPa}$ vérifié

portique B-B: $\tau_{u(\max)} = \frac{108,10 \cdot 10^3}{0,25 \cdot 0,37 \cdot 10^6} = 1,17 \text{ MPa} < 3,25 \text{ MPa}$ vérifié

Zones d'appuis:



L'effort tranchant provoque une force de compression dans la bielle de béton égale à $\sqrt{2} V_u$, et une force de traction dans l'armature inférieure égale à V_u .

Le moment négatif de l'appui provoque une force de compression dans l'armature inférieure.

On constate deux cas:

1) Si $V_u + \frac{M_u}{0,9d} < 0$ pas de force de traction dans les armatures inférieures

2) Si $V_u + \frac{M_u}{0,9d} > 0$ les armatures longitudinales inférieures sont soumises à un effort de traction égale à:

$V_u + \frac{M_u}{0,9d}$ et leur section A doit être telle que l'on ait:

$$\frac{A f_e}{\gamma_p} \geq V_u + \frac{M_u}{0,9d} \quad \text{avec } \gamma_p = 1,15 \text{ (situation accidentelle)}$$

$$\text{d'où } \bar{A} \geq \frac{1,15 (V_u + \frac{M_u}{0,9d})}{400}$$

On doit vérifier $A \geq \bar{A}$

Niv	nouv	portique	V_u (kN)	M_u (kNm)	$\frac{M_u}{0,9d}$	$V_u + \frac{M_u}{0,9d}$	\bar{A} (cm ²)	A	observation
2	2	B-B	108	-51,25	-153,90	-45,9		3T14	vérifié
2	1	A-A	125,46	-50,31	-151,08	-25,64		2T16 + 2T14	vérifié
2	B	9-9	146,26	-63,53	-150,18	+3,94		1T16 + 2T14	vérifié
2	B	8-8	142,35	-72,05	-170,33	-27,98		2T16 + 2T14	vérifié

Remarque:

Les efforts tranchants maximums se trouvent dans les poutres du niveau deux

FERRAILLAGE
DES
POTEAUX

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Les poteaux sont calculés en flexion composée dans les deux sens (longitudinal et transversal).

On les calcule à l'état-limite ultime (en situation durable et accidentelle).

1. Situation durable:

On prend pour chaque sens (longitudinal ou transversal), le moment M_{max} et l'effort normal correspondants et cela à partir des tableaux de combinaison en ajoutant à l'effort normal le poids propre du poteau majoré de 35 %.

Les contraintes ultimes des matériaux sont:

$$f_{bc} = 14,2 \text{ MPa} \quad \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 348 \text{ MPa} \quad (\gamma_s = 1,15, \gamma_b = 1,5)$$

2. Situation accidentelle:

On considère pour cette situation les combinaisons de sollicitations suivantes:

$$(N_{max}, M_{corr}); (N_{min}, M_{corr}); (M_{max}, N_{corr})$$

$$f_{bc} = 18,48 \text{ MPa} \quad \sigma_s = \frac{f_e}{\gamma_s} = 400 \text{ MPa} \quad (\gamma_s = 1, \gamma_b = 1,15)$$

On admettra pour un sens un ferrailage symétrique en obéissant aux recommandations du (RPA 81)

- $\phi_{min} = 14 \text{ mm}$ $l_{rmin} = 50\phi_{min}$
- Pourcentage minimal 1% en zone II
- Pourcentage maximal 4% " " "

Etat-limite ultime de stabilité de forme (A4.4 BAEL 83)

Les sections soumises à un effort normal de compression sont justifiées vis-à-vis de l'état-limite ultime de S.F conformément à l'article (A.4.4), en adoptant une excentricité totale de calcul:

$$e = e_1 + e_a + e_2 \quad e / \text{C.O.G. de la section}$$

Cependant il est possible de tenir compte des effets du second ordre de façon forfaitaire lorsque le rapport $\frac{l}{h}$ est inférieur à la plus grande des deux valeurs

15 et $20 \frac{e_1}{h}$, pour ce faire on procède aux justifications habituelles complétées comme suit:

$$e_a = \max(2 \text{ cm}, l/250)$$

$$e_2 = \frac{3l_f^2}{10^4 h} (2 + \alpha \phi)$$

avec: l_f : longueur de flambement

l : longueur de la pièce

h : hauteur totale de la section dans la direction du flambement.
 e_1 : excentricité du premier ordre
 e_a : excentricité due aux imperfections géométriques
 e_2 : excentricité du second ordre liés à la déformation de la structure.

α : rapport du moment du premier ordre dû aux charges permanentes au moment total du premier ordre avant application du coefficient δ ($\delta = 1,5$)

ϕ : rapport de la déformation différée (due au fluage) à la déformation instantanée ($\phi = \epsilon$)

$$\alpha = \frac{M(1,35G)}{M(1,35G + D+W)}$$

$$l_f = 0,7l = 0,7 \times 3,3 = 2,31 \text{ m}, \quad e_a = 2 \text{ cm} \text{ car } \frac{l}{250} < 2$$

Méthode de ferrailage :

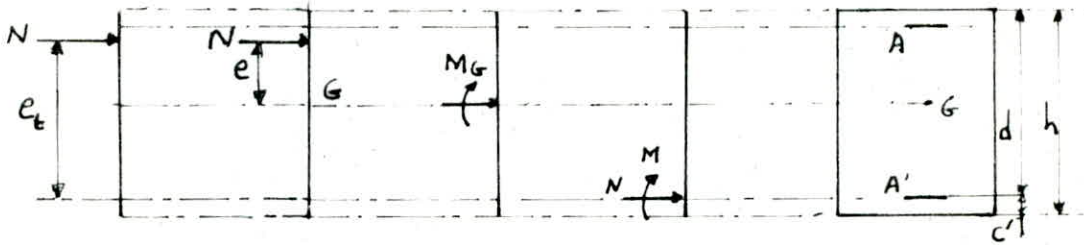
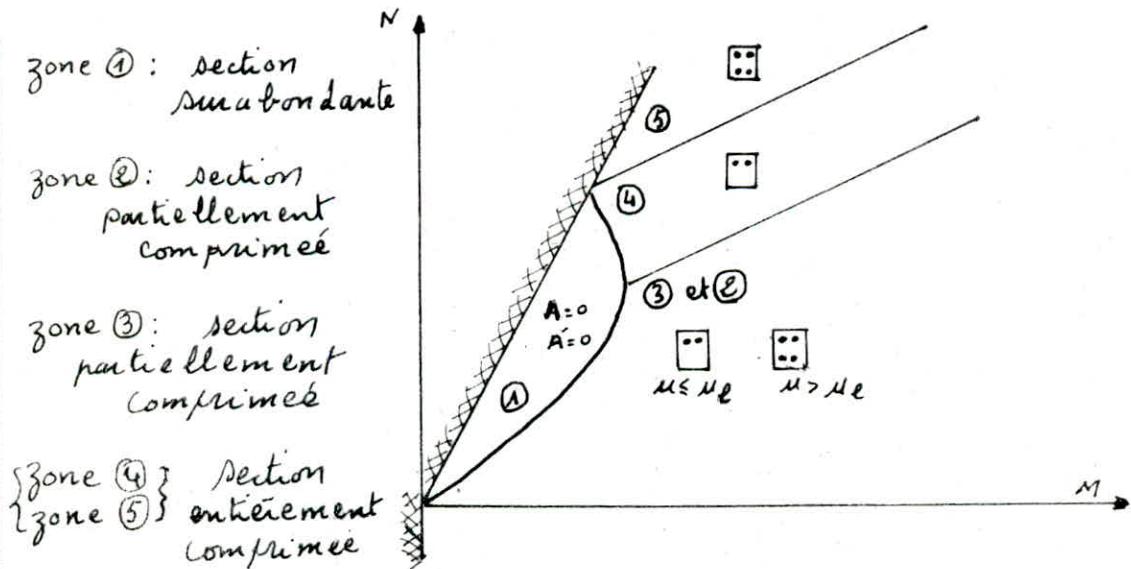
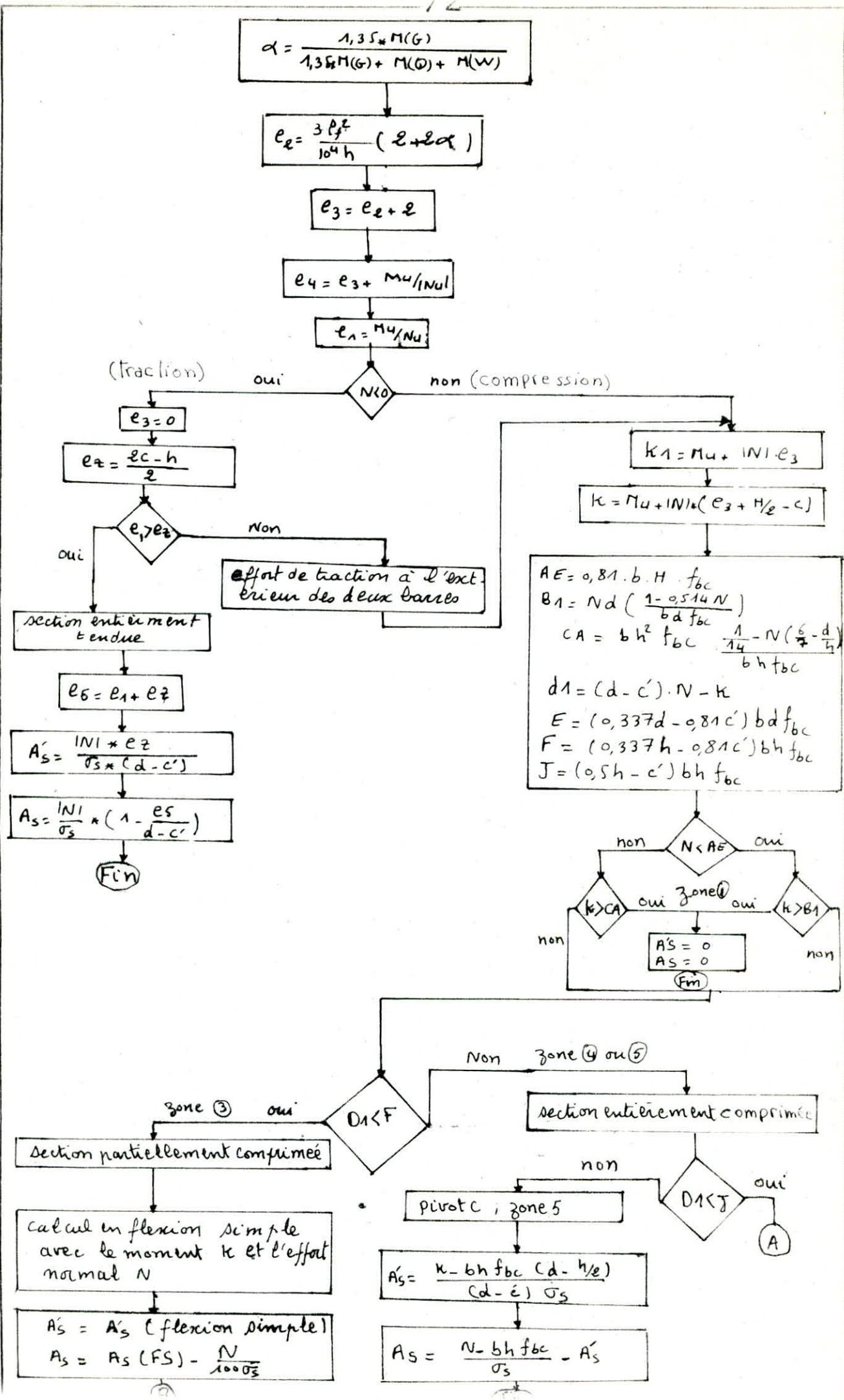


Diagramme d'interaction et les cinq zones de fonctionnement de la section :



La méthode de ferrailage est résumée dans l'organigramme suivant :

Données : $M_u, M(G), M(\phi), M(W), N_u, b, d, \tau_s = \frac{F_e}{s_p}, f_{bc}, c', c, h, \alpha_e, \mu_e, \epsilon_e$.



$$\alpha = \frac{1,35 * M(G)}{1,35 * M(G) + M(D) + M(W)}$$

$$e_2 = \frac{3 P_f^2}{10^4 h} (L + 2\alpha)$$

$$e_3 = e_2 + e$$

$$e_4 = e_3 + \frac{M_u}{|N_u|}$$

$$e_1 = \frac{M_u}{N_u}$$

(traction) oui non (compression)

$$e_3 = 0$$

$$e_2 = \frac{2c - h}{2}$$

$e_1 > e_2$

oui

non

section entièrement tendue

effort de traction à l'ext.érieur des deux barres

$$e_5 = e_1 + e_2$$

$$A_s' = \frac{|N| * e_2}{\sigma_s * (d - c')}$$

$$A_s = \frac{|N|}{\sigma_s} * (1 - \frac{e_5}{d - c'})$$

Fin

$$k_1 = M_u + |N| * e_3$$

$$k = M_u + |N| * (e_3 + H/2 - c)$$

$$AE = 0,81 * b * H * f_{bc}$$

$$B1 = Nd * (\frac{1 - 0,514 N}{b d f_{bc}})$$

$$CA = b h^2 f_{bc} \frac{1/14 - N(\frac{6}{7} - \frac{d}{h})}{b h f_{bc}}$$

$$d1 = (d - c') * N - k$$

$$E = (0,337d - 0,81c') b d f_{bc}$$

$$F = (0,337h - 0,81c') b h f_{bc}$$

$$J = (0,5h - c') b h f_{bc}$$

$N < AE$

zone 4

$$A_s = 0$$

$$A_s = 0$$

Fin

$D1 < F$

zone 3 oui

section partiellement comprimée

calcul en flexion simple avec le moment k et l'effort normal N

$$A_s = A_s \text{ (flexion simple)}$$

$$A_s = A_s \text{ (FS)} - \frac{N}{100 \sigma_s}$$

non zone 4 ou 5

section entièrement comprimée

non

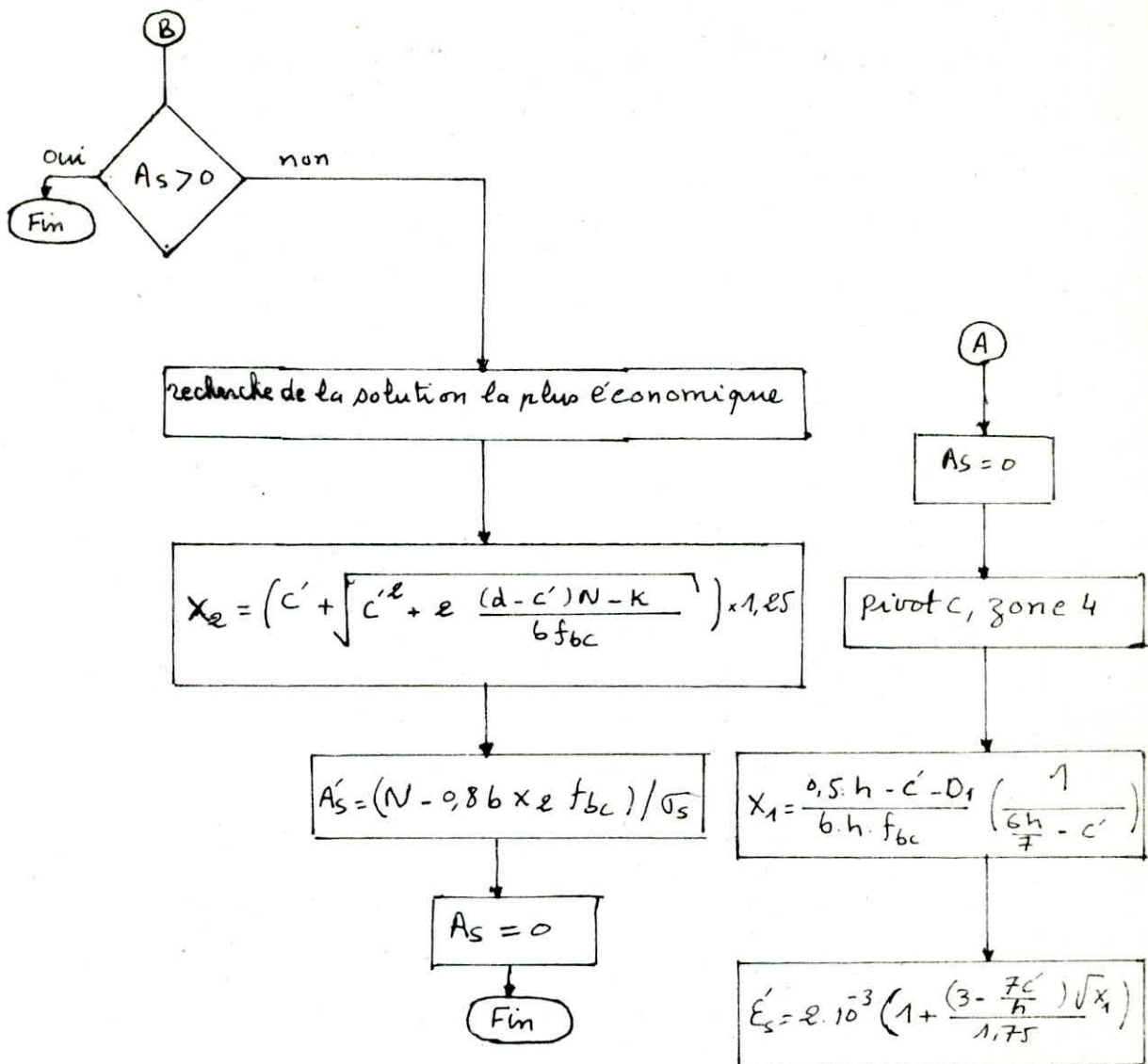
pivot c ; zone 5

$$A_s' = \frac{k - b h f_{bc} (d - h/2)}{(d - e) \sigma_s}$$

$$A_s = \frac{N - b h f_{bc}}{\sigma_s} - A_s'$$

oui

A



Pour notre cas :

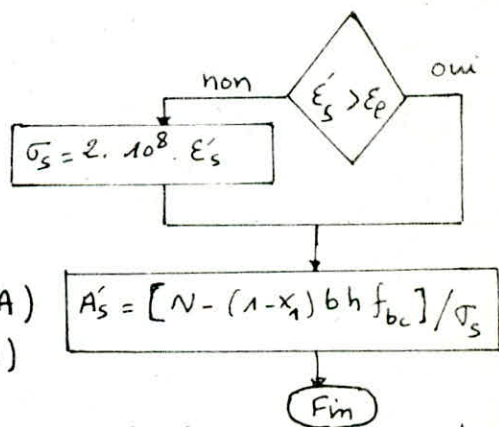
$b = h = 30 \text{ cm}$

$d = 27 \text{ cm}$

$c = c' = 3 \text{ cm}$

$\sigma_s = 400 \text{ MPa}; f_{bc} = 18,48 \text{ MPa}$ (situation A)

$\sigma_s = 348 \text{ MPa}; f_{bc} = 14,2 \text{ MPa}$. (situation D)



- avec : k_1 : moment par rapport au C.O.G de la section de béton
- k : moment par rapport au C.O.G de la section des armatures
- e_s : excentricité de l'effort de traction par rapport aux armatures inférieurs.
- e_z : distance entre le C.O.G de la section de béton et le C.O.G des armatures inférieurs.

ELU (situation durable)

M^E corrigés / C.D.G de la sect. du béton

M^E / C.D.G. du béton

Efforts normaux

NIV	POT	SENS	tête base	M_G	N_x	N_y	N_{pot}	N_{cum}	e_1	e_2	e_a	e_x	M
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
6	8A	L	t	3,73	34,09	59,36	0	84,45	4	1,6	2	7,6	6,49
			b	2,29	"	"	6,3	90,75	3	1	"	6	5,40
		T	t	17,10	"	"	0	84,48	20	2	"	24	20,30
			b	19,83	"	"	6,3	90,75	12	2	"	16	14,85
	8B	L	t	3,38	23,13	95,41	0	48,54	3	1	"	6	7,16
			b	1,89	"	"	6,3	124,48	1	2	"	5	5,87
		T	t	13,47	"	"	0	118,54	11	2	"	15	17,64
			b	7,92	"	"	6,3	124,48	6	1	"	9	12,25
	9A	L	t	5,75	16,16	42,38	0	58,54	1	2	"	5	7,90
			b	3,55	"	"	6,3	64,84	6	2	"	10	5,98
		T	t	14,37	"	"	0	58,54	24	2	"	28	16,53
			b	9,39	"	"	6,3	64,84	14	1	"	17	11,71
9B	L	t	3,84	19,84	65,17	0	76,81	5	2	"	9	6,65	
		b	2,34	"	"	6,3	83,11	3	2	"	7	5,27	
	T	t	19,69	"	"	0	76,81	14	1	"	17	11,19	
		b	6,44	"	"	6,3	83,11	8	1	"	11	9,23	
5	8A	L	t	7,70	75,45	108,16	6,3	199,00	4	1	"	7	14,04
			b	5,53	"	"	12,6	199,00	3	1	"	6	11,86
		T	t	22,66	"	"	6,3	199,00	12	2	"	16	29,3
			b	17,58	"	"	12,6	199,00	10	1	"	13	24,52
	8B	L	t	6,93	44,41	174,13	6,3	224,84	3	1	"	6	13,94
			b	1,71	"	"	12,6	231,14	12	2	"	16	8,98
		T	t	22,2	"	"	6,3	224,84	10	1	"	13	29,61
			b	16,04	"	"	12,6	231,14	7	1	"	10	23,32
	9A	L	t	8,10	41,17	96,07	6,3	143,54	6	2	"	10	13,20
			b	6,15	"	"	12,6	149,84	1	1	"	4	19,25
		T	t	22,67	"	"	6,3	143,54	10	1	"	13	27,57
			b	17,10	"	"	12,6	149,84	11	1	"	14	28,23
9B	L	t	6,38	24,01	132,89	6,3	163,00	4	1	"	7	11,29	
		b	4,57	"	"	12,6	169,30	3	1	"	6	18,83	
	T	t	21,98	"	"	6,3	163,00	13	1	"	16	27,14	
		b	15,14	"	"	12,6	169,30	19	1	"	22	22,34	
4	8A	L	t	19,86	122,22	168,51	12,6	303,93	4	1	"	7	20,51
			b	9,00	"	"	18,9	319,23	3	1	"	6	18,56
		T	t	29,05	"	"	18,6	303,93	10	1	"	13	39,23
			b	25,19	"	"	18,9	319,23	8	1	"	11	20,55
	8B	L	t	9,93	69,17	246,59	12,6	328,36	3	1	"	6	20,11
			b	8,16	"	"	18,9	334,86	2	1	"	5	17,43
		T	t	30,41	"	"	12,6	328,36	10	1	"	13	29,90
			b	25,57	"	"	18,9	334,66	8	1	"	11	36,82
	9A	L	t	10,58	69,46	155,01	12,6	237,07	4	1	"	7	18,71
			b	9,08	"	"	18,9	243,37	4	1	"	7	17,18
		T	t	39,16	"	"	12,6	237,07	13	1	"	16	38,10
			b	25,80	"	"	18,9	243,37	11	1	"	14	33,93
9B	L	t	8,75	39,99	191,09	12,6	243,66	4	1	"	7	16,57	
		b	7,34	"	"	18,9	249,98	3	1	"	6	15,44	
	T	t	31,48	"	"	18,6	243,68	13	1	"	16	39,13	
		b	26,03	"	"	18,9	249,98	10	1	"	13	33,87	

ELU (Situation durable)

M^t corrigés / C.O.G de la sect du béton

M^t / C.O.G de la sect du béton

Efforts normaux

NIV	POT	SENS	tête base	(kNm)	(kN)	(kN)	(kN)	(kN)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kNm)
				M _G	N _x	N _y	N _{pot}	N _{CUM}	e ₁	e ₂	e _a	e _x	M
				①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
3	8A	L	t	13,37	171,78	233,72	0	405,5	3	2	2	7	26,53
			b	13,37	"	"	6,3	411,8	3	1	"	6	26,27
		T	t	34,22	"	"	0	405,5	8	1	"	11	47,84
			b	34,22	"	"	6,3	411,8	8	1	"	11	47,56
	8B	L	t	12,27	93,21	311,33	0	4104,5	3	1	"	6	25,18
			b	12,27	"	"	6,3	410,8	2	1	"	5	24,58
		T	t	36,86	"	"	0	4104,5	9	1	"	12	89,76
			b	36,86	"	"	6,3	410,8	9	1	"	12	49,93
	9A	L	t	12,59	100,72	218,91	0	319,63	4	2	"	8	24,35
			b	12,59	"	"	6,3	325,9	4	1	"	7	23,47
		T	t	35,55	"	"	0	319,03	11	1	"	14	46,06
			b	35,55	"	"	6,3	325,9	11	1	"	14	46,20
9B	L	t	10,63	58,77	241,21	6,3	306,3	3	2	"	7	21,83	
		b	10,63	"	"	12,6	312,63	3	1	"	6	20,60	
	T	t	38,21	"	"	6,3	306,32	12	1	"	15	47,73	
		b	38,21	"	"	12,6	312,61	12	1	"	15	47,98	
2	8A	L	t	10,58	219,14	304,61	6,3	530,14	2	1	"	5	27,50
			b	10,58	"	"	12,6	536,4	2	1	"	5	27,32
		T	t	41,32	"	"	6,3	530,12	8	1	"	11	58,97
			b	41,32	"	"	12,6	536,41	8	1	"	11	58,85
	8B	L	t	15,48	116,50	366,66	6,3	489,50	3	1	"	6	39,74
			b	15,48	"	"	12,6	495,82	3	1	"	6	39,79
		T	t	45,73	"	"	6,3	489,53	9	1	"	12	61,19
			b	45,73	"	"	12,6	495,80	9	1	"	12	61,81
	9A	L	t	15,31	135,73	288,99	6,3	431,0	4	2	"	8	39,63
			b	15,31	"	"	12,6	437,31	4	1	"	7	29,69
		T	t	43,39	"	"	6,3	431,02	10	1	"	13	57,43
			b	43,39	"	"	12,6	437,32	10	1	"	13	57,62
9B	L	t	13,19	81,12	280,70	6,3	368,11	4	1	"	7	25,27	
		b	13,19	"	"	12,6	374,42	4	1	"	7	25,02	
	T	t	48,04	"	"	6,3	368,10	13	1	"	16	59,49	
		b	48,04	"	"	12,6	374,43	13	1	"	16	59,68	
1	8A	L	t	16,29	267,38	377,62	12,6	657,62	13	1	"	16	36,82
			b	24,16	"	"	18,9	664,03	2	1	"	5	44,77
		T	t	40,31	"	"	12,6	657,61	4	1	"	7	62,73
			b	56,58	"	"	18,9	664,38	6	1	"	9	77,96
	8B	L	t	15,01	139,47	418,61	12,6	570,72	9	1	"	12	32,62
			b	22,41	"	"	18,9	577,01	3	1	"	6	49,19
		T	t	44,48	"	"	12,6	570,72	4	1	"	7	62,51
			b	65,23	"	"	18,9	577,01	8	1	"	11	83,33
	9A	L	t	14,94	172,14	361,50	12,6	546,20	11	1	"	14	33,00
			b	21,21	"	"	18,9	552,50	3	1	"	6	39,02
		T	t	42,07	"	"	12,6	546,21	4	1	"	7	59,92
			b	59,99	"	"	18,9	552,52	8	1	"	11	77,73
9B	L	t	12,83	104,68	316,62	12,6	433,90	11	1	"	14	26,61	
		b	18,73	"	"	18,9	440,10	3	1	"	6	32,54	
	T	t	46,28	"	"	12,6	433,91	4	1	"	7	59,79	
		b	68,75	"	"	18,9	440,21	11	1	"	14	52,35	

ELU (S.D)

Moments

Armatures comprimées
Armature tendues

ELU (S.D)														
NIV	POT	SENS	le te base	M ^E / _{CD}	N	M _{As}	F _{goc}	J	D ₁	SOLL		A _s	A' _s	
6	8A	L	t	6,49	84,45	16,62	98,15	153,36	3,64	SSA		0	0	
			b	5,40	90,75	16,29	=	=	5,48	SPC		0,98	=	
		T	t	20,30	84,45	30,50	=	=	=	-10,11	SSA		0	=
			b	14,25	90,75	25,17	=	=	=	-3,32	SPC		0,18	=
	8B	L	t	7,16	118,54	21,39	98,15	153,36	7,06	SSA		0	=	
			b	5,87	124,48	20,81	=	=	=	9,07	"		0	=
		T	t	17,64	118,54	31,87	=	=	=	-3,42	SPC		0,18	=
			b	12,25	124,48	27,19	=	=	=	2,68	SSA		0	=
	9A	L	t	7,90	58,54	14,23	98,15	153,36	-0,88	"		0	=	
			b	5,98	64,84	13,78	=	=	=	1,82	"		0	=
		T	t	16,53	58,54	23,56	=	=	=	-9,52	SPC		0,93	=
			b	11,77	64,84	19,55	=	=	=	-3,99	"		0,29	=
9B	L	t	6,65	76,81	19,86	98,15	153,36	2,57	SSA		0	=		
		b	5,27	33,11	15,24	=	=	=	4,71	"		0	=	
	T	t	13,19	76,81	22,41	=	=	=	-3,98	SPC		0,27	=	
		b	9,23	33,11	19,19	=	=	=	0,72	SSA		0	=	
5	8A	L	t	14,04	100,60	36,83	98,15	153,36	8,76	SSA		0	=	
			b	11,86	196,20	35,41	=	=	=	-11,68	"		0	=
		T	t	29,30	100,60	52,10	=	=	=	-6,50	SPC		0,65	=
			b	24,52	196,20	48,02	=	=	=	-1,01	SSA		0	=
	8B	L	t	13,94	224,84	40,92	98,15	153,36	13,04	SSA		0	=	
			b	8,98	231,14	36,72	=	=	=	18,75	"		0	=
		T	t	29,61	224,84	56,58	=	=	=	-2,63	SPC		0,24	=
			b	23,72	231,14	51,44	=	=	=	3,09	SSA		0	=
	9A	L	t	13,20	143,54	30,42	98,15	153,36	4,02	SSA		0	=	
			b	10,25	149,84	30,56	=	=	=	10,07	"		0	=
		T	t	27,57	143,54	44,70	=	=	=	-10,35	SPC		1,05	=
			b	28,23	149,84	40,23	=	=	=	-4,23	"		0,29	=
9B	L	t	11,89	163,00	31,45	98,15	153,36	7,66	SSA		0	=		
		b	18,83	69,30	56,06	=	=	=	18,39	"		0	=	
	T	t	27,14	63,00	41,67	=	=	=	-7,57	SPC		0,73	=	
		b	22,34	69,30	40,36	=	=	=	-4,35	"		0,30	=	
4	8A	L	t	20,51	303,93	56,98	98,15	153,36	15,96	SSA		0	=	
			b	18,56	310,23	58,72	=	=	=	21,59	"		0	=
		T	t	39,23	303,93	75,71	=	=	=	-2,75	SPC		0,07	=
			b	20,55	310,23	40,83	=	=	=	0,2	SSA		0	=
	8B	L	t	20,11	328,36	59,52	98,15	153,36	19,23	"		0	=	
			b	17,43	334,66	46,63	=	=	=	117,77	"		0	=
		T	t	20,90	328,36	80,26	=	=	=	-1,54	SPC		0,65	=
			b	36,82	334,66	72,02	=	=	=	3,37	SSA		0	=
	9A	L	t	18,71	237,07	47,16	98,15	153,36	9,73	"		0	=	
			b	17,18	243,37	46,55	=	=	=	11,97	"		0	=
		T	t	38,10	237,07	66,66	=	=	=	-9,52	SPC		1,24	=
			b	33,93	243,37	63,13	=	=	=	-4,81	"		0,06	=
9B	L	t	16,57	243,68	45,88	98,15	153,36	12,67	SSA		0	=		
		b	15,44	249,98	45,45	=	=	=	14,55	"		0	=	
	T	t	39,13	243,68	68,41	=	=	=	-9,85	SPC		1,32	=	
		b	22,87	249,98	63,87	=	=	=	-3,87	"		0,05	=	

ELU (S.D)

Armatures comprimées

Moments/c.d.g du béton

Armature tendues

ELU (S.D)													
NIV	POT	SENS	tête base	M ^(KNM) /COE	N ^(KN)	M	F	J	D	SOLL	A _s ^(cm²)	A _s '	
3	8A	L	t	26,53	405,5	75,19			22,13	SSA	0	0	
			b	26,27	411,8	75,62	=	=	23,10	SSA	0	=	
		T	t	47,84	409,5	96,49	=	=	0,82	SPC	1,06	=	=
			b	47,56	411,8	96,98	=	=	1,82	SPC	0,97	=	=
	8B	L	t	25,18	404,5	73,72	=	=	23,35	SSA	0	=	=
			b	24,98	410,8	74,30	=	=	24,33	SSA	0	=	=
		T	t	89,70	404,5	98,15	=	=	-1,16	SPC	1,40	=	=
			b	49,93	410,8	99,25	=	=	-9,61	SPC	1,39	=	=
	9A	L	t	24,35	319,63	62,71	=	=	4,00	SSA	0	=	=
			b	23,47	325,9	62,54	=	=	15,99	SSA	0	=	=
		T	t	46,06	319,6	84,34	=	=	-7,78	SPC	1,54	=	=
			b	46,20	325,9	85,40	=	=	-7,77	SPC	1,51	=	=
9B	L	t	21,83	306,3	58,6	=	=	14,93	SSA	0	=	=	
		b	20,60	312,6	58,1	=	=	16,91	SSA	0	=	=	
	T	t	47,73	306,3	84,4	=	=	-11,01	SPC	1,94	=	=	
		b	47,98	312,6	85,5	=	=	-10,42	SPC	1,91	=	=	
2	8A	L	t	27,50	530,1	81,1	=	=	36,99	SSA	0	=	=
			b	27,32	536,4	91,7	=	=	37,04	SSA	0	=	=
		T	t	58,97	530,1	128,24	=	=	48,30	SPC/B	2,53	0,08	=
			b	58,85	536,4	123,17	=	=	5,47	SPC/B	2,45	0,17	=
	8B	L	t	30,74	489,5	89,48	=	=	27,99	SSA	0	=	=
			b	30,79	495,8	90,99	=	=	28,70	SSA	0	=	=
		T	t	61,19	489,5	79,9	=	=	-2,45	SPC	3,22	=	=
			b	61,81	495,8	120,9	=	=	-1,99	SPC	3,25	=	=
	9A	L	t	30,63	431,0	82,3	=	=	21,08	SSA	0	=	=
			b	29,69	437,3	82,11	=	=	22,78	SSA	0	=	=
		T	t	57,43	431,0	109,15	=	=	-5,71	SPC	2,65	=	=
			b	57,62	437,3	110,06	=	=	-5,17	SPC	2,66	=	=
9B	L	t	25,27	368,1	69,4	=	=	18,89	SSA	0	=	=	
		b	25,02	374,1	69,9	=	=	19,86	SSA	0	=	=	
	T	t	59,49	368,1	103,6	=	=	-15,33	SPC	3,42	=	=	
		b	59,68	374,4	104,5	=	=	-14,8	SPC	3,41	=	=	
1	8A	L	t	36,82	657,6	115,7	=	=	42,09	SSA	0	=	=
			b	44,77	664,0	112,44	=	=	34,91	SSA	0	=	=
		T	t	62,13	657,6	141,4	=	=	16,78	SPC/B	1,09	2,31	=
			b	77,96	664,0	157,6	=	=	1,72	SPC/B	2,90	4,30	=
	8B	L	t	32,62	570,7	101,0	=	=	35,78	SSA	0	=	=
			b	40,19	577,0	109,4	=	=	29,64	SSA	0	=	=
		T	t	62,51	570,7	131,0	=	=	6,01	SPC	2,38	1,11	=
			b	83,31	577,0	153,5	=	=	-14,07	SPC	4,79	3,69	=
	9A	L	t	33,04	546,2	98,6	=	=	32,50	SSA	0	=	=
			b	39,04	552,5	105,3	=	=	27,26	SSA	0	=	=
		T	t	59,92	546,2	125,4	=	=	5,59	SPC/B	2,43	0,44	=
			b	77,73	552,5	144,09	=	=	-11,37	SPC/B	4,47	2,68	=
9B	L	t	26,61	433,9	78,67	=	=	25,46	SSA	0	=	=	
		b	32,54	440,3	85,37	=	=	20,27	SSA	0	=	=	
	T	t	59,79	433,9	111,87	=	=	-16,71	SPC	3,10	0	=	
		b	82,38	440,3	135,18	=	=	-29,58	SPC/B	6,65	1,61	=	

ELU: (situation accidentelle)

Ferrailage des poteaux

NIV	POT	SENS	N _{max} ^(kN) M _{corr} ^(kN.m)						N _{min} ^(kN) M _{corr} ^(kN.m)					
			N	M	μ	Soll	A _s	A' _s	N	M	μ	Soll	A _s ^(cm²)	A' _s
6	8A	L	31,15	29,57	0,084	SPC	2,50	0	14,96	25,52	0,068	SPC	2,27	0
		T	46,10	34,04	0,100	"	2,79	"	17,69	16,17	0,046	"	1,32	"
	8B	L	21,78	27,96	0,076	"	2,42	"	9,55	23,69	0,062	"	2,15	"
		T	91,80	28,72	0,102	"	1,74	"	41,01	24,45	0,074	"	1,86	"
	9A	L	25,31	26,55	0,074	"	2,25	"	-4,35	18,81	0,048	"	1,95	0,002
		T	41,80	35,77	0,103	"	3,02	"	12,25	21,02	0,058	"	1,86	0
	9B	L	20,72	23,64	0,065	"	2,02	"	-6,44	21,50	0,055	"	2,20	"
		T	73,45	37,05	0,116	"	2,78	"	21,32	32,46	0,087	"	2,89	"
5	8A	L	68,31	49,54	0,149	"	4,18	"	30,68	42,01	0,114	"	3,77	"
		T	107,92	49,91	0,159	"	3,84	"	23,16	32,72	0,088	"	2,90	"
	8B	L	43,36	46,89	0,130	"	4,15	"	14,16	39,36	0,101	"	3,68	"
		T	196,41	51,34	0,194	"	3,22	"	53,59	43,65	0,125	"	3,69	"
	9A	L	69,56	41,24	0,127	"	3,35	"	-19,48	32,01	0,085	"	3,84	"
		T	101,85	53,16	0,167	"	4,35	"	16,33	36,92	0,093	"	3,41	"
	9B	L	58,06	38,51	0,114	"	3,11	"	-26,92	30,91	0,085	"	4,01	"
		T	181,65	58,95	0,205	"	4,14	"	29,87	50,89	0,132	"	4,83	"
4	8A	L	119,16	61,77	0,192	"	5,05	"	48,78	52,18	0,145	"	4,67	"
		T	176,99	60,44	0,208	"	4,43	"	29,74	41,69	0,125	"	4,61	"
	8B	L	73,49	58,38	0,168	"	5,10	"	21,61	48,94	0,128	"	4,61	"
		T	377,93	64,69	0,264	"	3,76	"	53,49	54,76	0,153	"	4,98	"
	9A	L	135,31	51,81	0,173	"	3,78	"	-49,17	57,38	0,143	"	7,04	"
		T	170,38	84,85	0,217	"	5,00	"	13,53	46,82	0,120	"	4,47	"
	9B	L	108,62	47,68	0,153	"	3,55	"	-65,16	46,66	0,136	"	7,15	"
		T	305,63	73,71	0,281	"	5,06	"	6,93	63,16	0,158	"	6,32	"
3	8A	L	171,54	67,32	0,222	"	5,25	"	65,50	56,81	0,161	"	5,01	"
		T	253,52	65,37	0,245	"	4,39	"	12,55	45,81	0,117	"	4,38	"
	8B	L	112,24	63,59	0,196	"	5,35	"	21,04	53,28	0,138	"	5,08	"
		T	451,23	70,85	0,322	"	3,84	"	43,59	59,90	0,162	"	5,58	"
	9A	L	227,31	56,03	0,207	"	3,60	"	-89,05	68,24	0,198	"	10,57	"
		T	246,76	79,19	0,255	"	5,05	"	41,20	51,27	0,128	"	5,05	"
	9B	L	145,72	51,85	0,176	"	3,65	"	-27,65	59,24	0,152	"	8,43	"
		T	444,57	64,60	0,304	"	2,89	"	-19,36	67,71	0,176	"	7,80	"
2	8A	L	226,47	74,72	0,258	"	5,75	"	79,92	62,98	0,182	"	5,56	"
		T	337,41	71,71	0,289	"	4,65	"	-7,77	51,08	0,127	"	5,14	"
	8B	L	144,60	80,37	0,246	"	7,12	"	22,45	59,09	0,153	"	5,71	"
		T	596,93	78,77	0,387	"	4,45	0,35	23,74	66,50	0,172	"	6,53	"
	9A	L	292,27	61,94	0,249	"	3,62	0	144,85	75,46	0,233	"	13,63	"
		T	331,36	77,38	0,300	"	5,47	0	-12,00	57,26	0,145	"	6,22	"
	9B	L	216,47	57,91	0,213	"	3,64	0	-147,81	55,79	0,124	"	11,31	"
		T	599,27	89,35	0,416	"	5,57	1,55	-58,22	76,19	0,207	"	10,27	"
1	8A	L	280,80	92,39	0,320	"	7,93	0	94,85	51,90	0,159	"	4,16	"
		T	420,29	90,07	0,361	"	7,21	0	-15,25	66,38	0,169	"	7,37	"
	8B	L	179,56	57,48	0,200	"	3,96	0	23,37	64,65	0,167	"	6,32	"
		T	740,62	104,73	0,493	"	5,30	4,79	4,77	85,63	0,213	"	8,97	"
	9A	L	374,28	76,08	0,311	"	5,08	0	-194,78	72,46	0,242	"	14,35	"
		T	414,70	66,59	0,301	"	3,44	0	-27,14	74,00	0,192	"	8,73	"
	9B	L	285,61	46,95	0,209	"	4,74	0	-198,35	63,36	0,221	"	14,44	"
		T	751,57	114,47	0,520	"	6,46	6,23	-36,32	97,13	0,271	"	14,54	"

ELU: (Situation accidentelle)

Ferrailage des poteaux

NIV	POT	SENS	Mmax		Ncorr		Soll	A _s	A' _s
			N	M	μ				
6	8A	L	31,15	29,57	0,083	SPC	2,48	0	
		T	46,10	34,90	0,09	SPC	2,79		
	8B	L	13,98	28,47	0,075	SPC	2,57		
		T	91,06	36,50	0,121	SPC	2,55		
	9A	L	25,31	26,55	0,074	SPC	2,25		
		T	41,80	35,27	0,100	SPC	3,22		
	9B	L	20,72	23,64	0,065	SPC	2,01		
		T	73,45	37,04	0,116	SPC	2,78		
5	8A	L	44,64	50,46	0,139	SPC	4,52		
		T	107,93	49,91	0,159	SPC	3,94		
	8B	L	24,22	47,29	0,125	SPC	4,40		
		T	196,49	57,5	0,206	SPC	3,89		
	9A	L	57,60	74,63	0,244	SPC	7,18		
		T	106,85	53,16	0,165	SPC	4,28		
	9B	L	58,00	38,51	0,114	SPC	3,10		
		T	181,65	58,95	0,215	SPC	4,13		
4	8A	L	73,04	62,67	0,179	SPC	5,60		
		T	176,99	60,44	0,208	SPC	4,40		
	8B	L	39,05	58,94	0,138	SPC	5,50		
		T	317,93	70,79	0,279	SPC	4,59		
	9A	L	135,31	51,81	0,173	SPC	3,77		
		T	170,38	64,85	0,216	SPC	5,00		
	9B	L	108,62	47,68	0,153	SPC	3,55		
		T	305,63	73,71	0,282	SPC	5,05		
3	8A	L	99,06	68,24	0,200	SPC	6,40		
		T	253,52	65,37	0,246	SPC	4,32		
	8B	L	34,76	63,94	0,172	SPC	6,04		
		T	451,23	76,96	0,339	SEC	4,91		
	9A	L	89,05	68,24	0,198	SPC	10,57		
		T	446,75	70,19	0,253	SPC	9,05		
	9B	L	145,72	56,85	0,176	SPC	3,65		
		T	444,57	80,37	0,343	SEC	5,34		
2	8A	L	22,33	25,64	0,223	SPC	6,7		
		T	337,41	71,21	0,287	SEC	4,53		
	8B	L	58,06	70,96	0,195	SPC	6,70		
		T	596,93	84,89	0,406	SPC	5,24	1,14	
	9A	L	141,85	73,64	0,234	SPC	13,16		
		T	336,36	77,37	0,300	SPC	5,48		
	9B	L	216,47	57,41	0,212	SPC	3,64		
		T	599,27	89,34	0,315	SPC	5,57	1,53	
1	8A	L	146,20	93,32	0,278	SPC	8,85		
		T	420,29	90,07	0,361	SPC	7,18		
	8B	L	57,36	77,99	0,210	SPC	7,59		
		T	740,61	107,83	0,407	SEC	5,93	1,42	
	9A	L	196,78	76,08	0,311	SPC	5,07		
		T	414,70	97,67	0,377	SPC	8,55		
	9B	L	275,61	64,98	0,253	SPC	4,00		
		T	755,57	114,47	0,407	SEC	6,46	4,23	

Recommandation

RPA 81 (art 4.2.3.1)

Les armatures longitudinale doivent être en haute adhérence, droites et sans crochets

- pourcentage minimal de ces armatures

1% en zone II

pour notre cas

$$\frac{30 \times 30}{100} = 9 \text{ cm}^2$$

- pourcentage maximum

$$4 \times \frac{30 \times 30}{100} = 36 \text{ cm}^2$$

CHOIX DES SECTIONS

			A (cm)	A adoptée en Ø	A totale en Ø	A totale en (cm)	Amin (cm ²)	Amax (cm ²)
6	8A	L	2,50	2T14	6T14	3,23	9	36
		T	2,79	3T14				
	8B	L	2,57	3T14	6T14	3,23	"	"
		T	2,55	2T14				
	9A	L	2,25	2T14	6T14	3,23	"	"
		T	3,02	3T14				
9B	L	2,29	2T14	6T14	3,23	"	"	
	T	2,89	3T14					
5	8A	L	4,53	3T14	8T14	12,31	"	"
		T	3,94	3T14				
	8B	L	4,40	3T14	8T14	12,31	"	"
		T	3,89	3T14				
	9A	L	7,18	2T16 + 1T20	4T16 + 2T20 + 2T14	18,34	"	"
		T	4,35	1T14 + 2T16				
9B	L	4,01	3T14	6T14 + 2T16	11,24	"	"	
	T	4,23	2T14 + 1T16					
4	8A	L	5,60	3T16	6T16 + 2T14	15,14	"	"
		T	4,60	1T14 + 2T16				
	8B	L	5,50	2T16 + 1T14	4T16 + 4T14	14,19	"	"
		T	4,98	2T16 + 1T14				
	9A	L	7,04	2T16 + 1T20	2T14 + 4T16 + 2T20	17,40	"	"
		T	5,00	2T16 + 1T14				
9B	L	7,15	2T16 + 1T20	4T16 + 2T20	14,32	"	"	
	T	6,32	2T16 + 1T20					
3	8A	L	6,10	3T16	6T16	12,06	"	"
		T	4,39	3T16				
	8B	L	6,04	3T16	6T16	12,06	"	"
		T	5,58	3T16				
	9A	L	10,57	1T25 + 2T20	4T20 + 2T25 + 2T14	25,46	"	"
		T	5,05	2T20 + 1T14				
9B	L	8,43	3T20	8T20	25,13	"	"	
	T	7,80	3T20					
2	8A	L	6,70	2T16 + 1T20	6T16 + 2T20	18,34	"	"
		T	5,14	3T16				
	8B	L	7,12	2T16 + 1T20	4T16 + 4T20	20,60	"	"
		T	6,53	2T16 + 1T20				
	9A	L	13,66	3T25	6T25 + 2T14	32,53	"	"
		T	6,22	2T25 + 1T14				
9B	L	11,31	2T25 + 1T20	4T25 + 2T20	25,91	"	"	
	T	10,27	2T25 + 1T20					
1	8A	L	8,35	3T20	8T20	18,84	"	"
		T	7,37	3T20				
	8B	L	7,59	3T20	8T20	18,84	"	"
		T	8,97	3T20				
	9A	L	14,79	3T25	6T25 + 2T14	32,53	"	"
		T	7,55	2T25 + 1T14				
9B	L	12,63	2T25 + 1T20	6T25 + 2T20	35,73	"	"	
	T	14,54	3T25					

ARMATURES TRANSVERSALES

Recommandation du RPA 81 (art 4.2.2.1 et 4.2.3.12)

La vérification de la résistance à l'effort tranchant doit être effectuée avec :

$T = 2 \text{ fois l'effort tranchant de calcul si } l > 15$

- Dispositions constructives : les cadres et étrées doivent être fermés par des crochets à 135° ayant une longueur d'ancrage de $10 \phi_e$ minimum.
- Le diamètre minimum des mailles formées par les armatures transversales doit être égale à 12 cm

Les armatures transversales des poteaux sont calculées à l'aide de la formule :

$$\frac{A_t}{S} = \frac{1,25T}{h_n \sigma_{en}}$$

avec $T = 2T_c$ (T_c : effort tranchant calculé)

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

$$\sigma_{en} = 235 \text{ MPa}$$

Espacement : zone courante : $S < \min(10 \phi_{min}, 15 \text{ cm})$ } Zone II
 zone nodale : $S < 12 \phi_{min}$

Armature minimale :

$$A_t = 0,004 \cdot S \cdot b \quad (\text{zone II})$$

NIV	POT	V_u (kN)	A_t	nbre de Cadres	S (cm)	\bar{S} (cm) Z.N	\bar{S}' (cm) Z.C	S (cm) Z.N	S' (cm) Z.C
6	8A	23,26	2 ϕ 8	1cadre	36,57	14	16,8	14	16
	8B	25,34	"	"	33,61	14	16,8	14	16
	9A	23,70	"	"	35,93	14	16,8	14	16
	9B	29,64	"	"	28,73	14	16,8	14	16
5	8A	42,10	3 ϕ 8	1C+1EP	20,23	14	16,8	14	16
	8B	45,82	"	"	18,59	14	16,8	14	16
	9A	40,58	"	"	20,98	15	19,2	14	18
	9B	50,74	"	"	16,78	14	16,8	14	16
4	8A	57,14	"	"	14,90	14	16,8	14	14
	8B	62,20	"	"	14,69	14	16,8	14	14
	9A	55,10	"	"	15,45	14	16,8	14	15
	9B	68,88	"	"	12,36	15	19,2	10	12
3	8A	68,46	"	"	12,43	15	19,2	10	12
	8B	74,66	"	"	11,40	15	19,2	10	11
	9A	66,00	"	"	12,90	14	16,8	10	12
	9B	82,5	"	"	10,90	15	24	10	10
2	8A	75,86	"	"	11,21	15	19,2	10	11
	8B	82,66	"	"	10,30	15	19,2	10	10
	9A	73,27	"	"	11,62	14	16,8	10	10
	9B	91,56	"	"	9,30	15	24	8	9
1	8A	78,16	"	"	10,89	15	24	10	10
	8B	88,2	"	"	9,65	15	24	9	9
	9A	77,96	"	"	10,92	14	16,8	10	10
	9B	77,46	"	"	8,73	15	24	8	8

VERIFICATION DES CONTRAINTES

La vérification des contraintes de deux matériaux acier et béton se fait en état - limite de service.

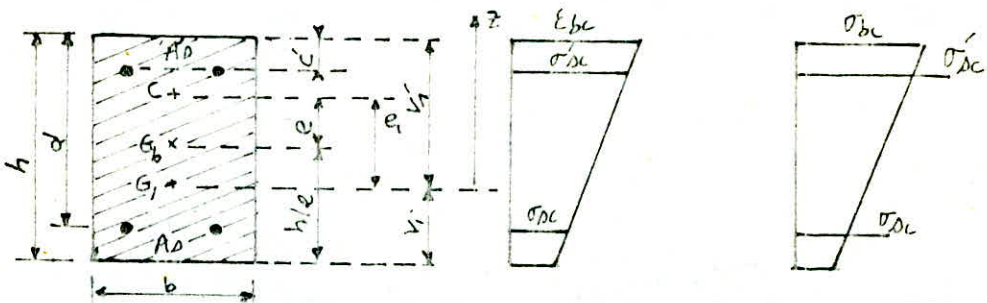
la contrainte de compression du béton est fixée à $0,6 f_{c28}$, tant dis- que la contrainte des aciers n'est pas limitée car la fissuration est considérée comme peu nuisible.

Calcul à l'état - limite de service:

Nous avons des sections symétriques ($A_p = A_p', C = C'$) donc le centre de gravité de la section homogène coïncide avec le centre géométrique de la section de béton, On a:

$$\text{section homogène } B'_1 = B' + \epsilon n A_p$$

Section entièrement comprimée:



G_1 : centre de gravité de la section totale homogène
 V_1, V_1' : position du centre de gravité G_1 par rapport aux fibres extrêmes supérieures et inférieures de la section
 e_1 : excentricité du centre de pression par rapport à G_1 .

Section Symétrique: $V_1 = \frac{h}{2}$ $e_1 = e$

$$\text{Moment d'inertie } I_1 = \frac{b h^3}{12} + \epsilon n A_s \left(\frac{h}{2} - c' \right)^2$$

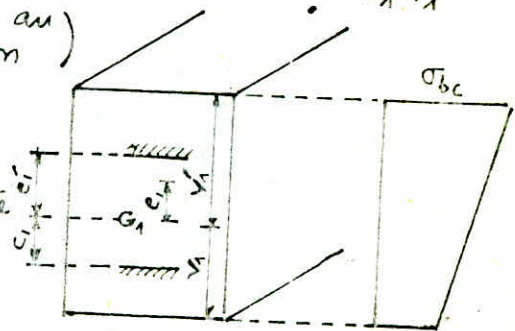
$$\text{limite supérieur du noyau central } c'_1 = \frac{I_1}{B'_1 V_1}$$

$$e_1 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} \quad (\text{distance du c.p au c.o.g de la section})$$

1) Si $e_1 \leq c'_1$

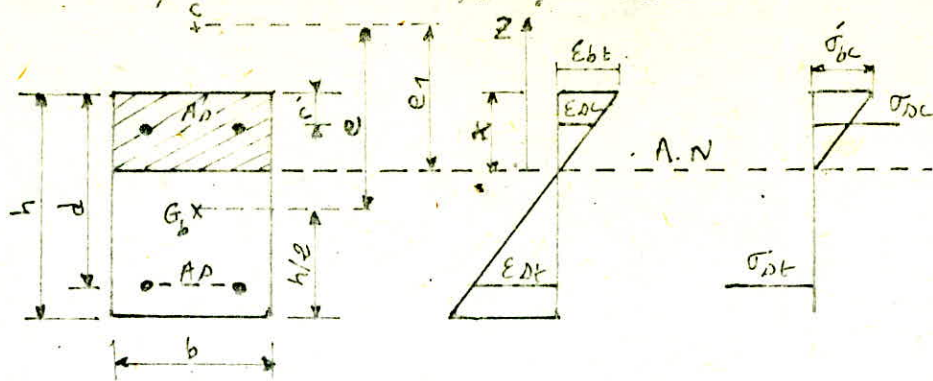
la section est entièrement comprimée donc la contrainte s'écrit:

$$\sigma'_b = \frac{N_{ser}}{B'_1} + \frac{N_{ser} e_1 - V_1}{I_1}$$



2) Si $e_1 > c'_1 \Rightarrow$ la section est partiellement comprimée dans ce cas il faut:

section partiellement comprimée



le centre de pression (C) est à l'extérieur du noyau central

le moment statique: $S_1 = \frac{bx^2}{2} + nA_p(e-x-c'd)$

le moment d'inertie: $I_1 = \frac{bx^3}{3} + nA_p[(x-c')^2 + (d-x)^2]$

avec $x = \frac{h}{2} + e_1 - e$, $e_1 = \frac{I_1}{S_1}$

$\Rightarrow e_1^3 + pe_1 + q = 0$ (1)

avec $p = -3w^2 + \frac{6nA_p}{b}(2w+c'+d)$

$q = 2w^3 - \frac{6nA_p}{b}[(w+c')^2 + (w+d)^2]$

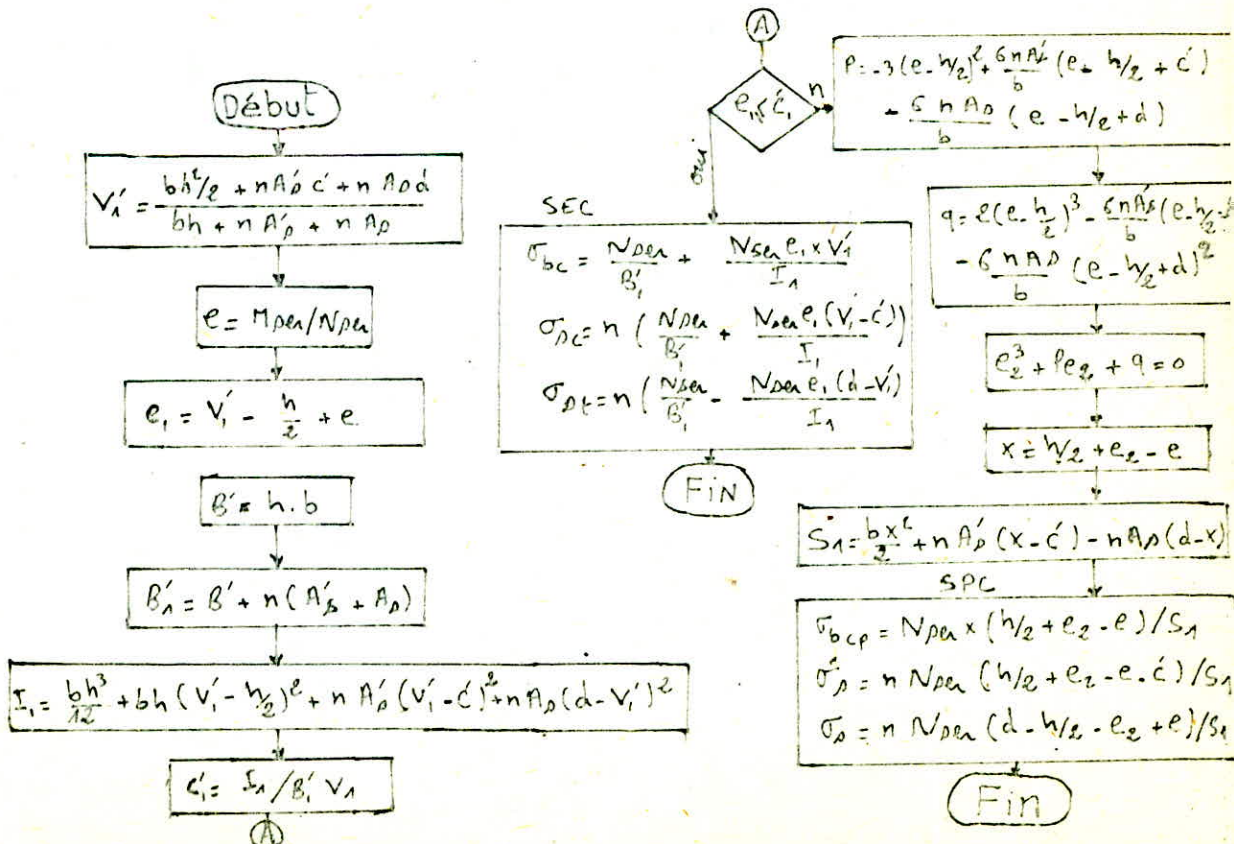
$w = e - \frac{h}{2}$

la résolution de l'équation (1) permet de calculer:

$\sigma_{bc} = \frac{N_{per} \times (\frac{h}{2} + e_1 - e)}{S_1}$

La méthode pour une section quelconque est donnée par l'organigramme suivant:

Données: h, b, M_{per}, N_{per}, n, c', A_s, A_p, d.



334

vérification des contraintes de compression du béton

NIV	pot	sens	A = A'(cm ²)	M (knm)	N (kn)	SOLL	σ_b (MPa)	$\bar{\sigma}_b$ (MPa)
6	8A	L	3,08	2,57	25,87	SEC	0,76	15
		T	4,62	12,23	37,44	SEC	2,69	"
	8B	L	4,62	2,28	17,27	SPL	0,83	"
		T	3,08	9,38	76,71	SEC	1,38	"
	9A	L	3,08	4,09	11,07	SPL	0,87	"
		T	4,62	10,12	31,36	SEC	1,29	"
9B	L	3,08	5,51	6,01	SPL	1,03	"	
	T	4,62	5,15	55,39	SEC	1,11	"	
5	8A	L	4,62	15,18	54,90	SPL	2,70	"
		T	4,62	15,82	80,58	SPL	2,92	"
	8B	L	4,62	4,64	33,38	SEC	0,80	"
		T	7,16	16,16	151,34	SEC	2,48	"
	9A	L	5,56	5,59	30,25	SEC	2,66	"
		T	4,62	15,64	70,95	SPL	2,84	"
9B	L	5,09	4,35	17,54	SPL	0,38	"	
	T	6,03	12,35	122,55	SEC	2,32	"	
4	8A	L	4,62	7,29	91,80	SEC	0,96	"
		T	4,62	20,06	125,21	SEC	7,04	"
	8B	L	5,54	6,26	55,89	SEC	0,44	"
		T	5,54	20,61	231,77	SEC	6,34	"
	9A	L	7,16	7,25	5,17	SEC	0,93	"
		T	4,62	2,32	114,05	SEC	4,58	"
9B	L	7,16	5,98	28,98	SEC	7,17	"	
	T	7,16	48,72	195,18	SEC	3,38	"	
3	8A	L	6,03	8,08	136,75	SEC	2,13	"
		T	6,03	23,50	173,10	SEC	5,30	"
	8B	L	6,03	7,82	77,19	SEC	1,38	"
		T	6,03	24,91	377,35	SEC	6,78	"
	9A	L	11,79	8,58	73,28	SEC	1,90	"
		T	7,82	24,21	160,46	SEC	5,30	"
9B	L	9,42	7,17	42,30	SEC	2,90	"	
	T	9,42	23,21	273,19	SEC	6,48	"	
2	8A	L	7,16	10,34	176,09	SEC	5,30	"
		T	6,03	28,24	224,78	SEC	6,70	"
	8B	L	7,16	9,96	98,99	SEC	3,11	"
		T	7,16	39,22	409,15	SEC	5,36	"
	9A	L	14,73	19,39	98,28	SEC	2,05	"
		T	11,36	29,44	210,99	SEC	6,29	"
9B	L	12,96	9,96	57,99	SEC	1,91	"	
	T	12,96	29,76	358,30	SEC	5,97	"	
1	8A	L	9,42	15,26	246,63	SEC	4,85	"
		T	9,42	27,56	277,26	SEC	5,38	"
	8B	L	9,42	14,58	121,00	SEC	2,90	"
		T	9,42	30,00	503,32	SEC	8,54	"
	9A	L	14,73	14,34	124,23	SEC	2,84	"
		T	11,36	28,56	263,13	SEC	6,30	"
9B	L	12,96	12,57	74,49	SEC	0,87	"	
	T	14,73	29,11	445,79	SEC	7,48	"	

FONDATIIONS

calcul des fondations

La fondation est un organe de transmission de charge de la struct. vers le sol.

- elle ne peut être calculée que si l'on connaît:
 - la superstructure et ses charges
 - les caractéristiques des charges
- selon la structure de l'ouvrage il a été conçu:
- des semelles isolées
 - des semelles continues pour 2 poteaux.

1) semelle isolée:

les efforts sont: $N = 395,88 \text{ kN}$
 $M_{\text{max}} = 36,81 \text{ kNm}$ } situation durable

a) Etat limite ultime $N_{\text{max}} = 420,29 \text{ kN}$
 $M_{\text{eau}} = 90,07 \text{ kNm}$ } situation accidentelle

poteau 30 x 30

Nous adopterons une semelle homogène au poteau $\frac{A}{B} = \frac{a}{b} = 1 \Rightarrow A = B$

pour que le sol sous la fondation soit comprimé il faut:

$$e = \frac{M}{N} < \frac{A}{6} \Rightarrow A > \frac{6M}{N}$$

ELUD $\rightarrow A > \frac{6 \cdot 36,81}{395,88} = 0,55 \text{ m}$

ELUA $\rightarrow A > \frac{6 \cdot 90,07}{420,29} = 1,28 \text{ m}$

$\Rightarrow A > 1,30 \text{ m}$

donc pour avoir un diagramme trapezoidal il faut que l'équation soit satisfaite, ceci étant

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A \times B} \pm \frac{M \cdot \omega}{I} \text{ avec } \omega = \frac{A}{2} \quad I = \frac{B A^3}{12} = \frac{A^4}{12}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{A^2} \pm \frac{N \cdot \omega \cdot A / e}{\frac{A^4}{12}} \Rightarrow \sigma_{1,2} = \frac{N}{A^2} \left[1 \pm \frac{6e}{A} \right]$$

$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{\sigma_2 + 3\sigma_1}{4} = \frac{1}{4} \left[\frac{N}{A^2} \left(1 - \frac{6e}{A} \right) + 3 \frac{N}{A^2} \left(1 + \frac{6e}{A} \right) \right]$$

$$\Rightarrow \sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{N}{4A^2} \left[4 + \frac{12e}{A} \right] \leq \bar{\sigma}_s \quad (1)$$

avec $\bar{\sigma}_s = \frac{\gamma D + \gamma_0 N_q + \gamma_0 (N_q - 1) + (1 + 0,3 \frac{B}{A}) C}{F_s}$; $p = \frac{B}{2(1 + \frac{B}{A})}$

γ : poids spécifique du sol humide

D : Ancrage de la fondation

C : Cohésion du sol sur lequel sont basées les fondations

N_q, N_γ, N_c : paramètres sans dimensions en fonction de l'angle de frottement φ : $\varphi = 20^\circ$

F_s : Coefficient de sécurité

N_γ : terme de surface = $\frac{1}{2} \left[k_p \frac{\cos(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{2})}{\cos(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2})} - \tan(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}) \right] = 4,97$

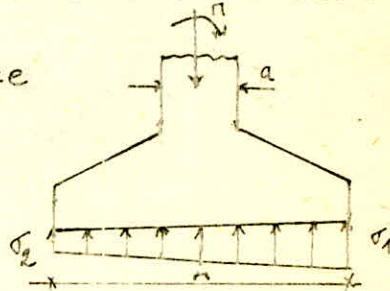
N_q : terme de profondeur = $\tan^2(\frac{\pi}{4} + \frac{\varphi}{2}) e^{\pi \tan \varphi} = 6,4$

N_c : terme de cohésion = $\frac{N_q - 1}{\tan \varphi} = 14,8$

$\gamma = \gamma_d (1 + w)$ avec γ_d : poids volumique sec = $17,40 \text{ kN/m}^3$

w : teneur en eau naturelle = $14,50\%$

$\Rightarrow \gamma = 19,42 \text{ kN/m}^3$



$$\bar{\sigma}_s = 19,12 \cdot 1,5 + \frac{0,25 \cdot 19,12 \cdot 4,97 + 19,12 \cdot 1,5 \cdot 5,4 + 1,3 \cdot 20 \cdot 14,8}{3}$$

$$\bar{\sigma}_s = (7,92 A + 208,55) \text{ kN/m}^2$$

Dans les conditions l'inequation (1) devient alors:

$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{N}{4A^2} \left[4 + \frac{12e}{A}\right] \leq (7,92 A + 208,55) \text{ kN/m}^2$$

C'est une inequation qui va être resolue par iterations successives.

- sous situation durable $N = 395,82 \text{ kN}$ $M = 36,81 \text{ kNm}$

$$\frac{395,82}{4A^2} \left[4 + \frac{12 \cdot 0,093}{A}\right] \leq 7,92 A + 208,55 \quad e = \frac{36,81}{395,82} = 0,093 \text{ m}$$

Après plusieurs iterations $A = 1,50 \text{ m}$

- sous situation accidentelle $N = 420,29 \text{ kN}$ $M = 90,07 \text{ kNm}$

$$\frac{420,29}{4A^2} \left[4 + \frac{12 \cdot 0,21}{A}\right] \leq 7,92 A + 208,55 \quad e = \frac{90,07}{420,29} = 0,21 \text{ m}$$

Après plusieurs iterations $A = 1,65$

en conclusion donc on prendra $A = 1,8 > 1,65 > 1,5 \text{ m}$

- pour justifier la réaction du sol lineaire il faut qu'on ait une semelle assez rigide ce qui est traduit par:

$$h \geq \frac{1,8 - 0,3}{4} = 37,5 \text{ cm on prendra } h = 45 \text{ cm} \rightarrow d = 40 \text{ cm}$$

- epaisseur de la semelle $e \geq 6\phi + 6$ $\phi = 20 \text{ mm} \rightarrow e = 18 \text{ cm}$
donc on prendra $e = 20 \text{ mm}$

Vérification des contraintes dans le sol

pour la vérification des contraintes dans le sol nous ajouterons à l'effort normal ramené de la superstructure le poids propre de la semelle (Φ_s) et le poids des terres Φ_T

volume de la semelle $V_s = \frac{1,8^2}{2} \times 20 + \frac{0,13 + 1,8}{2} \times 0,25$

$$V_s = 0,91 \text{ m}^3$$

$$\Phi_s = 0,91 \times 25 = 22,75 \text{ kN}$$

volume de la terre : $V_T = (45 \times 1,8 - 0,91) = 3,95 \text{ m}^3$

$$\Phi_T = 3,95 \times 19,12 = 75,52 \text{ kN}$$

$$\Phi_s + \Phi_T = 98,27 \text{ kN}$$

on vérifie les contraintes uniquement pour l'ELU A car ce cas est plus défavorable.

$$N' = 420,29 + 98,27 = 518,56 \text{ kN} \quad e = \frac{90,07}{518,56} = 0,17$$

$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{N'}{4A^2} \left[4 + \frac{12e}{A}\right] = \frac{518,56}{4 \cdot 1,8^2} \left[4 + \frac{12 \cdot 0,17}{1,8}\right] = 205,39 \text{ kN/m}^2$$

$$\bar{\sigma}_s = 7,92 \cdot 1,8 + 208,55 = 222,806 \text{ kN/m}^2$$

$$\Rightarrow \sigma\left(\frac{A}{4}\right) = 0,2 \text{ MPa} < \bar{\sigma}_s = 0,22 \text{ MPa} \text{ vérifié}$$

Vérification au poinçonnement:

$$\bar{\Phi}_u = 0,045 u_c h f_{ct,8}$$

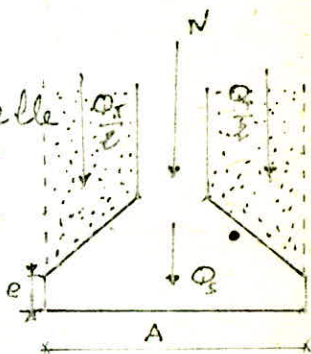
u_c : Perimètre du contour homothétique au poteau. Situé à $\frac{h}{2}$ en dessous du poteau

$$\bar{\Phi}_u = 0,045 \cdot 2,8 \cdot 0,45 \cdot 25 \cdot 10^3$$

$$u_c = 4(a + d) = 4(0,3 + 0,4) = 2,8 \text{ m}$$

$$\bar{\Phi}_u = 1417,5 \text{ kN}$$

$$\Phi = 518,56 < \bar{\Phi}_u = 1417,5 \text{ kN} \text{ vérifié}$$



Ferraillage de la semelle: puisque'on a une semelle rigide on peut utiliser la méthode des bielles:

F_max = \frac{\varphi(A-a)}{8d} avec \varphi = \sqrt{\frac{A}{4}} \times A \times B = 205,39 \times 1,8 = 665,46 kN

F_max = \frac{665,46(1,8-0,3)}{8 \cdot 0,4} = 311,93 kN

A_x = A_y = \frac{F_max}{\sigma_s} = \frac{311,93 \cdot 10}{348} = 8,96 cm^2 soit 8 \cdot 12 = 96 mm^2 (l = 25 cm)

Vérification à l'adhérence:

\tau_s = 0,6 \varphi^2 f_{ct8} = 0,6 \times 1,5^2 \cdot 2,1 = 2,84 MPa

l_s = \frac{\phi}{4} \frac{f_e}{\tau_s} = \frac{1,4}{4} \frac{400}{2,84} = 49,29

l_s = 49,29 > \frac{A}{4} = \frac{120}{4} = 45 cm \Rightarrow toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle et comporter des ancrages courbes.

b) Etat-limite de service. Nous avons:

N = 220,79 kN, M = 13,67 kNm

N' = 220,79 + 98,27 = 319,06 kN e = \frac{13,67}{319,06} = 0,04 m

\sigma(\frac{A}{4}) = \frac{N'}{4A^2} [4 + \frac{12e}{A}] = \frac{319,06}{4 \cdot 1,8^2} [4 + \frac{12 \cdot 0,04}{1,8}] = 105,51 MPa

F_max = \frac{\varphi'(A-a)}{8d} avec \varphi' = 105,51 \times 1,8^2 = 341,84

F_max = \frac{341,84(1,8-0,3)}{8 \cdot 0,4} = 160,23 kN

A = \frac{F_max}{\sigma_s} = \frac{160,23}{240} \cdot 10 = 6,67 \sigma_s = 240 MPa (fissuration préj) (fissuration préj)

On remarque que A = 6,67 < A = 9,05 vérifié

2) Semelle continue sous deux poteaux:

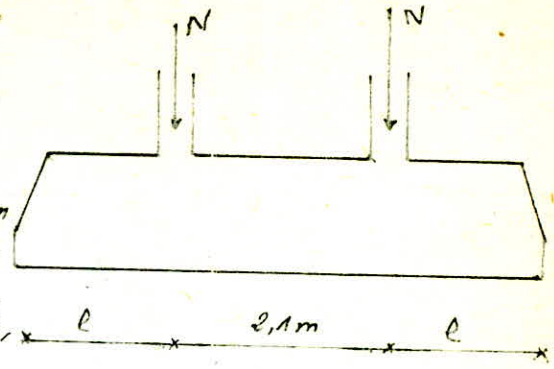
1) état limite ultime:

Situation durable: $N = 621,83 \text{ kN}$

$M = 51,9 \text{ kNm}$

Situation accidentelle: $N = 751,57 \text{ kN}$

$M = 114,47 \text{ kNm}$



- Nous voulons que la semelle continue sous deux poteaux travaille sous des contraintes linéairement réparties, pour cela elle doit être suffisamment rigide pour ne pas se comporter comme une poutre sur sol élastique avec une réaction non linéaire.

En fait le calcul de la longueur élastique nous permet de connaître la loi de répartition des contraintes.

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k_B}}$$

avec I est l'inertie de la semelle
 E module d'élasticité du béton = $2,1 \cdot 10^6 \text{ t/m}^2$
 k coefficient de raideur du sol = $9,5 \rightarrow 12 \text{ kg/cm}^2$
 pour un sol moyen $k = 4 \text{ kg/cm}^2 = 4 \cdot 10^3 \text{ t/m}^3$
 B = largeur de la semelle.

Soit $l = 2,1 \text{ m}$ la longueur de la poutre ou la distance entre les deux efforts.

- si $l \leq \frac{\pi}{2} l_e \rightarrow$ le calcul se fait avec une répartition linéaire et il n'y a pas lieu de faire des calculs relatifs à la poutre sur le sol élastique.

- si $l > \frac{\pi}{2} l_e \rightarrow$ la répartition des contraintes n'est plus linéaire et le calcul devra être effectué conformément à la théorie de la poutre sur le sol élastique.

- pour que la condition ci-dessus soit satisfaite il faut bien choisir B et h

$$I_{GG} = \frac{h^3}{36(B+a)} (B^2 + 4aB + 3a^2)$$

$$I_{GG} = \frac{0,55^3}{36(B+0,3)} (B^2 + 4 \cdot 0,3B + 3 \cdot 0,3^2)$$

d'où $l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k_B}} = \left(\frac{4 \times 2,1 \times 10^6 (0,166B^2 + 0,2B + 0,044)}{4 \cdot 10^3 \times B(B+0,3) \cdot 36} \right)^{1/4}$

$$l_e = \left(\frac{58,33}{B} \cdot \frac{0,166B^2 + 0,2B + 0,044}{B+0,3} \right)^{1/4}$$

$$l < \frac{\pi}{2} l_e \Rightarrow l^4 \leq \left(\frac{\pi}{2}\right)^4 l_e^4 \Rightarrow (2,1)^4 \leq \left(\frac{\pi}{2}\right)^4 \left(\frac{58,33}{B} \cdot \frac{0,166B^2 + 0,2B + 0,044}{B+0,3} \right)^4$$

$$\Rightarrow 19,45 \leq 6,09 \frac{9,68B^2 + 11,67B + 2,57}{B^2 + 0,3B}$$

$$10,45B^2 + 5,84B \leq 58,95B^2 + 71,07B + 15,65$$

$$39,5B^2 + 65,23B + 15,65 \geq 0 \Rightarrow B^2 + 1,65B + 0,4 \geq 0$$

cette inéquation est vérifiée quel que soit B positif

on prend $B = 2 \text{ m}$

Vérification:

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{k_B}} = \left(\frac{4 \times 2,1 \times 10^6 (0,166 \cdot 2^2 + 0,2 \cdot 2 + 0,044)}{4 \cdot 10^3 \times 2(2+0,3) \cdot 36} \right)^{1/4} = 1,96$$

$$\frac{\pi}{2} l_e = \frac{\pi}{2} 1,96 = 3,1 > 2,1 \text{ m}$$

donc nous pouvons supposer une réaction linéaire sur la poutre et suffisamment rigide.

Pour déterminer les contraintes σ_1 et σ_2 , on remplace les deux charges verticales par une force résultante (N_2) agissant dans le centre de gravité de la semelle.

$$N_2 = 2 \times 751,47 = 1503,14 \text{ kN}$$

$$M = 2 \times 114,47 = 228,90 \text{ kN m}$$

$$\text{L'excentricité } e = \frac{M}{N} = \frac{228,90}{1503,14} = 0,15 \text{ m}$$



Pour que tout le sol sous la fondation soit comprimé il faut que:

$$e = \frac{M}{N} < \frac{A}{6} \Rightarrow A > \frac{6M}{N} = 0,90 \text{ m} \quad (1)$$

donc pour avoir un diagramme trapézoïdal il faut que l'inéquation (2) soit satisfaite, ceci étant:

$$\sigma_1 = \frac{N}{B} (0,25 + 0,38e) = \frac{1503,14}{2} (0,25 + 0,38 \cdot 0,15) = 0,230 \text{ MPa}$$

$$\sigma_2 = \frac{N}{B} (0,25 - 0,38e) = \frac{1503,14}{2} (0,25 - 0,38 \cdot 0,15) = 0,140 \text{ MPa}$$

$$\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = \frac{\sigma_2 + 3\sigma_1}{4} = 0,209 \text{ MPa}$$

$$\bar{\sigma}_s = 19,12 \times 1,6 + \frac{2/3 \times 19,12 \times 4,97 + 19,12 \times 1,6 \times 5,4 + 1,3 \times 20 \times 14,8}{3} = 0,235 \text{ MPa}$$

$$\left[\sigma\left(\frac{A}{4}\right) = 0,209 < \bar{\sigma}_s = 0,235 \text{ MPa} \right] \quad (2)$$

Ferraillage:

1) A l'appui (a)

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} d^2 b} = \frac{201,25 \cdot 10^3}{18,48 \cdot 50^2 \cdot 30}$$

$$\mu = 0,145 \quad \alpha = 0,198 \quad \beta = 0,921$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s \beta d} = \frac{201,25 \cdot 10^3}{400 \cdot 0,921 \cdot 50} = 10,96 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } 3T20 + 1T14 = 10,96 \text{ cm}^2$$

2) en travée:

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} d^2 b} = \frac{35,75 \cdot 10^3}{18,48 \cdot 50^2 \cdot 30} = 0,026$$

$$\alpha = 0,033 \quad \beta = 0,987$$

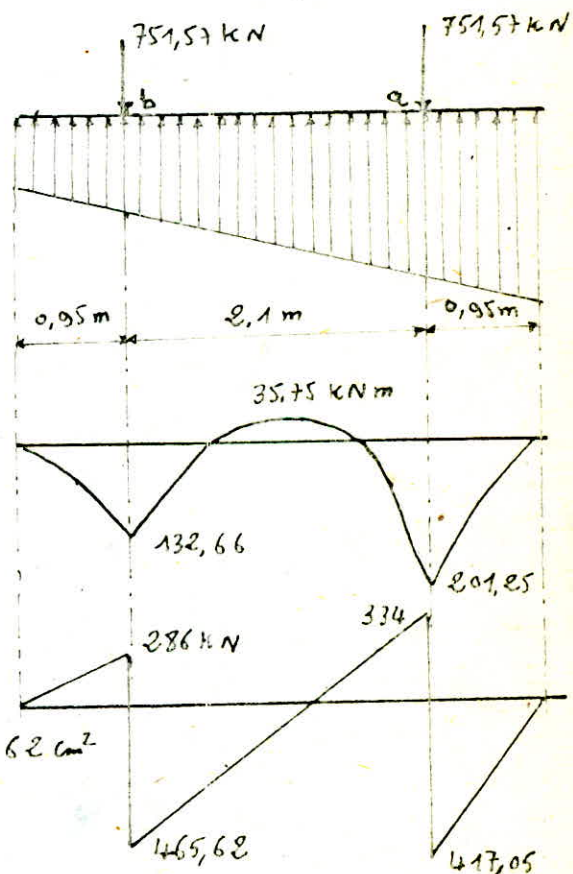
$$A = \frac{M}{\beta d \sigma_s} = 1,81 \text{ cm}^2 \text{ soit } 3T14 = 4,62 \text{ cm}^2$$

en situation durable:

$$I = 51,90 \text{ kN.m}$$

$$N = 621,23 \text{ kN}$$

$$\text{excentricité } e = 0,08 \text{ m}$$



$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{B} [0,25 \pm 0,38C] \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = \frac{2 \times 621,23}{2} [0,25 + 0,38 \cdot 0,08] = 0,174 \text{ MPa} \\ \sigma_2 = \frac{2 \times 621,23}{2} [0,25 - 0,38 \cdot 0,08] = 0,136 \text{ MPa} \end{cases}$$

Ferraillage:

à l'appui: $M_a = 154,32 \text{ kN.m}$

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} b d^2} = \frac{154,32 \cdot 10^3}{14,2 \times 30 \cdot 50^2} = 0,144 \rightarrow \alpha = 0,187 \rightarrow \beta = 0,987$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s \beta d} = 8,98 \text{ cm}^2 < 10,96 \text{ cm}^2$$

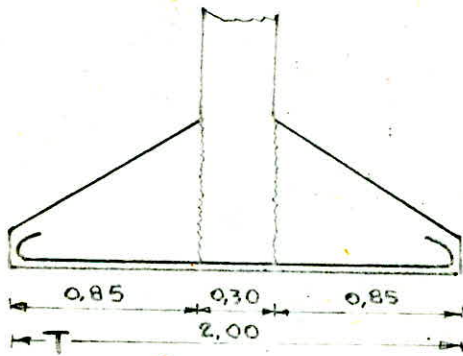
en travée $M_t = 30,48 \text{ kN.m}$

$$\mu = 0,027 \quad \alpha = 0,035 \quad \beta = 0,985$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s \beta d} = 1,78 \text{ cm}^2 < 4,62 \text{ cm}^2$$

Armatures perpendiculaires à la poutre de rigidité:

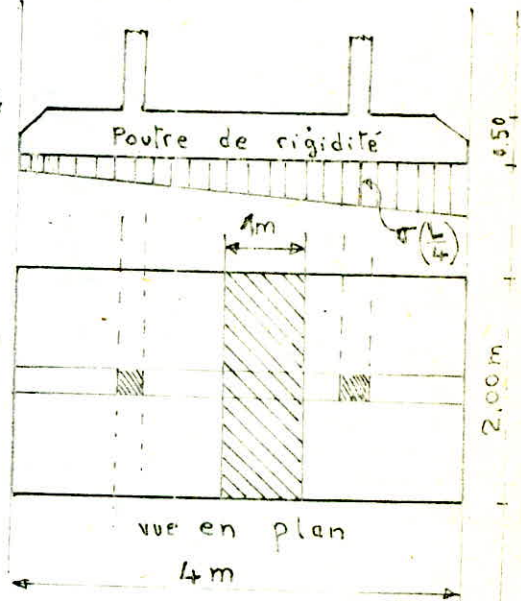
On prend une bande de 1m suivant la largeur de la semelle, cette bande est supposée soumise à une contrainte uniformément répartie est égale à $\sigma(\frac{l}{4}) = 0,209 \text{ MPa}$ (calculée dans l'autre sens).



$$q = 209 \text{ kN/ml}$$

$$M = \frac{q l^2}{2} = \frac{209 \times 0,85^2}{2} = 75,50 \text{ kN.m}$$

$$T = q l = 209 \times 0,85 = 177,65 \text{ kN}$$

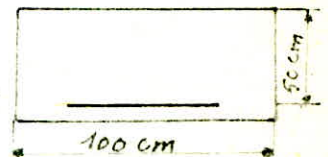


Ferraillage:

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} b d^2} = \frac{75,5 \cdot 10^3}{18,48 \cdot 50^2 \cdot 100} = 0,016 \rightarrow \begin{cases} \alpha = 0,020 \\ \beta = 0,992 \end{cases}$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s \beta d} = \frac{75,50 \cdot 10^3}{400 \times 0,992 \times 50} = 3,80 \text{ cm}^2$$

Soit 4T14 = 6,15 cm² avec un espacement $e = 25 \text{ cm}$



On prévoit des armatures de répartition

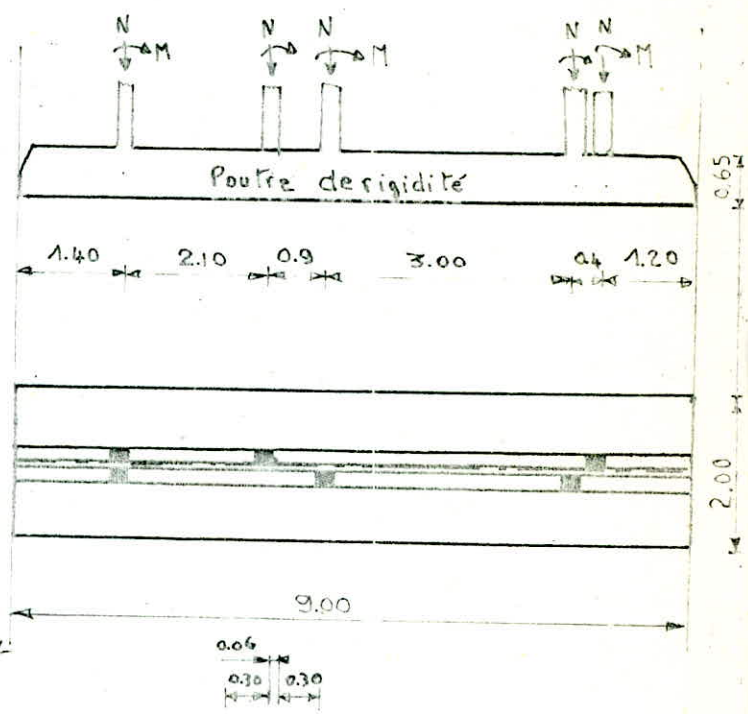
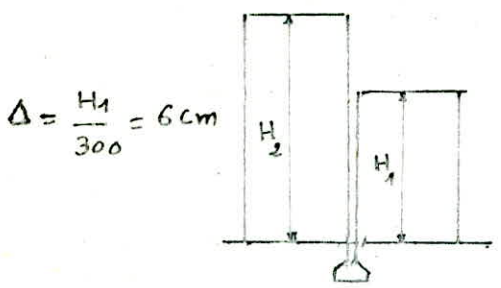
$$A_r = \frac{A}{4} = \frac{6,15}{4} = 1,54 \text{ cm}^2$$

Soit 4T8 = 2,01 cm²/ml

3) Semelle filante sans les poteaux du portique (9-9):

Cette semelle supporte non seulement les trois poteaux du portique (9-9) mais également trois autres poteaux du bâtiment lequel est séparé de notre bâtiment par un joint de dilatation.

Largeur du joint:



Le bâtiment voisin est moins grand et moins important, donc pour être en sécurité on attribue à chaque un des trois poteaux du bâtiment voisin l'effort normal maximal des trois poteaux du portique (9-9) et s'ont moment correspondant.

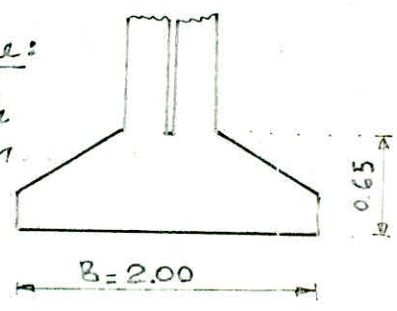
Calcul de la longueur élastique:

Il s'agit de calculer B de telle façon à satisfaire l'inéquation suivante:

$$l \leq \frac{\pi}{2} l_e \quad (1)$$

$$\text{Avec } l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{kB}} \quad (2)$$

$$I = \frac{h^3}{36(B+a)} (B^2 + 4Ba + 3a^2) \quad (3)$$



AN:

- a = 0,66 m
- h = 0,65 m
- l = 3,00 m
- k = 4 · 10³ t/m³
- E = 2,1 · 10⁶ t/m³

La combinaison de l'inéquation (1) et les formules (2) et (3) donnent l'inéquation suivante:

$$B^2 + 12,29B + 1,31 \geq 0$$

quel que soit B positif l'inéquation est vérifiée, on prend B = 2 m.

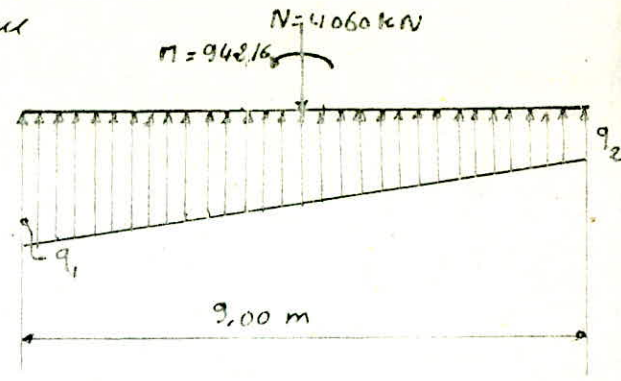
Vérification:

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{kB}} = \sqrt[4]{\frac{4 \times 2,1 \times 10^6 \times 0,65^3}{36 \cdot 4 \cdot 10^3 \cdot 2 (2^2 + 4 \cdot 2 \cdot 0,66 + 3 \cdot 0,66^2)}} = 2,38 \text{ m}$$

$$\frac{\pi}{2} l_e = 3,74 > l = 3 \text{ m}$$

nous pouvons supposer une réaction linéaire car la poutre est suffisamment rigide.

On remplace tous les charges concentrées par leur résultante au centre de gravité de la semelle et on ajoute à cette résultante le moment $M = \sum N_i l_i$ avec l_i la distance de partant la charge i du centre de gravité de la semelle plus $\sum M_i$.



$$M = \sum M_i + \sum N_i l_i = 948,16 \text{ kN.m}$$

$$N = \sum N_i = 4060 \text{ kN}$$

$$e = \frac{M}{N} = 0,23 \text{ m}$$

$$\bar{\sigma}_s = \frac{\sum N_i l_i}{B \cdot L} \leq \bar{\sigma}_s$$

$$\bar{\sigma}_s = \gamma D + \frac{\gamma \gamma N_x + \gamma D N_y + 1,3 C N_z}{F_s} \quad \text{on trouve } \bar{\sigma}_s = 0,24 \text{ MPa}$$

$$L = 9 \text{ m} \rightarrow \sigma_s = 0,231 \text{ MPa} \rightarrow \sigma_s = 0,231 < \bar{\sigma}_s = 0,24 \text{ MPa}$$

$L = 9 \text{ m} > \frac{6M}{N} = 1,38 \text{ m} \Rightarrow$ tous le sol sous la semelle est comprimé

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{L \cdot B} \pm \frac{M \cdot y}{I} \quad (y = \frac{L}{2}) \quad I = \frac{B L^3}{12}$$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= 0,250 \text{ MPa} \\ \sigma_2 &= 0,180 \text{ MPa} \end{aligned} \right\} \rightarrow \sigma(\sigma_c) = 0,23 < \bar{\sigma}_s = 0,24 \text{ MPa}$$

Moments dans la poutre : $\begin{cases} M_{b \text{ max}} = 151,44 \text{ kN.m} \\ M_{a \text{ max}} = 225 \text{ kN.m} \\ M_c = 100,25 \text{ kN.m} \end{cases}$

Ferrailage:

A l'appui (a): $\mu = 0,034 \rightarrow \beta = 0,986$

$$A = \frac{M}{\sigma_s \beta d^2} = 6,39 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4 \text{ T16} = 8,04 \text{ cm}^2$$

en travée : $\mu = 0,023 \rightarrow \beta = 0,989$

$$A = 4,22 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4 \text{ T14} = 6,15 \text{ cm}^2$$

On adopte le même ferrailage pour tous les travées et le même ferrailage pour tous les appuis.

Armature perpendiculaires à la poutre de rigidité:

On prend une bande de 1 m dans le sens de la largeur soumise à une contrainte $\sigma(\frac{L}{4}) = 0,23 \text{ MPa}$ (calculée dans l'autre sens)

Ferrailage:

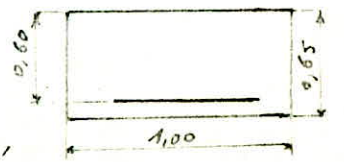
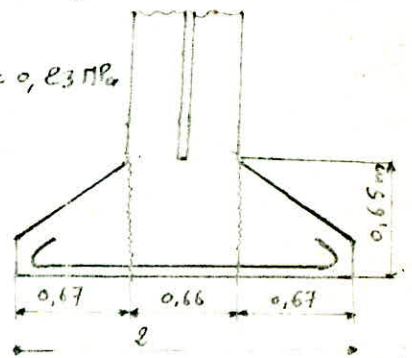


$$M = \frac{q l^2}{2} = 51,6 \text{ kN.m}$$

$$\mu = \frac{M}{f_{bc} d^2 b} = 0,008 \rightarrow \beta = 0,996$$

$$A = \frac{M}{\sigma_s d b} = 2,16 \text{ cm}^2 \text{ on prend } 5 \text{ T14} = 7,70 \text{ cm}^2$$

afin de satis faire la condition de non fragilité



Vérification diverses:Etat limite ultime:Condition de non fragilité:flexion simple: $A \geq 0,23 b d \frac{f_{ce28}}{f_e}$ Semelle sous deux poteaux $A_L = 14,98 \text{ cm}^2 > \bar{A} = 9,06$ Semelle sous 6 poteaux $A_T = 6,15 \text{ cm}^2 > \bar{A} = 6,75 \text{ cm}^2$ Effort tranchant: $\tau_u = \frac{V_u}{b d} \leq \bar{\tau}_u = \min(0,10 f_{ce28}, 3 \text{ MPa})$ fissuration préjudiciable• Semelle sous 2 poteaux $\tau_u = 0,93 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2,5 \text{ MPa}$ • Semelle sous 6 poteaux $\tau_u = 1,07 \text{ MPa} < \bar{\tau}_u = 2,5 \text{ MPa}$

Espace ment des armatures transversales dans les poutres de rigidité:

$$\frac{A_s}{b d} \geq \frac{\tau_u - 0,3 f_{ce}}{0,8 f_e}$$

 $\phi \leq \frac{h}{35}$ On prendra T10 de nuance Fe40 (HA) $s_t \leq 0,9 d$ $s_{t0} = 30 \text{ cm}$ (poutre sous 2 poteaux) voir planches de fondation $s_{t0} = 20 \text{ cm}$ (poutre sous 6 poteaux)Adhérence:longueur de scellement droit $l_s = \frac{\phi}{4} \frac{f_e}{\bar{\tau}_u}$ $\bar{\tau}_u = 0,6 \psi^2 f_{ce28}$, si $l_s > \frac{L}{4} \Rightarrow$ toutes les barres doivent être prolongées jusqu'aux extrémités de la semelle et comporter des ancrages courbes; (L : longueur de la semelle)• Semelle isolée: $l_p = 49,29 > \frac{L}{4} \Rightarrow$ crochets obligatoires• Semelle sous 2 poteaux: $l_{st} = 50 > \frac{L}{4} \Rightarrow$ crochets obligatoires• Semelle sous 6 poteaux: $l_{st} = 50 > \frac{L}{4} \Rightarrow$ crochets obligatoires

On prévoit des crochets pour les armatures longitudinales des poutres de rigidité des deux semelles filantes sous poteaux

Etat limite de service:Vérification des contraintes: la contrainte des aciers est limitée à $\min(\frac{2}{3} f_e$ et 240 MPa) fissuration préjudiciable.La contrainte du béton est limitée à $0,6 f_{ce28}$

On détermine les armatures en état limite de service et on les compare avec celles trouvées à l'état limite ultime

$$\mu_1 = \frac{M}{b d^2 \sigma_s} \quad \beta_1 = \frac{M}{\beta_1 d \sigma_s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \bar{\sigma}_s = 240 \text{ MPa} \\ \bar{\sigma}_b = 15 \text{ MPa} \end{array} \right\} \sigma_b = k \bar{\sigma}_s \quad \sigma_b \leq \bar{\sigma}_b$$

• Semelle sous 2 poteaux: $\mu_1 = \frac{134 \cdot 10^3}{100 \cdot 50^2 \cdot 240} = 0,00094$, $k_1 = 0,0125$, $\beta_1 = 0,947$

$$\bar{\sigma}_b = 3,00 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A = 4,96 \text{ cm}^2 < 10,92 \text{ cm}^2$$

• Semelle sous 6 poteaux: $\mu_1 = 0,00155$, $k_1 = 0,016$, $\beta_1 = 0,935$

$$\bar{\sigma}_b = 3,84 < \bar{\sigma}_b = 15$$

$$A = 5,97 \text{ cm}^2 < 8,04 \text{ cm}^2$$

en travée: $\mu_1 = 0,0007$, $\beta_1 = 0,955$, $k_1 = 0,010$

$$\bar{\sigma}_b = 2,14 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A = 3,93 \text{ cm}^2 < 6,15 \text{ cm}^2$$

CALCUL DU VOILE PERIPHERIQUE

conformément à l'article (3.3.8.5 RPA 81)
notre bâtiment de catégorie 3 comporte un voile
périphérique continue entre le niveau des longrines
et le niveau de base.

ce voile doit avoir les caractéristiques minimales ci-après

- épaisseur $e \geq 15 \text{ cm}$
- Les armatures longitudinales filantes supérieures et inférieures doivent avoir une section $A_L \geq 0,2\%$ de la section transversale totale du béton avec recouvrement $l_d \geq 50 \phi$

$$\text{Soit } A_L \geq \frac{0,2}{100} \times 200 \times 15 = 6 \text{ cm}^2$$

$$l_d \geq 50 \phi \Rightarrow \begin{aligned} l_d &\geq 50 \times 1,2 = 60 \text{ cm}^2 \text{ pour } \phi = 12 \text{ mm} \\ l_d &\geq 50 \times 1,4 = 70 \text{ cm}^2 \text{ pour } \phi = 14 \text{ mm} \\ l_d &\geq 50 \times 1,6 = 80 \text{ cm}^2 \text{ pour } \phi = 16 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Les armatures longitudinales de peau doivent avoir une section $\geq 2 \text{ cm}^2$ par face et par mètre linéaire de hauteur on prend

$$2 \text{ T}14 \quad (A = 3,08 \text{ cm}^2)$$

- Dans les angles du voile périphérique on met des équerres de renforcement.

BIBLIOGRAPHIE

1. PAUL DINNEQUIN (Cours Supérieur de béton armé B.A.E.L 80) EYROLLES PARIS 1983
2. PIERRE CARRON (Calcul des ouvrages en béton armé suivant les règles BAEL 83) " " " 1986
3. CAPRA et DAVIDOVICI (Guide pratique d'utilisation des règles B.A.E.L 80) " " " 1981
4. G. DREUX (Calcul pratique du béton armé B. A. E. L 83) " " " 1985
5. PIERRE CARRON (Calcul du béton armé aux états - limite de service B.A.E.L 80) " " " 1983
6. M. BELAZOUGUI (Calcul des ouvrages en béton armé) OPU ALGER 1986
7. A. GOERRIN R. C LAVACIR (Traité de béton armé tome 4) DUNOD PARIS 1971
8. A. FUENTES (Calcul pratique des ossatures de bâtiment en béton armé) EYROLLES " 1981
9. F. BERNARD. A BRV (éléments de construction à l'usage de l'ingénieur) DUNOD " 1971
10. ANDRÉ PAOURAT (Calcul du béton armé suivant la théorie des EL) A. DE BOECK BRUXELLES 1964
11. CTC (RPA 81) ENAL 1984
12. (Règles Techniques B.A.E.L 83)
13. (Règles neiges et vents 1965/67)
14. M. DAOUDI M. RILI A. SALHI (Conception et calcul des structures soumises aux séismes) (RPA 81) OPU ALGER 1984
15. J. COSTET et G. SANGLERAT (Cours pratique de mécanique des sols TE) DUNOD PARIS 1983



