

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

45/85

وزارة التعليم والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

10x

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

المكنة

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

THEME

**Batiment à Usage
d'Habitation (R + 4)**

Proposé par : B.E.C.C.V.A.
Etudié par : ALIANE Moussa
MOULAY BRAHIM Mohamed
Dirigé par : Mme CHEIKH

Promotion : Juin 85

مدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
المكتبة

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHÈQUE

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

»O«

وزارة التعليم والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique

»O«

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

»O«

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES



en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état

THEME

**Batiment à Usage
d'Habitation (R + 4)**

Proposé par : B.E.C.C.V.A.
Etudié par : ALIANE Moussa
MOULAY BRAHIM Mohamed
Dirigé par : Mme CHEIKH

Promotion : Juin 85

ement: Genie...civil.....

مصلحة ..

teur: M.me.....CHEIKH.....

وجه

Ingénieur: ALIANE....MOUSSA

تلميذ مهندس

MOULAY BRAHIM MOHAMED

الموضوع : عمارة سكنية

- الملخص : موضوع البحث يكمن في دراسة عمارة سكنية على شكل أعمد و عارضات من البيطون المسلح . تتكون هذه العمارة من طابق أرضي و أربع طوابق علوية متناوبة المساحة مع ازدياد العلو . يتميز كل طابق بتقعره . مكان بناء العمارة هو منطقة دالي ابراهيم المتوسطة الهزات الأرضية . الأرضية التي تقام فيها العمارة هي أرضية رمالية متجا

Sujet: .BATIMENT..A.USAGE..D'HABITATION.....

Résumé: Le projet consiste en l'étude d'un bâtiment à usage d'habitation dont la structure est autostable (Portiques) le bâtiment est composé d'un rez de chaussée et de quatre étages . Il est caractérisé par des décrochements en plan et en élévation . Le bâtiment est bâti dans la région de Dely Brahim qui est une zone de moyenne sismicité . Le sol est homogène , il comporte le sable uniquement

Subject: .HABITATION'S...BUILDING.....

Abstract: The project consists for looking into habitation's building of porticos . The building is made up of ground floor and four floors . Some disconnectings characterize The building in plan and in an elevation . The building is built in Dely Brahim which has middle sismicity . The ground is of only sand , it is homogeneous .

DEDICACES

Je dedie ce modeste travail
À la memoire de mon pere
À ma mère pour son sacrifice devoué.
À ma belle soeur, ma soeur, mes freres.
À tous mes proches.
À tous mes amis et amies.
À tous les enseignants (es) et surveillants (es)
du C.E.M Nador d'El Madania.

Alhane

Je dedie ce travail
- à la memoire de mon père
- à ma mère pour son sacrifice.
- à mon oncle
- à mes frères
- à tous les membres de ma famille.
- à tous mes amis.

ML

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice
M^{me} Cheikh pour l'aide précieuse, et les conseils
judicieux qu'elle nous a apportés.

Nous remercions tous les enseignants ayant
contribué dans notre formation à travers tous
les cycles d'enseignement.

Nous tenons à exprimer notre sincère gratitude
à Bachir Bey Youcef pour son service dont nous
sommes très reconnaissants.

Nos chaleureuses remerciements à Hider pour
son merveilleux concours qu'on n'oubliera jamais.

Que tous ceux qui nous ont aidés dans
l'élaboration de ce travail trouvent dans ces
lignes l'expression de nos remerciements les
plus chaleureux.

ALIANE M

MOULAY B. M

SOMMAIRE

INTRODUCTION

- Présentation de l'ouvrage	2
- caractéristiques des matériaux	4
- charges et surcharges	5
- Predimensionnement	6

CALCUL DES ELEMENTS

- Acrotère	14
- poutrelles	12
- balcons	7
- escaliers	8

CALCUL DES RIGIDITES

- calcul des rigidités linéaires des poutres, poteaux	15
- calcul des rigidités des niveaux dans les deux sens	
- détermination du centre de masse et centre de torsion	
- calcul de la rigidité à la torsion	

ETUDE SISMIQUE

- sollicitations horizontales aux efforts sismiques	22
- calcul des déformations horizontales	43
- vérification au renversement	42

CHARGES VERTICALES

- caractéristiques géométriques des portiques	44
- moments et efforts tranchants dans les poutres	
- moments et efforts normaux dans les poteaux	

SUPERPOSITION DES EFFORTS

FERRAILLAGE DES PORTIQUES

- ferraillement des poutres	62
- vérifications nécessaires sur les poutres	
- ferraillement des poteaux	72
- vérifications nécessaires sur les poteaux	

FONDACTIONS

Evaluation des tassements

PRESENTATION DE L'OUVRAGE

Le projet propose par le bureau d'étude de la commune de Bouzarea consiste à étudier et calculer les éléments de résistance d'un bâtiment à usage d'habitation situé dans la zone de Dely Brahim de moyenne sismicité

Caractéristiques du bâtiment

Le bâtiment se compose d'un rez de chaussée et de quatre (4) étages.

Il est caractérisé par des décrochements en plan et en élévation

Les dimensions du bâtiment sont :

Longueur : 30,00 m

Largeur : 14,35 m

Hauteur : 19,50 m

Hauteur d'étage : 3,25 m

Ossature

L'ossature du bâtiment est en portiques (poutres-poteaux) donc c'est une structure auto-stable.

Ces portiques reprennent à eux seuls les charges verticales

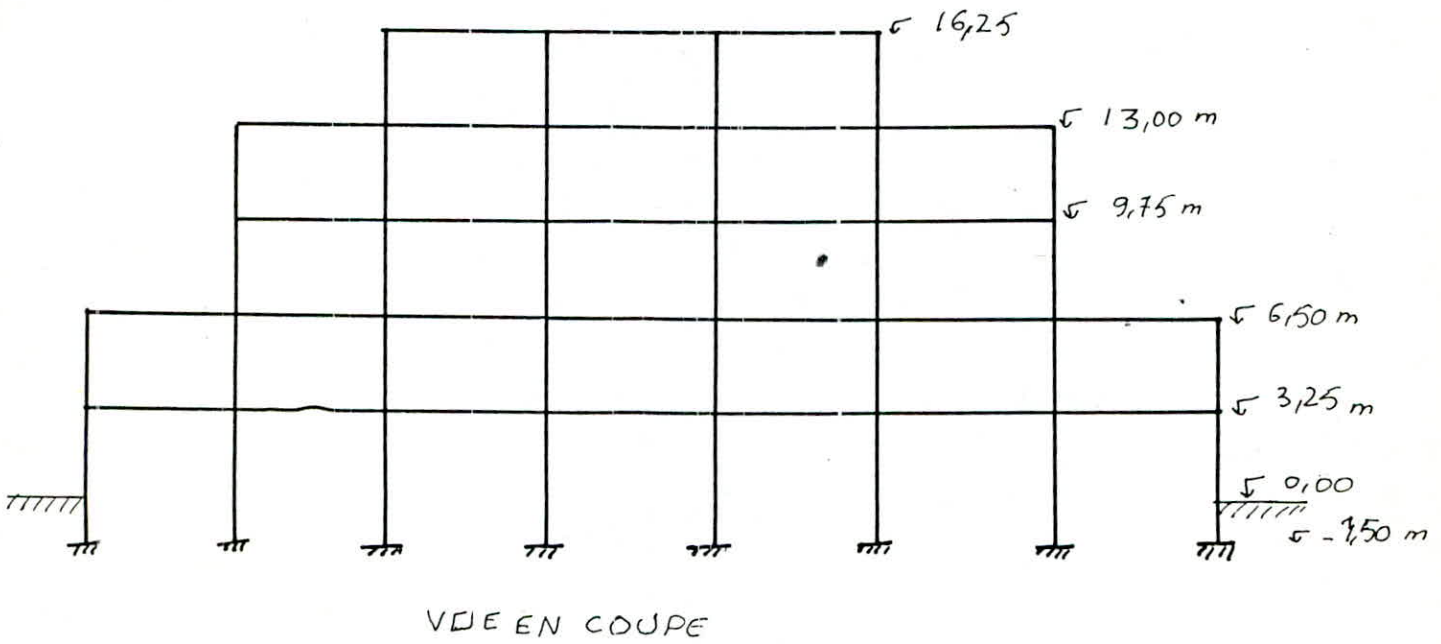
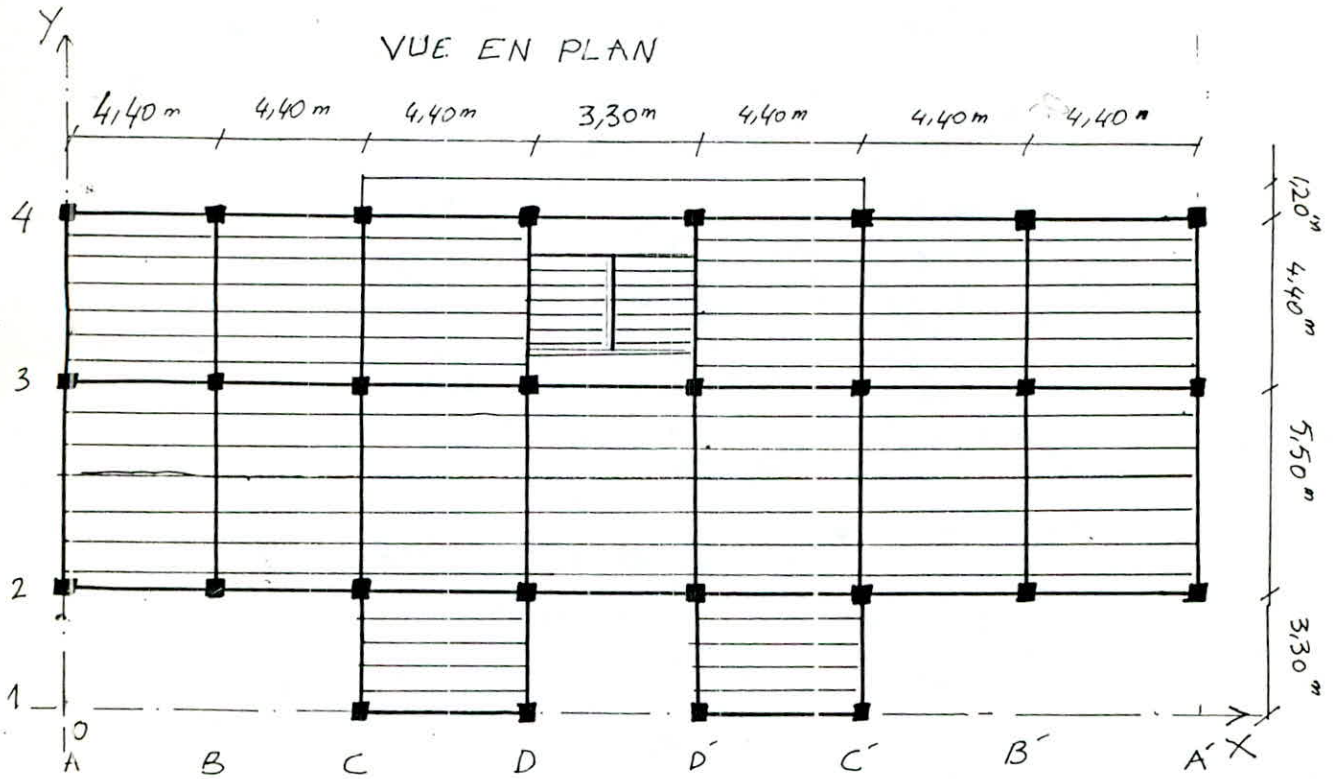
Les poutres transversales sont les poutres porteuses, les poutres longitudinales sont les non porteuses.

Le remplissage se fait en maçonnerie.

Planchers

Hormis le plancher du rez de chaussée qui repose directement sur le sol et qui sera ferrailé forfaitairement (dalle flottante) les planchers des autres niveaux sont en corps creux d'épaisseur (20+4) cm.

TRACE DU BATIMENT



CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

Beton

Le beton utilise dans la construction est dose à 350 kg/cm³, CPA 325, strictement contrôle, granulats concassés $C_g = 25\%$
 la resistance de rupture à la compression à 28 jours est:

$$\sigma_{28} = 270 \text{ kg/cm}^2$$

la resistance de rupture à la traction à 28 jours est:

$$\sigma_{28} = 7 + 0,06 \sigma_{28} = 23,2 \text{ kg/cm}^2$$

Contraintes admissibles:

D'après C.C.B.A 68 Art 9.4

compression simple: $\bar{\sigma}_{b0}' = \alpha \beta \delta \epsilon \sigma_{28} = 81 \text{ kg/cm}^2$

flexion simple: $\bar{\sigma}_b' = 2 \bar{\sigma}_{b0}' = 162 \text{ kg/cm}^2$

(pour section rect)

traction de reference: $\bar{\sigma}_t = \alpha \beta \delta \theta \sigma_{28}$ et $\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma_{28}}$
 $\bar{\sigma}_t = 7 \text{ kg/cm}^2$

Remarque:

les coefficients $\alpha, \beta, \delta, \epsilon$ sont égaux à 1.

$\delta = 0,3$ cas d'1 compression simple

$\delta = 0,6$ flexion simple

$\theta (SP2) = 1,5 \theta (SP1)$

$\delta (SP2) = 1,5 \delta (SP1)$

Modules de deformation:

instantane: $E_c = 21000 \sqrt{1,2 \sigma_{28}} = 370000 \text{ kg/cm}^2$

differe: $E_v = 7000 \sqrt{1,2 \sigma_{28}} = 126000 \text{ kg/cm}^2$

Aciers

Les aciers utilises sont:

Ronds lisses: FeE 24 $\phi \leq 20 \text{ mm}$ $\sigma_{eu} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_a = \begin{cases} 1600 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow SP1 \\ 2400 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow SP2 \end{cases}$

A haute adherence: FeE 40

$\phi \leq 20 \text{ mm}$ $\sigma_{eu} = 4200 \text{ kg/cm}^2$ $\begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 & SP1 \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 & SP2 \end{cases}$

$\phi > 20 \text{ mm}$ $\sigma_{eu} = 4000 \text{ kg/cm}^2$ $\begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2667 \text{ kg/cm}^2 & SP1 \\ \bar{\sigma}_a = 4000 \text{ kg/cm}^2 & SP2 \end{cases}$

Remarques: la contrainte admissible definié ci-dessus est fonction des caractéristiques mecaniques de l'acier mais on peut utiliser une valeur de $\bar{\sigma}_a = \min \{ \bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2) \}$ afin de limiter la fissuration du betou

avec $\sigma_1 = \frac{k \sigma_{wp}}{\phi (1 + 10 \omega_{fp})}$ $\sigma_2 = 2,4 \sqrt{k_1 k_2 \sigma_{wp}}$

$\sigma_{1,2}$ contrainte de fissuration systematique, accidentelle

ϕ [mm]: diametre de la plus grosse barre

ω_{fp} : pourcentage de fissuration definié par $\omega_{fp} = A / B_f$ A: sect tot de aciers + B_f : section d'encrage "

Module de deformation des aciers: $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

CHARGES ET SURCHARGES

5

Plancher courant

épaisseur du plancher : $e = L / 22,5 = 5,50 / 22,5 = 0,244 \text{ m}$
 $e = 24 \text{ cm}$

les charges et surcharges sont exprimées en kg/m^2 .

charges :

pois de l'hourdis + poutrelles + table de comp.	370
carrelage (2 cm) $0,02 \times 2200$	40
sable (3 cm) $0,03 \times 1700$	51
mortier de pose (2 cm) $0,02 \times 2000$	40
cloisons	75
plâtre (1,5 cm) $0,015 \times 1400$	21

Poids total 597 kg/m^2

Surcharges :

ouvrage à usage d'habitation : S.E 175 kg/m^2

Plancher terrasse (accessible)

charges :

Etanchéité	250
hourdis + poutrelle + béton de table	370
plâtre	21

Poids total 641 kg/m^2

surcharges : (terrasse accessible) S.E 175 kg/m^2

balcons	350 kg/m^2
escaliers	250 kg/m^2

Remplissage :

le mur extérieur est formé d'un double cloison d'un de 15 cm l'autre de 5 cm et d'un vide de 5 cm

bricks creuses (15 cm)	157 kg/m^2
bricks creuses (5 cm)	68
enduit de ciment	18
plâtre	10

Poids total 253 kg/m^2

Remarque :

le poids des barderies sera pris en compte dans la descente de charges pour mieux répartir les efforts à travers les poteaux concernés.

PREDIMENSIONNEMENT

Poteaux

Les poteaux sont prédimensionnés selon les conditions exigées par le R.P.A. 81 à savoir :

- $\text{Min}(b, h) \geq 25 \text{ cm}$ en zone I et II
- $1/3 \leq b/h \leq 3$
- $\text{Min}(b, h) \geq h_e/20$ h_e : hauteur d'étage

section du poteau le plus sollicité : $A = bh \geq \frac{k N'}{0,28}$

zone II $\rightarrow k = 4$
surface revenant au poteau : D.2.

$$S_{D2} = (2,2 + 1,65)(2,75 + 2,2) = 19,057 \text{ m}^2$$

$$N' = S_{D2} \times 9 \times 5 = 19,057 \times 0,641 \times 5 = 61,08 \text{ t}$$

$$A = bh \geq \frac{4 \times 61,08 \times 10^3}{270} = 904,87 \text{ cm}^2$$

poteau est de section carrée : $b = h$.

donc on aura $h \geq 30,08 \text{ cm}$.

on adoptera des poteaux carrés de côté 35 cm.
et qui satisfont les conditions exigées par le R.P.A.

Poutres

les dimensions des poutres doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- $b \geq 20 \text{ cm}$ en zone I et II.
- $h \geq 30 \text{ cm}$
- $h/b \leq 3,00$
- $b_{\text{max}} \leq 1,5 h + b_1$ b_1 : dimension du poteau.

$$\frac{\ell}{15} \leq h_f \leq \frac{\ell}{12} \quad P: \text{ la plus grande portée.}$$

pour notre cas $\ell = 550 \text{ cm}$

$$36,66 \text{ cm} \leq h_f \leq 45,83 \text{ cm}$$

on prend $h_f = 45 \text{ cm}$

poutres porteuses : $b \times h_f = (35 \times 45) \text{ cm}^2$

poutres non porteuses : $b \times h_f = (35 \times 40) \text{ cm}^2$.

Vu le u d'étages faible il est préférable de garder les mêmes dimensions pour les poteaux et les poutres pour tous les niveaux du bâtiment.

Poids du poteau :

la construction est réalisée en utilisant du béton de densité 2500 kg/m^3
d'où le poids du poteau $P_{\text{Pot}} = 0,35 \times 0,35 \times 3,25 \times 2500 = 995 \text{ kg}$

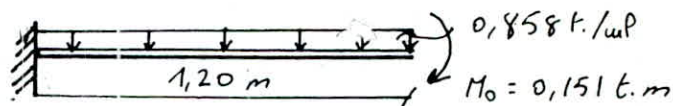
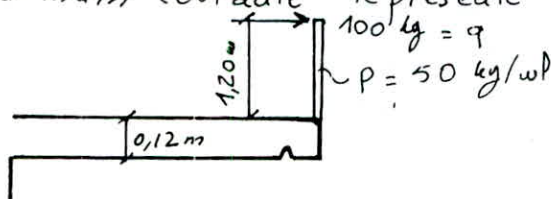
Poids de la poutre porteuse : $0,35 \times 0,45 \times 2500 = 394 \text{ kg/ml}$

poids de la poutre non porteuse : $0,35 \times 0,40 \times 2500 = 350 \text{ kg/ml}$

BALCONS

Les balcons sont des encorbellements identiques constitués d'une dalle pleine, avec un garde corps en acier.
On calcule les encorbellements d'un niveau courant, la section dangereuse est à l'encastrement, le calcul se fait par mètre de largeur.

Charges : G 438 kg/m²
Surcharges : P 350 kg/m²
le garde corps agit comme une force concentrée P = 50 kg/m
la main courante représente une surcharge q = 100 kg/m



Moment majoré dû à la main courante: $M_0 = 1,2 \cdot q \cdot l$

$$M_0 = 1,2 \times 0,1 \times (1,2 + 0,06) = 0,151 \text{ t.m}$$

Moment d'encastrement: $M = -(q \cdot l^2 / 2 + P \cdot l + M_0)$

$$q = G + 1,2 P = 438 + 1,2 \times 350 = 858 \text{ kg/m}^2$$

$$l = 1,20 \text{ m}$$

$$M = 0,829 \text{ t.m}$$

Ferraillage :

$$b = 100 \text{ cm} \quad h = (12 - 2) \text{ cm} = 10 \text{ cm} \quad \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

selon P. Charou : $\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0444$

tableau : $k = 4,2 \quad \epsilon = 0,9111 \quad \sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = 67,9 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$

armatures comprimées non nécessaires. $A' = 0$

armatures tendues : $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = 3,25 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5 T 10 = 3,9 \text{ cm}^2/\text{ml}$

Armatures transversales : l'effort tranchant max au niveau de l'encastrement:

$$T = P + q l = 0,980 \text{ t.} \Rightarrow \tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = 1,03 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = 1,15 \bar{\tau}_b = 1,15 \times 7 = 8,05 \text{ kg/cm}^2$$

$\tau_b < \bar{\tau}_b$ les armatures non nécessaires: les armat.

transversales mais on prévoit des armatures constructives $5 \phi 6/\text{ml}$.

Différentes vérifications :

a) contraintes : $\sigma_a = \frac{M}{A \epsilon h} \quad \omega = \frac{100 A}{b h} = 0,39 \rightarrow \epsilon = 0,9038$

$$\sigma_a = 2352 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a \quad \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{k} = 63,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

b) non fissuration : $\sigma_i = \frac{k \tau_b}{\phi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} \quad \bar{\omega}_f = \frac{A}{2 b d} = \frac{3,9}{2 \times 2 \times 100} = 0,97 \%$

$$\sigma_i = 2122 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_{i2} = \sqrt{\frac{k \tau_b \bar{\sigma}_a}{\phi}} \times 2,4 = 3133 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_a = \min \{ 2800, \max(\sigma_i, \sigma_{i2}) \} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

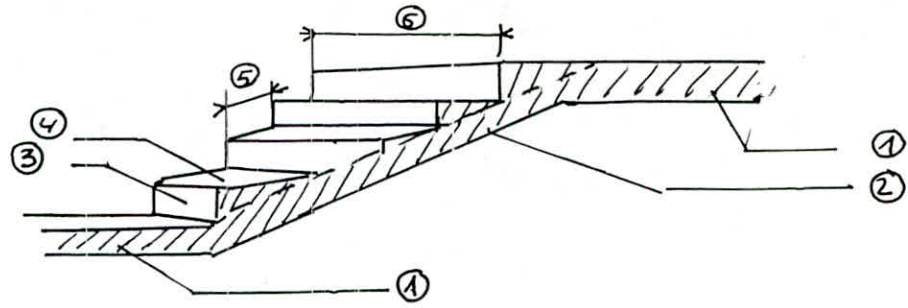
c) effort tranchant:

$$T = 908 \text{ kg} \quad z = 7,18 \text{ h}$$

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + M/z = 908 - \frac{82900 \text{ kg}}{7 \times 10} < 0$$

⇒ pas de traction au niveau de l'encastrement

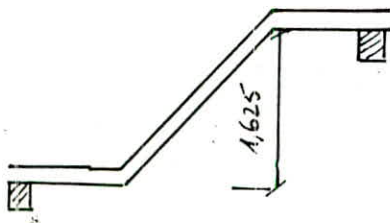
LES ESCALIERS



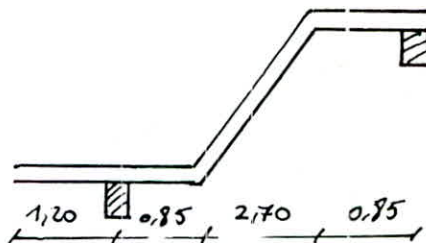
Terminologie

- ① Paliers
- ② Paillasse
- ③ contre marche
- ④ marche
- ⑤ giron
- ⑥ emmarchement

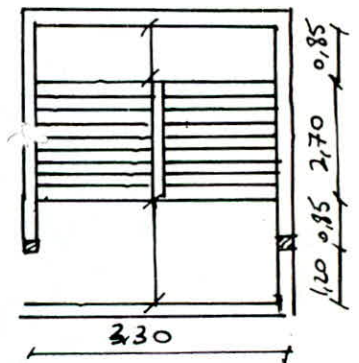
Dans notre construction on a 2 types d'escaliers à étudier qui sont schématisés ci-dessous.



escaliers du rez de chaussée ①



escaliers des niveaux supérieurs ②



caractéristiques :

$$\left. \begin{array}{l} L = 2,70 \text{ m} \\ H = 1,625 \text{ m} \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{tg } \alpha = \frac{H}{L} \\ \alpha = 31^\circ \end{array}$$

le nombre de marches sera donné par

$$\text{l'équation : } 64n^2 - (64 + 2H + L)n + 2H = 0$$

$$n = 11 \quad \text{le } n^{\text{e}} \text{ de marches } n = n_0 - 1 = 10 \text{ marches}$$

$$\text{hauteur de marche : } h = H/n = 1,625/10 = 0,1625 \text{ m} = 16,25 \text{ cm}$$

$$\text{largeur de marche (giron) : } g = L/n - 1 = 2,7/9 = 0,3 \text{ m} = 30 \text{ cm}$$

vérification de la relation de Blondel : $0,59 \leq g + 2h < 0,66 \text{ m}$

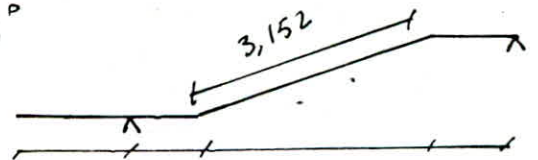
$$g + 2h = 0,625 \text{ m} \Rightarrow \text{vérifié}$$

épaisseur de la paillasse :

$$e/30 \leq e \leq e/20 \quad \text{avec } e = 3,152 \text{ m}$$

$$10,5 \text{ cm} \leq e \leq 15,76 \text{ cm} \quad \text{on prend } e = 15 \text{ cm}$$

on adopte la même épaisseur pour les paliers

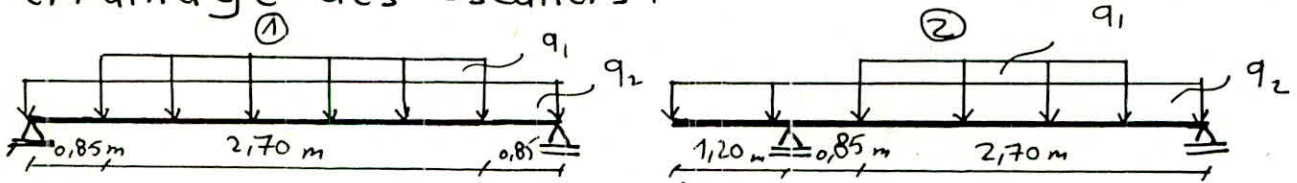


Charges des escaliers

paillasse : poids propre : g_1 721 kg/m²
 surcharge P_1 250
 la charge $q_1 = g_1 + 1,2P_1$ 1021

palier : poids propre g_2 459
 surcharge P_2 250
 la charge $q_2 = g_2 + 1,2P_2$ 759

Ferrailage des escaliers :



Schémas statiques des 2 types d'escalier

Après avoir calculer ces 2 poutres isostatiques selon la méthode statique de la R-D-M. on se contente de donner les sollicitations maximales pour chaque type d'escalier.

Type ①

$$M_{max} = 1,85 \text{ t.m à mi-travée.}$$

$$\beta = 0,9h \quad h = h_f - 2,5 \text{ cm} \quad h = 12,5 \text{ cm.}$$

la section d'acier nécessaire :

$$A = \frac{M}{\beta \sigma_a} = \frac{1,85 \cdot 10^5}{0,9 \times 12,5 \times 2800} = 5,90 \text{ cm}^2$$

on adopte 8T10 = 6,24 cm²/ml

armature de répartition : $A_r = A/4 = 6,24/4 = 1,56 \text{ cm}^2/\text{ml}$
 on adopte 6T6 = 1,69 cm²/ml.

Type ② : $M^{max} = 2,25 \text{ t.w à mi-travée (sensiblement).}$
 $M_a = 0,274 \text{ t.w au niveau de l'appui gauche.}$

de la même manière : on trouve

la section d'acier : $A = 7,14 \text{ cm}^2/\text{ml}$ soit 10T10 = 7,85 cm²/ml.
 les armatures de répartition :

$A_r = A/4 = 1,96 \text{ cm}^2/\text{ml}$
 soit on adopte 7T6 /ml 7

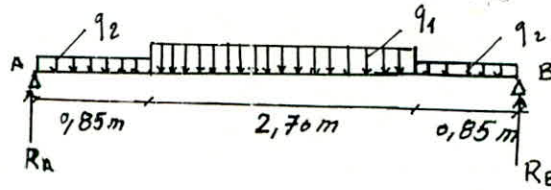
Calcul de la poutre palière:

Escalier type 1:

Reaction d'appui

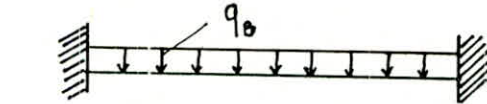
$$R_A = 1,9 \text{ t/ml}$$

$$R_B = 2,126 \text{ t/ml}$$



Poutre palière de l'appui B:

Section: 35×25 , $l = 3,30 \text{ m}$



charge:

- Poids propre $2500 \cdot 0,35 \cdot 0,25 = 218,75 \text{ kg/ml}$
- reaction de palier $R_B = 2126,35 \text{ kg/ml}$

$$q_B = 2345 \text{ kg/ml}$$

Moment isostatique:

$$M_0^{max} = \frac{q l^2}{8} = 3192,13 \text{ Kg.m}$$

Moment en travée et sur appui:

$$M_t = 0,85 M_0 = 2713,3 \text{ Kg.m}$$

$$M_a = 0,30 M_0 = 957,64 \text{ Kg.m}$$

Ferraillage: $h_t = 35 \text{ cm}$, $d = 3 \text{ cm}$, $h = 32 \text{ cm}$; $b = 25 \text{ cm}$, $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$.

$$1) \text{ En travée: } \mu = \frac{15 M_t}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,05678 \rightarrow \epsilon = 0,9008, K = 35,4$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 79,1 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 162 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$\text{section d'acier } A_t = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \epsilon h} = 3,362 \text{ cm}^2$$

on choisit 3T12 = 3,39 cm².

2) Appui:

$$\mu = \frac{15 M_a}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,020039 \rightarrow \epsilon = 0,9379, K = 65,5$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 42,75 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$$

Section d'acier $A_a = 1,1396 \text{ cm}^2$ on choisit 3T10 = 2,35 cm².

verification:

a) Contraintes:

$$\text{- en travée: } \bar{\omega} = \frac{A}{b h} \times 100 = 0,4237 \rightarrow K = 35,2, \epsilon = 0,9004$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 79,54 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$\bar{\sigma}'_a = \frac{M_t}{\epsilon h A} = 2777,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

à l'appui: $\tilde{\omega} = 0,29375 \rightarrow K = 43,6$
 $\epsilon = 0,9147$

$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 64,22 < \bar{\sigma}'_b$

$\bar{\sigma}_a = 1392 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$

Condition de non fragilité: $\bar{\sigma}_b = 7 \text{ Kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{en} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

Verification de la fleche: $A > 0,69 b h \bar{\sigma}_b / \bar{\sigma}_{en} = 0,92 \text{ cm}^2$ en travée $A_t = 3,39 \text{ cm}^2 > 0,92$
 à l'appui $A_a = 2,35 \text{ cm}^2 > 0,92$

$\frac{A}{bh} = 0,0042 < \frac{43}{4200} = 0,01$

Fissuration: $\tilde{\omega}_f = \frac{A}{2bd}$

en travée: $\tilde{\omega}_f = 0,0226$ $\sigma_1 = 4424 > \bar{\sigma}_a$ vérifié.

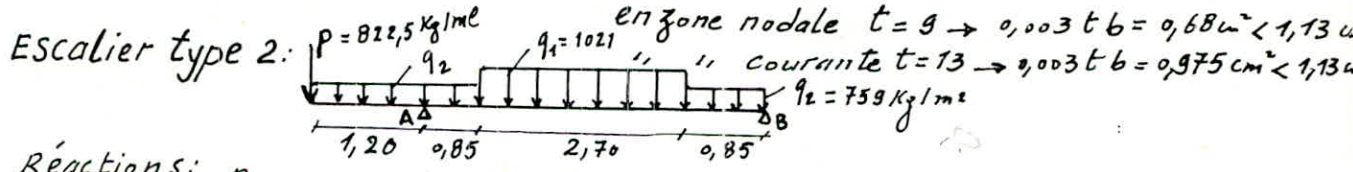
à l'appui: $\tilde{\omega}_f = 0,0157$ $\sigma_1 = 3257 \text{ Kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$ "

- Armature transversale: $T^{max} = \frac{q_1 l}{2} = 3869,2 \text{ Kg}$ $\tau_b = \frac{T^{max}}{b z} = 5,53 \text{ Kg/cm}^2 < 3,5 \bar{\sigma}_b$

$\sigma'_b = 79,54 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow \bar{\tau}_b = (4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_b}) \bar{\sigma}_b = 24,62$ d'où $\tau_b < \bar{\tau}_b$
 on utilisera (1 cadre + 1 étrier) $\phi 6$:

$A_t = 4 \phi 6 = 1,13 \text{ cm}^2$, $\bar{\sigma}_{at} = 2/3 \bar{\sigma}_{en} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$

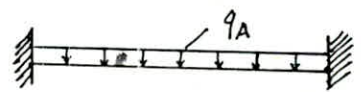
Espacement: $t = \frac{A_t \bar{\sigma}_{at} \cdot z}{T} = 13,08 \text{ cm}$



Réactions: $R_A = 4104,87 \text{ Kg/m}$
 $R_B = 1675,12 \text{ Kg/m}$

Poutre palier A:

$M_0 = 5885,5 \text{ Kg m}$
 $M_t = 0,85 M_0 = 5002,6 \text{ Kg m}$
 $M_a = 0,30 M_0 = 1765,65 \text{ Kg m}$



charge:
 Pds propre $218,75 \text{ Kg/m}$
 $R_A = 4104,87 \text{ Kg/m}$
 $q_A = 4323,6 \text{ Kg/m}$

Ferraillage: $\mu = 0,10468 \rightarrow \epsilon = 0,8718$, $K = 24$.

travée: $\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 116,7 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A' = 0$

$A_t = 6,4 \text{ cm}^2$
 on choisit 6 T12 = 6,78 cm²

appui: $\mu = 0,03694 \rightarrow K = 45$
 $\epsilon = 0,9100$

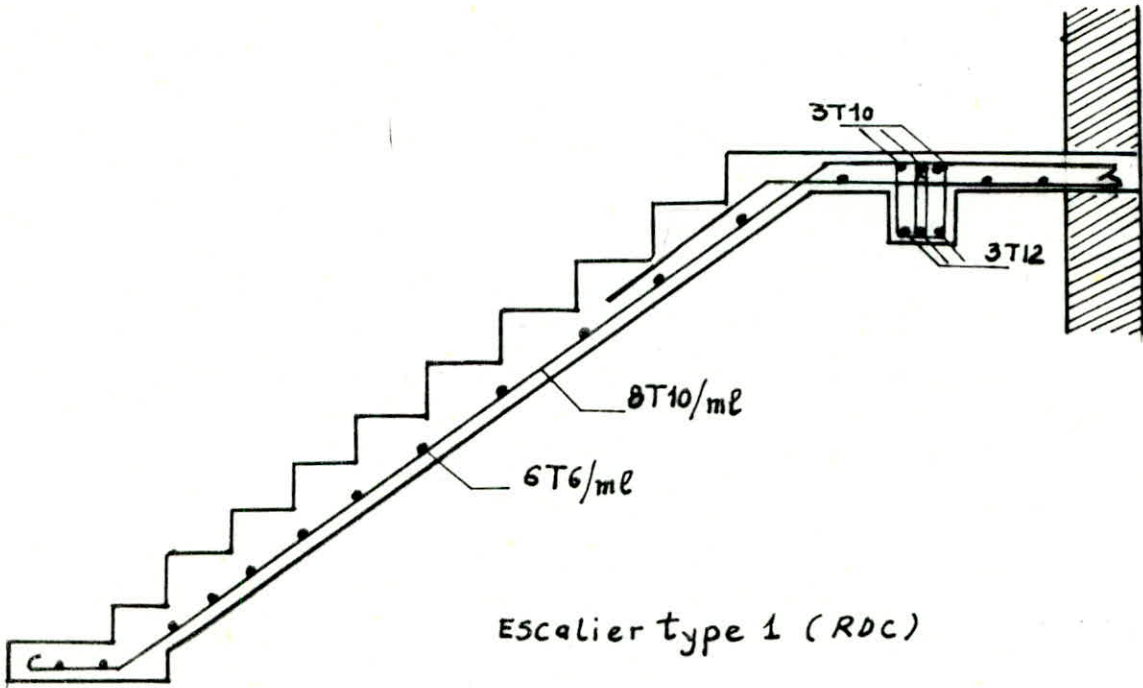
$\sigma'_b = 60,87 < \bar{\sigma}'_b$

$A_a = 2,147 \text{ cm}^2$
 on choisit 3 T10 = 2,35 cm²

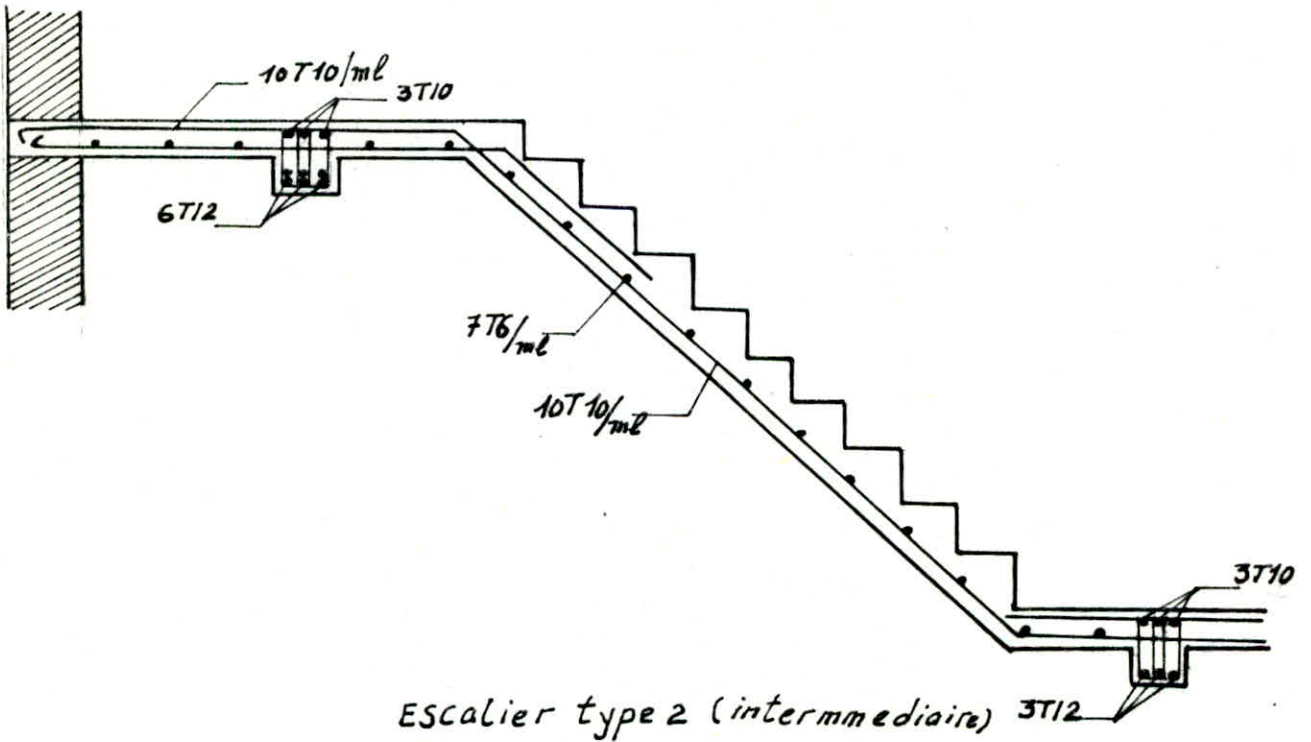
Armature transversale:

Espacement $t = 7,096 \text{ cm}$

zone nodale $t = 7 \text{ cm}$
 zone courante $t = 9 \text{ cm}$



Escalier type 1 (RDC)



Escalier type 2 (intermediaire)

Planchers

Tous les planchers du bâtiment sont à corps creux d'épaisseur $(20+4)$ cm sauf le plancher du rez de chaussée : en dalle flottante.

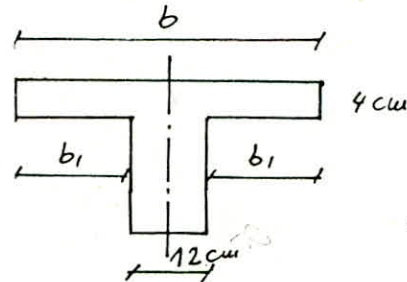
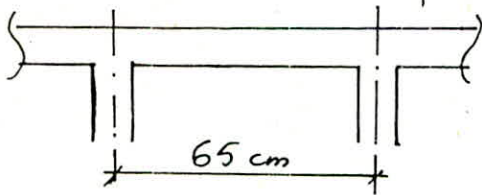
Les poutrelles sont calculées sous la sollicitation du 1^{er} genre $(G+1,2P)$ suivant 2 étapes dont la première consiste à considérer la poutrelle simplement appuyée soumise à son poids propre et la surcharge de l'ouvrier et ceci avant le coulage du béton.

En calculant les armatures nécessaires et se basant sur la section du béton qui est faible, on prévoit des échafaudages pour aider les poutrelles à supporter les charges et surcharges avant le coulage.

La 2^{ème} étape :

la poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue, elle se calcule comme une section en T en travée et comme rectangulaire sur appuis.

longueur de la table de compression



Longueur de la table de compression :

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

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

$$b_1 \leq L/10 = 440/10 = 44 \text{ cm}$$

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

$$b_1 = 26,5 \text{ cm}$$

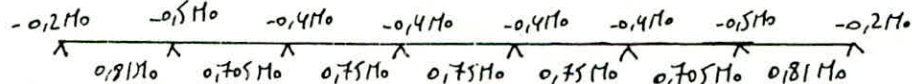
$$b = 2b_1 + b_0 = 2 \times 26,5 + 12 = 65 \text{ cm}$$

Effort agissant sur la poutrelle :

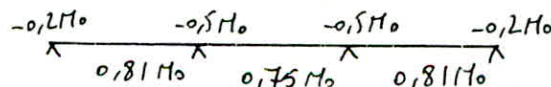
selon Arct. 55 C.C.B.A 63 pour 1 plancher à surcharge modérée ou utilise la méthode forfaitaire avec M_0 et isostatique - en travée.

dans notre cas on a 3 types de poutrelles à étudier :

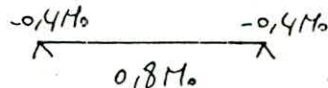
Type ①



Type ②



Type ③



Charges et surcharges pour une poutrelle :

plancher terrasse : $q = 0,65 (0,641 + 1,2 \times 0,175) = 0,552 \text{ t/m}^2$

plancher courant : $q = 0,65 (0,597 + 1,2 \times 0,175) = 0,525 \text{ t/m}^2$

q adoptée pour tous les niveaux $q = 0,552 \text{ t/m}^2$

moment isostatique agissant sur la poutrelle
 $M_0 = 9P^2/8 = 0,552 \times 4,4^2/8 = 1,336 \text{ t.m}$

Moments maximaux: $M_T = 0,81 M_0 = 1,082 \text{ t.m}$
 $M_a = -0,5 M_0 = -0,67 \text{ t.m}$

Effort tranchants max: $T_{max} = (9P/2 + \frac{0,5 M_0 - 0,2 M_0}{e}) = 1,3 \text{ t}$

Ferrailage : selon la methode de P. Charou:

en travée: $b = 65 \text{ cm}$ $h = 24 - 2 = 22 \text{ cm}$ $M_T = 1,082 \text{ t.m}$
 $\mu = 15M / \bar{\sigma}_a b h^2 = 0,01842 \rightarrow k = 68,5$, $\alpha = 0,1796$ $E = 0,9401$
 $x = \alpha h = 0,1796 \times 22 = 3,95 \text{ cm} < h_0 = 4 \text{ cm}$.

L'axe neutre tombe dans la table. on calcule comme une sect. rect.
de dimensions $b \times h = (65 \times 22) \text{ cm}^2$.

$\bar{\sigma}'_b = \bar{\sigma}_a / k = 40,87 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A^- = 0$

armat. tendues : $A = \frac{M_T}{E k \bar{\sigma}_a} = 1,87 \text{ cm}^2$ ou adopte $2T12 = 2,26 \text{ cm}^2$

en appuis: $A = \frac{M_a}{E h \bar{\sigma}_a}$ avec $\mu = 0,06180 \rightarrow k = 33,6$ $E = 0,8971$
 $\bar{\sigma}'_b = 83,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \Rightarrow A^- = 0$
 $A = 1,21 \text{ cm}^2$ ou adopte $2T10 = 1,57 \text{ cm}^2$

Differentes verifications :

a) contraintes : en travée: $\omega = 100 \frac{A}{bh} = 0,46 \rightarrow k = 61,5$ $E = 0,9346$
 $\bar{\sigma}_a = \frac{M_T}{A E k} = 2239 < \bar{\sigma}_a$
 $\bar{\sigma}'_b = \frac{2239}{k} = 45,6 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 162 \text{ kg/cm}^2$

en appui: $\bar{\omega} = 0,595 \rightarrow k = 28,8$ $E = 0,8858$ $\bar{\sigma}_a = 2190 < \bar{\sigma}_a$
 $\bar{\sigma}'_b = \frac{2190}{28,8} = 76 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$ verifiee

b) conditions de non fragilité :

$A \geq 0,69 b B \bar{\sigma}_a / \bar{\sigma}_{cu}$ $\bar{\sigma}'_b = 7 \text{ kg/cm}^2$ $\bar{\sigma}_{cu} = 4200 \text{ kg/cm}^2$
en travée: $A_T = 2,35 > 1,65 \text{ cm}^2$ verifiee
appui: $A_a = 1,57 > 0,30 \text{ cm}^2$ verifiee

c) la fleche.

$h_t/l \geq \frac{1}{22,5}$ $24/440 = 0,055 > 0,044$
 $h_t/l \geq \frac{1}{15} \frac{M_T}{M_0} = 0,053$ donc $0,055 > 0,053$
 $A \geq 36 b \omega h / \bar{\sigma}_{cu} = 2,26 \text{ cm}^2$ car $2,35 > 2,26 \text{ cm}^2$.
les 3 conditions sont verifiees

d) verification :

en travée: $\sigma_a \leq \min \{ \bar{\sigma}_a, \max(\sigma_2, \sigma_1) \} = \bar{\sigma}_a$
sur appui: $\sigma_a \leq \bar{\sigma}_a$ verifiee.

espacement des armat. transv. $t_2 A_T \bar{\sigma}_{at} / T = 13,26 \text{ cm} \Rightarrow t_2 = 14 \text{ cm}$

Ferrailage de la table de compression: selon CCBA 68 Art. 58-2

pour limiter la fissuration \rightarrow treillis soudes: de mailles dont:
les dimensions sont $\leq 20 \text{ cm}$ armat. \perp nervures
 $\leq 33 \text{ cm}$ " " "

les sections doivent respecter:

$A_{\perp N} \geq \frac{2160}{\bar{\sigma}_{cu}}$ si $P_u \leq 50 \text{ cm}$ et $A_{\perp N} \geq \frac{43 P_u}{\bar{\sigma}_{cu}}$ si $50 \leq P_u \leq 80 \text{ cm}$

notre cas $P_u = 65 \text{ cm}$ $\bar{\sigma}_{cu} = 5300 \text{ kg/cm}^2$ ($\phi \leq 6 \text{ mm}$)

$A_{\perp N} \geq 0,327 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{\perp N} = 5 \phi 6 / \text{ml} = 1,41 \text{ cm}^2$
 $A_{\parallel N} \geq \frac{A_{\perp N}}{2} = 0,705 \text{ cm}^2 \Rightarrow A_{\parallel N} = 5 \phi 6 = 1,41$ } maille $20 \times 20 \text{ cm}$
en treillis soudes

CALCUL DE L'ACROTERE

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

caractéristiques :

$e = 10 \text{ cm}$ $h = 90 \text{ cm}$

pois propre G : 250 kg/m^2

surcharge (main courante) P 100 kg

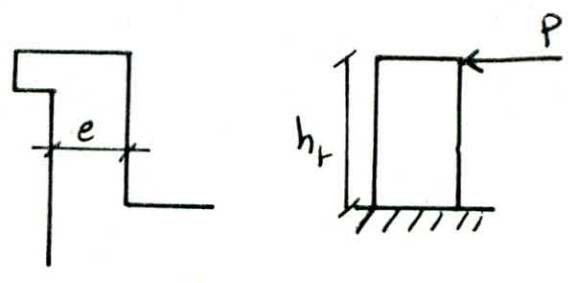
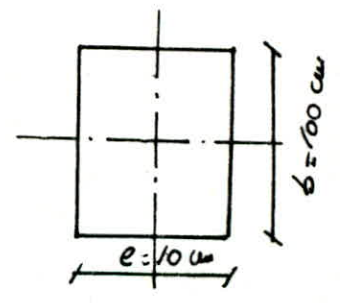
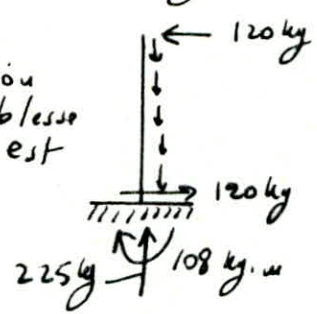


schéma statique :

L'acrotère travaille en flexion composée mais vu la faiblesse de l'effort N dont l'apport est peu important on peut négliger l'acrotère sous M seulement.



$$A = \frac{M}{\sigma_a} = \frac{108 \cdot 10^2}{7/8 \times 8 \times 2800} = 0,55 \text{ avec } h = e - d = 10 - 2 = 8 \text{ cm.}$$

$A = 0,55 \text{ cm}^2$

condition de non fragilité : (C.CSA Art. 5.2)

$$A \geq 0,69 \frac{\sigma_b}{\sigma_a} b \cdot h = 0,69 \times \frac{7}{4200} \times 100 \times 8 = 0,92 \text{ cm}^2$$

on remarque que A doit être $\geq 0,92 \text{ cm}^2$.

d'où on a adopté 4 T6 / ml = $1,13 \text{ cm}^2 / \text{ml}$.

vérification de contrainte :

$$\sigma_s = \frac{\sigma_a}{k} = \frac{2800}{98,5} = 28,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_s = 162 \text{ kg/cm}^2$$

vérification de la non fissuration :

$$\bar{\sigma}_a \leq \max \{ \sigma_1, \sigma_2 \} \text{ avec } \sigma_1 = \frac{k \cdot \bar{\sigma}_p}{1 + 10 \frac{\bar{\sigma}_p}{\sigma_b}} \quad \bar{\sigma}_p = \frac{A}{S_p} = \frac{A}{2bd}$$

$\sigma_1 = 733 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \cdot \sigma_b}{\sigma_s}}$

$\sigma_2 = 3279 \text{ kg/cm}^2$

$\max \{ \sigma_1, \sigma_2 \} = \sigma_2 > 2800 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow$ c'est vérifié

effort tranchant, $A \bar{\sigma}_a$ doit être $\geq T + M/3$ $\beta = 7/8 h = 7 \text{ cm}$

$A \bar{\sigma}_a = 1,13 \times 2800 = 3164 \text{ kg}$

$T + M/3 = 120 + 10800/7 = 1643$ } \Rightarrow c'est vérifié

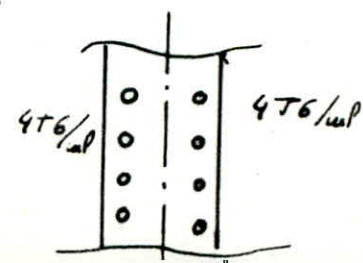
seisme local : (Art 3.3.9). RPA 81

$F_p = z I C_p W_p$ $z = 0,6$ $I = 1$ $C_p = 0,8$

W_p : poids $W_p = 225 \text{ kg}$

$F_p = 108 \text{ kg/ml} < 1,2 P = 120 \text{ kg/ml}$

L'acrotère est vérifié : R. D



Le calcul des rigidites, et des sollicitations dues aux charges horizontales se fait suivant la methode de Muto

Methode de Muto:

C'est une methode approchee permettant l'analyse d'une structure à portiques sollicitée par des efforts horizontaux. Elle se base sur les rigidites de niveaux des etages. La methode permet d'abord de distribuer les efforts tranchants suivant les niveaux des differents portiques et d'en deduire ensuite les moments flechissants dans les poteaux et les poutres.

Conditions d'application:

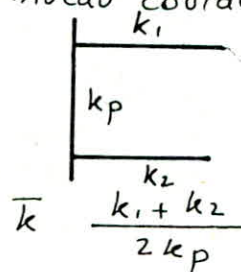
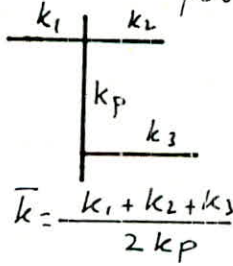
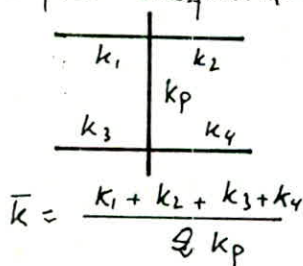
- la methode de Muto est applicable pour:
- des batiments à etages rigides dans leurs plans, ayant une ossature à portique
- les raideurs des poutres (I/l) ne doivent pas être plus faibles devant celles des poteaux (I/h). en tout noeud on doit avoir $k \geq 0,2$
- Les raideurs (I/l) des travées adjacentes d'une même poutre ne doivent pas être trop differentes (le rapport sera compris entre 0,5 et 2)
- La raideur d'un poteau ne doit pas trop varier d'un niveau à l'autre (même rapport que les poutres : compris entre 0,5 et 2)
- Pas de variation brusque de rigidité entre deux niveaux adjacents

Etapes de calcul:

- calcul des rigidites lineaires des poteaux: $k_{pot} = I/h$ et Poutres: $k_{pou} = I/l$
- calcul des coef. \bar{k} et des coef. de correction a_j dans les 2 sens.
- calcul des raideurs corrigees des poteaux dans les 2 sens.
- calcul de la rigidité de niveau dans les 2 sens.
- determination des centre de masse et de torsion dans les 2 sens.
- calcul de la rigidité à la torsion.

quelques defenitions:

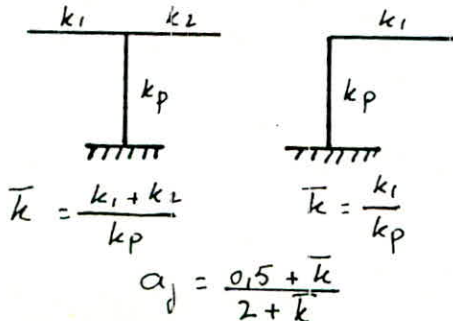
pour un niveau courant



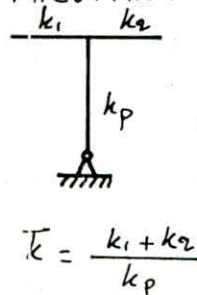
$$a_j = \frac{\bar{k}}{2 + \bar{k}}$$

pour le premier niveau (R-D.C).

a) encastrement à la base

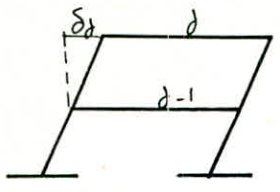


b) articulation à la base



$$a_j = \frac{0,5 \bar{k}}{1 + 2 \bar{k}}$$

Deplacement relatif du niveau j



δ_j : deplacement δ_j du niveau j par rapport au plancher du niveau immediatement inferieur (j-1).

Rigidite de niveau J d'un portique:

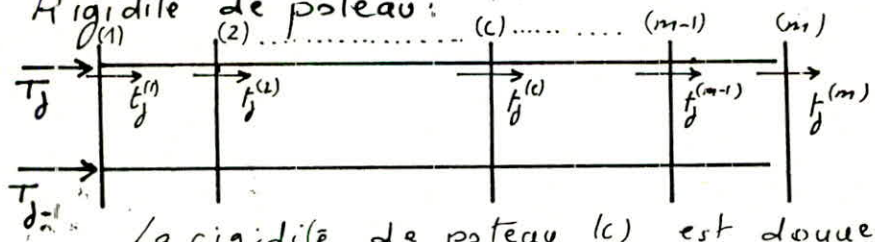
la rigidite R_j relative de niveau j represente l'effort tranchant de niveau qui produit un deplacement relatif de niveau egal a l'unite:

$$R_j = T_j / \delta_j$$

T_j : effort tranchant de niveau j, il represente la somme des forces agissant dans 1 portique au dessus du niveau j considere

δ_j : deplacement relatif

Rigidite de poteau:



$f_j^{(c)}$: la part de l'effort tranchant revenant au poteau (c) du niveau j considere

la rigidite de poteau (c) est donnee par:

$$r_j^{(c)} = \frac{f_j^{(c)}}{\delta_j}$$

Rigidite relative de niveau:

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

il est suppose que tous les poteaux d'un meme niveau ont un meme deplacement

Rigidite de niveau:

Un portique a plusieurs niveaux soumis a des forces horizontales a un deplacement qui se decompose en:

$$\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B + \delta_j^C \quad \text{si le n° de niveaux } \leq 15 \quad \delta_j^C = 0$$

avec: δ_j^A : deplacement de translation dû a la def. des poteaux
 δ_j^B : dû a la rotation des noeuds en fonction de la rigidite réelle des poutres.

δ_j^C : depl. de consoles dû aux def. axiales relat des pot. tendus (res comprim)

notre cas: $\delta_j = \delta_j^A + \delta_j^B$

rigidite relative de niveau: $R_j = T_j / \delta_j = T_j / (\delta_j^A + \delta_j^B) = T_j \cdot \frac{a_j}{\delta_j^A}$

avec: $a_j = 1 / (1 + \delta_j^B / \delta_j^A)$ qui est 1 coef correcteur.

Rigidite corrigee d'un poteau (c) de niveau (j):

$$r_j^{(c)} = a_j^{(c)} r_j^{(c) \infty} = \frac{12E}{h_j^2} \cdot a_j^{(c)} \cdot k_j^{(c)}$$

Rigidite relative corrigee de niveau d'un portique:

$$R_j = \sum_{c=1}^m r_j^{(c)} = \sum_{c=1}^m \frac{12E}{h_j^2} a_j^{(c)} k_j^{(c)} \quad \text{meme niveau: } h_j = \text{cte}$$

$$R_j = \frac{12E}{h_j^2} \sum_{c=1}^m a_j^{(c)} k_j^{(c)} \quad \text{soit: } D_j = \sum_{c=1}^m a_j^{(c)} k_j^{(c)}$$

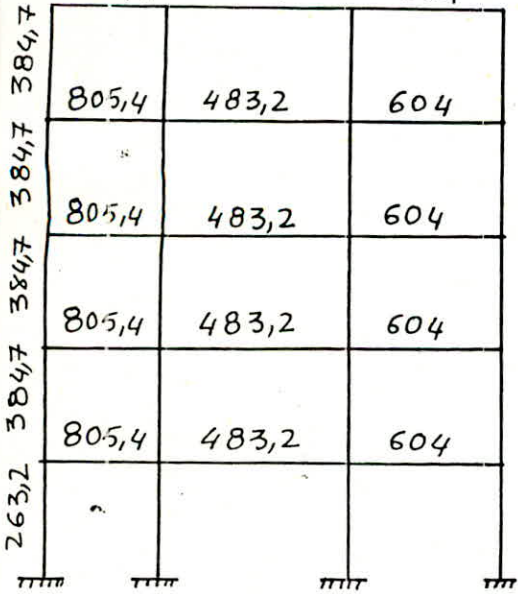
d'où: $R_j = 12E D_j / h_j^2$

Calcul des rigidites relatives

Portiques transversaux

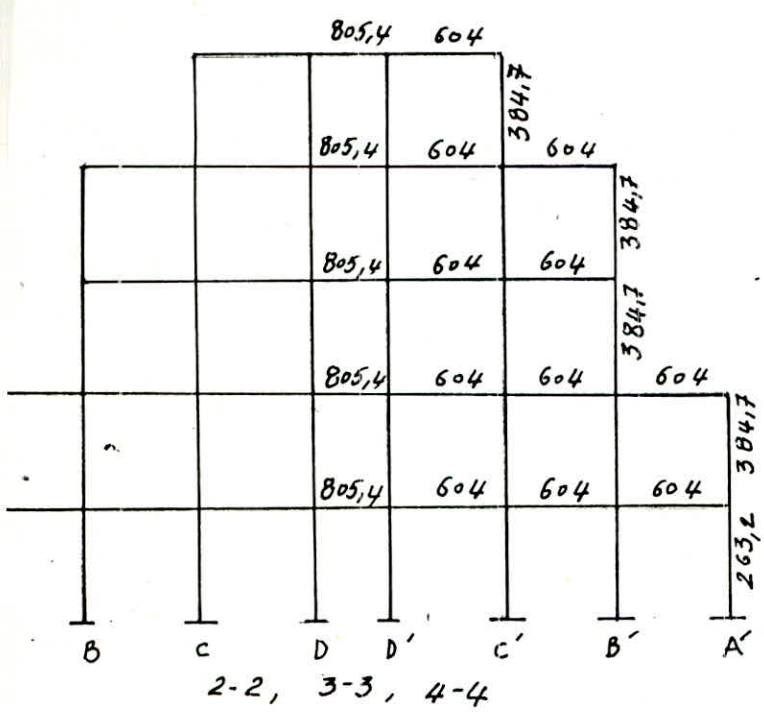
Portique D'-D''

805,4 483,2 604



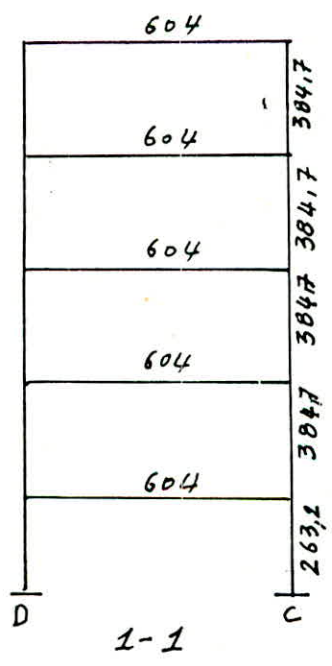
NIV	POX	K	Kp	α_j	$\alpha_j Kp$	D_j	D_j
5	1	2,09	384,7	0,51	196,2	827	35481,2
	2	3,35	"	0,62	238,5		
	3	2,82	"	0,58	223,1		
	4	1,57	"	0,44	169,2		
4	1	2,09	384,7	0,51	196,2	827	35481,2
	2	3,35	"	0,62	238,5		
	3	2,82	"	0,58	223,1		
	4	1,57	"	0,44	169,2		
3	1	2,09	384,7	0,51	196,2	827	35481,2
	2	3,35	"	0,62	238,5		
	3	2,82	"	0,58	223,1		
	4	1,57	"	0,44	169,2		
2	1	2,09	384,7	0,51	196,2	827	35481,2
	2	3,35	"	0,62	238,5		
	3	2,82	"	0,58	223,1		
	4	1,57	"	0,44	169,2		
1	1	3,06	263,2	0,70	184,2	760,6	15288
	2	4,89	"	0,79	207,9		
	3	4,13	"	0,75	197,4		
	4	2,29	"	0,65	171,1		

- Sens longitudinal: portique 2-2, 3-3, 4-4.



Niv	Pot	K	Kp	aj	ajKp	Dj	Rj
5	C	2,35	384,7	0,54	207,7	913	39167,7
	D	3,66	/	0,64	248,8		
	D'	3,66	/	0,64	248,8		
	C'	2,35	/	0,54	207,7		
4	B	1,57	384,7	0,44	169,2	1300	55770,6
	C	3,14	/	0,61	234,6		
	D	3,66	/	0,64	246,2		
	D'	3,66	/	0,64	246,2		
	C'	3,14	/	0,61	234,6		
3	B'	1,57	/	0,44	169,2	1377	59073,7
	B	2,35	384,7	0,54	207,7		
	C	3,14	/	0,61	234,6		
	D	3,66	/	0,64	246,2		
	D'	3,66	/	0,64	246,2		
2	C'	3,14	/	0,61	234,6	1769,2	75898,8
	B'	2,35	/	0,54	207,7		
	A=A'	1,57	384,7	0,44	169,2		
	B=B'	3,14	/	0,61	234,6		
1	C=C'	3,14	/	0,61	234,6	1568,2	37529,8
	D=b	3,66	/	0,64	246,2		
	A=A'	2,29	263,2	0,65	171		
	B=B'	4,59	/	0,77	202,6		
	C=C'	4,59	/	0,77	202,6		
	D=b	5,35	/	0,79	207,9		

Sens longitudinal portique 1-1



Niv	Pot	K	Kp	aj	ajKp	Dj	Rj
5	C	1,57	384,7	0,44	169,2	338,4	14516,3
	D	/	/	/	/		
4	C	1,57	384,7	0,44	169,2	338,4	14516,3
	D	/	/	/	/		
3	C	1,57	384,7	0,44	169,2	338,4	14516,3
	D	/	/	/	/		
2	C	1,57	384,7	0,44	169,2	338,4	14516,3
	D	/	/	/	/		
1	C	2,29	263,2	0,65	171,1	338,4	6881,2
	D	/	/	/	/		

Determination du centre de masse et du centre de torsion

a) Centre de masse :

La masse se répartit presque uniformément sur la surface les coordonnées du centre de masse sont exprimées ainsi :

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

NIV Coord.	5	4, 3	2, 1
X_G [m]	14,85	14,85	14,85
Y_G [m]	6,96	7,43	7,65

b) Centre de torsion :

Selon le repère XOY les coordonnées du centre de torsion de l'étage j sont exprimées ainsi : (formules de Barycentre)

$$X_{CT} = \sum R_{jY}^{(t)} X_j^{(t)} / R_{jY}^{(t)} \quad Y_{CT} = \sum R_{jX}^{(p)} Y_j^{(p)} / R_{jX}^{(p)}$$

(p) : sens longitudinal (t) sens transversal

Les rigidités relatives de l'étage (j) suivant chaque sens :

$$R_{jY}^{(t)} = \sum_{i=1}^m R_{jY}^{(t)} \quad R_{jX}^{(p)} = \sum_{i=1}^n R_{jX}^{(p)}$$

Calcul de la rigidité d'étage : R_{jX}, R_{jY} sont en [kg/cm]

NIV R_j	5	4	3	2	1
$R_{jX}^{(p)}$	146535,7	196344,4	206252,5	256728,7	108324,6
$R_{jY}^{(t)}$	141924,8	188119,4	188119,4	234314	184456,4

coordonnées du centre de torsion :

NIV Coord.	5	4	3	2	1
X_{CT} [m]	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85
Y_{CT} [m]	6,76	7,18	7,24	7,48	7,36

Calcul des excentricités entre C et G

Selon le RPA 81, il existe en chaque niveau et dans chaque direction une excentricité de la résultante des forces horizontales par rapport au centre de torsion égale à: Max des 2 valeurs:
 a) 5% $\text{Max}(L_x, L_y)$: excentricité accidentelle
 b) excentricité théorique calculée.

excentricité prise en compte:

sous longitudinal: $x-x$ $e_x = \sup \left\{ \begin{array}{l} \text{Max}(5\%L_x, 5\%L_y) \\ |x_G - x_c| \end{array} \right\}$

sous transversal: $y-y$ $e_y = \sup \left\{ \begin{array}{l} \text{Max}(5\%L_x, 5\%L_y) \\ |y_G - y_c| \end{array} \right\}$
 e_j pour chaque niveau.

sachant que: $L_x = 30,00 \text{ m}$ $L_y = 14,85 \text{ m}$.

on retrace l'excentricité calculée dans ce tableau:

Coor. NIV	X_G	X_C	$e_x(th)$	Y_G	Y_C	$e_y(th)$	L_x	L_y	$e_x(acc)$	$e_y(acc)$
5	14,85	14,85	0	6,96	6,76	0,20	12,1	13,2	0,66	0,66
4	14,85	14,85	0	7,43	7,18	0,25	20,9	13,2	1,045	1,045
3	14,85	14,85	0	7,43	7,24	0,19	20,9	13,2	1,045	1,045
2	14,85	14,85	0	7,65	7,48	0,17	29,7	13,2	1,485	1,485
1	14,85	14,85	0	7,65	7,36	0,29	29,7	13,2	1,485	1,485

Coordonnées du centre de torsion C_T :

en tenant compte de l'excentricité accidentelle

NIV Coor.	5	4	3	2	1
X_c	15,51	15,895	15,895	16,335	16,335
Y_c	7,42	8,475	8,475	9,135	9,135

coordonnées de portiques / centre de torsion

NIV	Portique Coor.	Transversaux								Longitudinaux			
		A	B	C	D	D'	C'	B'	A'	1	2	3	4
5	X	-15,51	-11,11	-6,71	-2,31	0,99	5,39	9,79	14,19				
	Y									-7,42	-4,12	1,34	5,78
4	X	-15,895	-11,495	-7,095	-2,695	0,605	5,005	9,405	13,805				
	Y									-8,475	-5,45	0,325	4,725
2	X	-16,335	-11,935	-7,535	-3,135	0,165	4,565	8,965	13,365				
	Y									-9,135	-5,835	-0,335	4,065

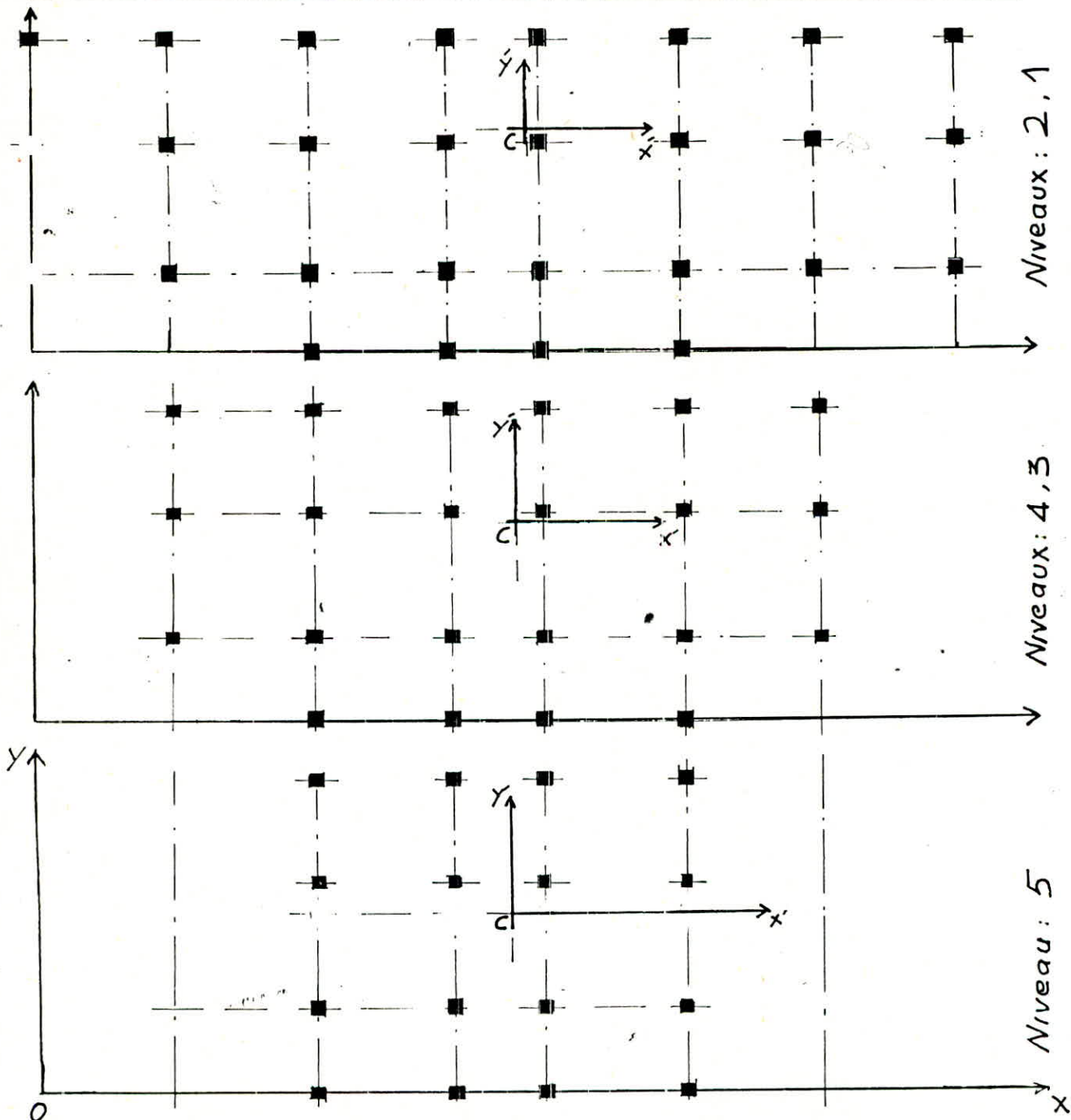
Calcul de la rigidite à la torsion : $R_{j\theta}$

La rigidité à la torsion est donnée par l'expression:

$$R_{j\theta} = \sum R_{jy}^{(r)} [x_j^r]^2 + \sum R_{jx}^{(p)} [y_j^{(p)}]^2$$

le calcul a donné les résultats suivants

NIVEAU	5	4	3	2	1
$R_{j\theta}$	$6,49 \cdot 10^{10}$	$12,87 \cdot 10^{10}$	$12,87 \cdot 10^{10}$	$24,79 \cdot 10^{10}$	$11,18 \cdot 10^{10}$



Pour évaluer les efforts sismiques horizontaux sollicitant notre structure, il existe deux méthodes de calcul :
 la méthode statique équivalente qui convient pour des constructions présentant une forme régulière (symétrie dans le plan, proche d'un rectangle), pas de grands décrochements en élévation, ayant une hauteur non importante, cette méthode s'applique pour les bâtiments qui satisfont les conditions imposées par le R.P.A 81 Art. 3.2.

- La méthode dynamique directe qu'on utilise pour des constructions assez complexes dans leurs plans (en plan et en élévation), c'est le cas de notre bâtiment qui ne satisfait pas deux des conditions imposées par le R.P.A 81, à savoir :

- Les décrochements en élévation ont une variation qui dépasse les 25%

- la variation de rigidité entre deux niveaux adjacents (2 et 3) dépasse 25% dans les deux directions.

Le R.P.A 81 permet sous certaines conditions de calculer la structure par la méthode pseudo dynamique consistant à considérer la structure soumise à l'effort tranchant V à sa base. La valeur de V est donnée :

$$V = A D B \rho W$$

A : coefficient d'accélération de zone (C.C.S.S Art 3.3.1.1.)

D : coefficient d'amplification dynamique moyen (C.C.S.S Art 3.3.1.2)

B : Facteur de comportement de structure (C.C.S.S Art 3.3.1.3)

ρ : Facteur de qualité (C.C.S.S Art 3.3.1.4)

W : poids de la structure (C.C.S.S Art 3.3.1.5).

Vu la structure de notre bâtiment on est obligé d'affecter la valeur de V d'un coefficient de reprise de la structure, qui permet une bonne interprétation du comportement du bâtiment :

Le calcul de la reprise de la structure se fait suivant :
 (C.C.S.S Art. I-2-4-1). Page 11.

L'effort sismique pour le niveau j sera pour chaque mode :

$$V_j = \frac{\gamma_c}{0,7} A D B \rho W_j X_j$$

γ_c : coeff de contribution du mode c .

W_j : masse du niveau j

X_j : composante du vecteur propre pour le niveau j .

Remarque :

le coefficient de contribution γ_c est différent du coefficient de participation modale η_c qui est toujours inférieur à 1. pour le premier mode si $\eta_I \geq 0,78 = 78\%$ le premier mode est largement prépondérant, on se coulera du 1^{er} mode uniquement.

- calcul du poids de chaque niveau W_j :

Plancher terrasse: $G = 641 \text{ kg/m}^2$, $SE = 175 \text{ kg/m}^2$.

poteau 35×35 : $P = 995,3 \text{ kg}$
 poutre 35×45 : $P_t = 393,75 \times l \text{ kg/ml}$
 Murs extérieurs $l = 30 \text{ cm}$ $P = 253 \text{ kg/m}^2$
 escalier $P = 721 \text{ kg/m}^2$ $SE = 250 \text{ kg/m}^2$
 acrotère $P = 250 \text{ kg/m}^2$ $SE = 100 \text{ kg/m}^2$

Plancher courant: $G = 597 \text{ kg/m}^2$, $SE = 175 \text{ kg/m}^2$.

niveau $j=5$:
 $S_5 = 148,8 \text{ m}^2$.

$148,8 \times 641$	$0,175 \times 148,8$
$+ 393,75 \times 98$	$+ 2,2 \times 14,3$
$995,3 \times 16$	$0,1 \times 0,90 \times 14,3$
$+ 253 \times 57,2 \times \frac{3,25}{2}$	
$250 \times 0,9 \times 14,3$	
<hr/>	<hr/>
$G_5 = 176,6 \text{ t}$	$SE_5 =$

$W_5 = G_5 + \frac{1}{5} SE_5 = 182 \text{ t}$

$W_5 = 182 \text{ t}$

niveau $j=4$:
 $S_4 = 235,9 \text{ m}^2$.

$235,9 \times 597$
$+ 393,75 \times 144,2$
$+ 995,3 \times 19$
$253 \times 37,4 \times 3,25$
$253 \times \frac{57,2 \times 3,25}{2}$
<hr/>
$G_4 = 270,8 \text{ t}$

$W_4 = 270,8 + \frac{1}{5} (0,175 \times 235,9)$

$W_4 = 279 \text{ t}$

niveau $j=3$:
 $S_3 = 235,9 \text{ m}^2$.

$235,9 \times 597$
$+ 393,75 \times 144,2$
$995,3 \times 22$
$+ 253 \times 74,8 \times 3,25$
<hr/>
$G_3 = 281 \text{ t}$

$W_3 = 281 + \frac{1}{5} 0,175 \times 235,9$

$W_3 = 290 \text{ t}$

niveau $j=2$: $S_2 = 323 \text{ m}^2$.

323×597
$+ 393,75 \times 190,4$
$+ 995,3 \times 25$
$253 \times 86 \times 3,25$
<hr/>
$G_2 = 363,4 \text{ t}$

$W_2 = 363,4 + \frac{1}{5} \cdot 0,175 \cdot 323$

$W_2 = 375 \text{ t}$

niveau $j=1$: $S_1 = 323 \text{ m}^2$.

323×597
$+ 393,75 \times 190,4$
$+ 995,3 \times 28$
$253 \times 94 \times 3,25$
<hr/>
$G_1 = 373 \text{ t}$

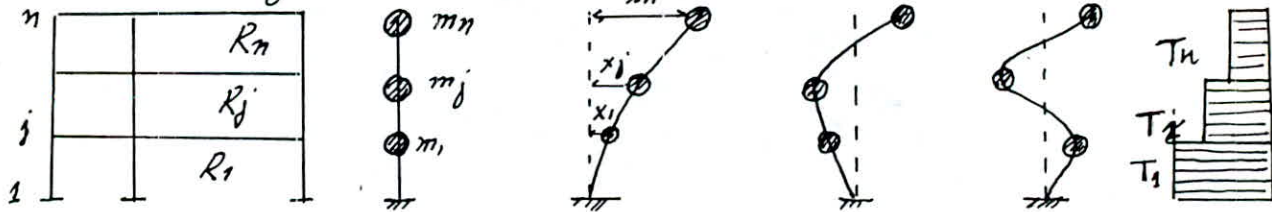
$W_1 = 373 + \frac{1}{5} 0,175 \cdot 323$

$W_1 = 385 \text{ t}$

Calcul des caractéristiques dynamique

Méthode de Holzer

1) principe de la méthode :
 c'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative de niveau.



par définition la rigidité de niveau j est donnée par :

$$R_j = \frac{T_j}{x_j - x_{j-1}} \quad \text{d'où} \quad x_{j-1} = x_j - \frac{T_j}{R_j}$$

$$T_j = \sum_{k=j}^n F_k \quad F_k = m_k \omega^2 x_k \quad \text{Force d'inertie.}$$

$$x_{j-1} = x_j - \frac{\omega^2}{R_j} \sum_{k=j}^n m_k x_k ; \quad x_j(t) = X_j \sin(\omega t + \varphi)$$

$$\text{d'où} \quad x_{j-1} = X_j - \frac{\omega^2}{R_j} \sum_{k=j}^n m_k X_k \quad (1)$$

Condition aux limites :

- * à la base de la structure, le déplacement relatif de niveau est nul $x_0 = 0$.
- * au sommet, on prend $x_n = 1$

Les formes propres sont définies à une constante près :

$$x_1 = x_2 - \frac{\omega^2}{R_2} \sum_{k=2}^n m_k x_k$$

$$x_0 = 0 = x_1 - \frac{\omega^2}{R_1} \sum_{k=1}^n m_k x_k \quad \Rightarrow \quad x_1 = \frac{\omega^2}{R_1} \sum_{k=1}^n m_k x_k$$

La condition à la base donne :

$$x_0 = 0 \Leftrightarrow \frac{\omega^2}{R_1} \sum_{k=1}^n m_k x_k = x_2 - \frac{\omega^2}{R_2} \sum_{k=2}^n m_k x_k \quad (2)$$

La méthode de Holzer consiste en la détermination des pulsations $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ et des formes propres x_1, x_2, \dots, x_n , en résolvant l'équation de récurrence (1) par approximation successive sur ω dont la bonne valeur satisfait la condition à la base équation (2).

Facteur d'amplification dynamique :

sol meuble : $D = 2 \sqrt{\frac{0,15}{0,907}} = 1,485$.

- Evaluation des forces sismiques pour le premier mode :

$F_{IK} = m_k \delta_I S'_a(\beta, T_I) \phi_{IK}$ avec $S'_a(\beta, T) = S''_a(\beta, T_I) \times Q$.

Q: facteur de qualite',

$S''_a(\beta, T_I)$: Spectre de reponse elastoplastique des accelerations

$S''_a(\beta, T) = S_a(\beta, T_I) \times (B/0,7)$ pour $T > 0,5$ sec.

B: facteur de comportement de la structure.

$S_a(\beta, T_I)$: spectre de reponse elastique des accelerations.

$S_a(\beta, T_I) = A \cdot D(\beta, T_I)$.

A: coefficient d'acceleration de zone (RPA 81).

$D(\beta, T_I)$: facteur d'amplification dynamique moyen.

β : amortissement de la structure.

d'ou $F_{IK} = W_k \delta_I Q A \cdot D \cdot B/0,7 \phi_{IK}$.

$F_{IK} = \frac{\delta_I}{0,7} \cdot A \cdot B \cdot D \cdot Q \cdot W_k \cdot X_k$.

$A = 0,15$, $D = 1,485$, $B = \frac{1}{4}$, $Q = 1,5$, $\delta_I = 1,25$.

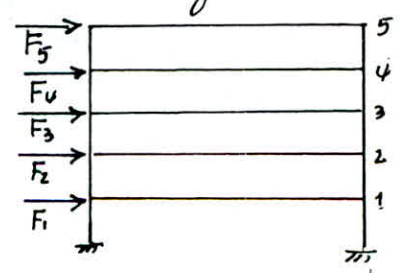
$F_{IK} = 0,149 W_k X_k$.

- Effort sismique dans le sens longitudinale :

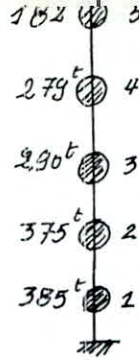
NIV	1	2	3	4	5
X_k	0,497	0,672	0,832	0,9405	1
W_k^t	385	375	290	279	182
F_k^t	28,5	37,55	35,95	39,1	27,12

Efforts tranchants de niveau dans le sens longitudinale : x

$E_{x5} = 27,12t$
 $E_{x4} = 66,22t$
 $E_{x3} = 102,17t$
 $E_{x2} = 139,72t$
 $E_{x1} = 168,22t$



modélisation de la structure :



on prendra comme valeur initiale $\omega_0^2 = 45 \text{ rad}^2/\text{sec}^2$

Niv. k	mk kg	mk $\omega^2 \times 10^4$	Xk	mk $\omega^2 X_k \times 10^4$	$\Sigma mk\omega^2 X_k \times 10^4$	Rk 10 ⁷ N/m	$\frac{\Sigma mk X_k \omega^2}{R_k}$
5	182000	819	1	819	819	14,66	0,0558
4	279000	1255,5	0,944	1185,1	2004,19	19,64	0,102
3	290000	1305	0,842	1098,81	3103	20,63	0,15
2	375000	1687,5	0,692	1167,75	4270,75	25,67	0,166
1	385000	1732,5	0,526	911,295	5182	20,3	0,478
2 ^{ème} itération $\omega^2 = 48$							
5	18200	873,6	1	873,6	873,6	14,66	0,0595
4	279000	1339,2	0,9405	1259,52	2133,1	19,64	0,1086
3	290000	1392	0,8319	1158	3291,1	20,63	0,1595
2	375000	1800	0,6724	1210,32	4501,42	25,62	0,175
1	385000	1848	0,4974	919,95	5420,61	10,83	0,5
0,4974 ≈ 0,5							

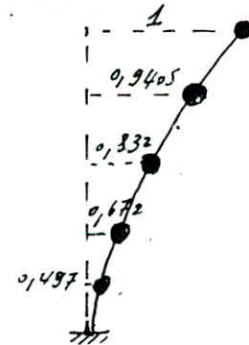
donc on prendra $\omega^2 = 48 \text{ rad}^2/\text{sec}^2$

d'où $\omega = 6,93 \text{ rad/sec} \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,907 \text{ sec.}$

Les formes propres sont :

Au premier mode :

$$X_{kI} = \begin{pmatrix} 0,497 \\ 0,672 \\ 0,832 \\ 0,9405 \\ 1 \end{pmatrix}$$



- Calcul du coefficient de participation modale :

$$\eta_I = \frac{(\sum m_j x_j)^2}{\sum m_j \sum m_j x_j^2}$$

$$\eta_I = \frac{(1120,835)^2}{1511 \times 894,28} = 0,93 = 93\%$$

Donc le premier mode est largement suffisant.

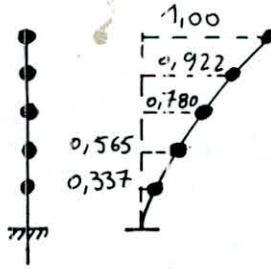
$$\gamma_I = \frac{\sum m_j x_j}{\sum m_j x_j^2} = \frac{1120,835}{894,28} = 1,25$$

suivant le sens transversal :

$$\omega^2 = 61 \Rightarrow \omega = 7,81 \text{ rad/s} \text{ pulsation propre de la structure}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,78 \text{ s} \quad T_{th} = 0,48 \text{ s.}$$

sol meuble :



calcul du coefficient de participation modale :

le coefficient de participation de chaque mode est donné par l'expression :

$$\eta_{lc} = \left(\sum_{j=1}^n m_j X_j \right)^2 / \sum_{j=1}^n m_j \sum_{j=1}^n m_j X_j^2$$

X_j : composante du vecteur propre et j : indice du niveau.
 m_j : masse du niveau j

pour le 1^{er} mode : $\eta_{I} = (920,7)^2 / 719,5 \times 1511$

$$\eta_{I} = 0,78 = 78 \%$$

d'après η_{I} on remarque que le 1^{er} mode est largement dominant d'où c'est pas la peine de calculer les autres modes car leurs effets est négligeable.

calcul du facteur de contribution du premier mode :

$$\gamma_I = \sum_{j=1}^n m_j X_j / \sum_{j=1}^n m_j X_j^2$$

$$\gamma_I = 920,7 / 719,5 = 1,28$$

calcul du facteur d'amplification moyen pour le premier mode :

sol meuble : $D = 2 \sqrt{\frac{0,5}{T}} = 1,53$

Évaluation des forces sismiques de calcul pour le premier mode :

Distribution des forces horizontales (sismiques)

sens transversal:

$$F_k = \frac{\delta_{ABD}}{0,7} \varphi m_k X_k \quad \text{avec} \quad A = 0,15 \quad B = 1/4 \quad \delta_I = 1,28$$

$$\varphi = 1,4 \quad D = 1,58$$

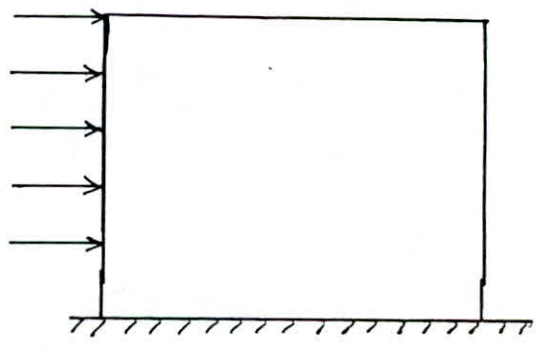
$$F_k = 0,151 m_k X_k$$

NIV	5	4	3	2	1
X_k	1	0,922	0,780	0,565	0,337
$m_k^{(H)}$	182	279	290	375	385
$F_k^{(H)}$	27,6	42,3	44	56,9	58,9
$\delta_{cy}^{(H)}$	27,6	69,9	113,9	170,8	229,2

Effort tranchant pour le niveau j:

$$T_j = \sum_{k=j}^5 F_k$$

$T_5 = 27,6$
 $T_4 = 69,9$
 $T_3 = 113,9$
 $T_2 = 170,8$
 $T_1 = 229,2$



Effort tranchant T_j revenant à chaque portique
 l'effort tranchant à l'étage j s'applique au c.d.g de cet étage et du fait de la rotation du niveau par rapport au centre de torsion C dû à l'excentricité de δ_j ou aura alors:

$$\delta_{jy}^{(t)} = \delta_{jy} \frac{R_{jy}^{(t)} X_j^{(t)}}{R_{j0}} e_x + \delta_{jy} \frac{R_{jy}}{R_{j0}}$$

deplacement relatif d'étage j :

$$\delta_j = T_j / R_j$$

deplacement limite impose par le RFA est $\delta_{max} \leq 0,0075 h_e / 2B$

Calcul de l'effort tranchant revenant à chaque poteau:
 hypothese: les poteaux d'un même niveau ont le même deplacement.

$$F_j^{(c)} = T_j a_j k_p / D_j$$

$F_j^{(c)}$: effort tranchant du niv j revenant au poteau c

Repartition de l'effort tranchant et déplacement relatif de niveau

Portiques transversaux

NIV	R_{jy}	R_{j0}	R_{jy}^c	Portiq	R_{jy} [kg, a]	x_j [cm]	$R_{jy} \frac{R_{jy}}{R_{j0}}$	$R_{jy} \frac{R_{jy}}{R_{j0}} x_j e_x$	$T_j = \sum T_j^{(t)}$	S_{dy} [cm]
5	141924,8	$6,49 \cdot 10^{10}$	27,6	C	35481,2	-671	6,9	-0,66	6,9	0,190
				D	35481,2	-231	6,9	-0,23	6,9	0,190
				D'	35481,2	0,99	6,9	0,09	6,99	0,197
				C'	35481,2	539	6,9	0,53	7,43	0,209
4	188119,4	$12,87 \cdot 10^{10}$	69,9	B	23027,3	-1149	8,58	-1,50	8,58	0,37
				C	35481,2	-7095	13,18	-1,42	13,18	0,37
				D	35481,2	-2695	13,18	-0,54	13,18	0,37
				D'	35481,2	605	13,18	0,12	13,30	0,39
				C'	35481,2	5605	13,18	1,12	14,30	0,40
				B'	23097,3	9405	8,58	1,88	10,46	0,45
3	188119,4	$12,87 \cdot 10^{10}$	113,9	B	23097,3	-1149	13,98	-2,45	13,98	0,60
				C	35481,2	-7095	21,48	-2,32	21,48	0,60
				D	35481,2	-2695	21,48	-0,88	21,48	0,60
				D'	35481,2	605	21,48	+0,20	21,68	0,61
				C'	35481,2	5605	21,48	1,64	23,12	0,65
				B'	23097,3	9405	13,98	2,01	15,99	0,69
2	234314	$24,79 \cdot 10^{10}$	170,8	A	23097,3	-1633	16,83	-3,86	16,83	0,72
				B	23097,3	-1193	16,83	-2,82	16,83	0,73
				C	35481,2	-7535	25,86	-2,75	25,86	0,72
				D	35481,2	-3135	25,86	-1,04	25,86	0,72
				D'	35481,2	165	25,86	0,06	25,92	0,73
				C'	35481,2	4565	25,86	1,65	27,51	0,77
				B'	23097,3	8965	16,83	2,19	28,05	0,82
				A'	23097,3	1336	16,83	3,15	19,98	0,86
1	184456,4	$11,18 \cdot 10^{10}$	229,2	A	10632,9	-1633	13,21	-5,28	+13,21	1,24
				B	10632,9	-1193	13,21	-3,86	13,21	1,24
				C	15288	-7535	19,00	-3,50	19,00	1,24
				D	15288	-3135	19,00	-1,46	19,00	1,24
				D'	15288	165	19,00	0,07	19,07	1,24
				C'	75288	4565	19,00	2,12	21,12	1,38
				B'	10632,9	8965	13,21	2,9	16,11	1,51
				A'	10632,9	13365	13,21	4,32	17,53	1,61

Repartition de l'effort tranchant et calcul du déplacement relatif de niveau:

$$T_{jx} = E_{jx} \frac{R_{jx}}{R_{jx}} + E_{jx} \frac{R_{jx}}{R_{jx}} y_j e_y$$

$$\delta_{jx} = \frac{T_{jx}}{R_{jx}}$$

Niv	$R_{jx} \frac{10^4}{10^4}$	$R_{j\theta} \frac{10^6}{10^6}$	E_{jx}	port	R_{jx}	y_{jcm}	$E_{jx} \frac{R_{jx}}{R_{jx}}$	$E_{j\theta} \frac{R_{j\theta}}{R_{j\theta}}$	$T_{jx} = \Sigma T_j$	$\delta_{jx} cm$
5	14,66	6,49	27,12	1	14516,3	-742	2,685	-0,297	2,388	0,165
				2	39167,7	-412	7,246	-0,445	6,8	0,173
				3	39167,7	134	-	0,145	7,39	0,189
				4	39167,7	578	-	0,624	7,87	0,20
4	19,64	12,87	66,22	1	14516,3	-847,5	4,895	-0,661	4,23	0,29
				2	55770,6	-545	18,1	-1,63	17,16	0,3
				3	-	32,5	-	0,097	18,89	0,34
				4	-	472,5	-	1,41	20,21	0,36
3	20,63	12,87	102,17	1	14516,3	-847,5	7,2	-1,02	6,18	0,426
				2	59073,3	-545	29,26	-2,17	26,56	0,45
				3	-	32,5	-	0,16	29,1	0,49
				4	-	472,5	-	2,31	26,95	0,46
2	25,67	24,79	139,72	1	14516,3	-913,5	7,9	-1,11	6,79	0,47
				2	75899,7	-583,5	41,31	-3,7	37,61	0,496
				3	-	-33,5	-	-0,21	41,1	0,54
				4	-	406,5	-	2,58	38,8	0,51
1	10,83	11,18	168,22	1	6881,1	-913,5	10,7	-1,4	9,3	1,35
				2	31520,8	-583,5	48,96	-4,1	44,86	1,42
				3	-	-33,5	-	-0,236	48,72	1,55
				4	-	406,5	-	2,863	51,82	1,64

- Effort tranchant revenant à chaque poteau:

$$t_{jx}^i = \frac{a_{ij} K_j^i}{D_j} T_{jx}$$

portiques longitudinaux:

portique 1-1

Niv	T_{jx}	D_j	Pot	D	C
1	9,3	342,2	$a_{ij} K_j$	17,11	17,11
			t_{ij}	4,65	4,65
2	6,79	338,4	$a_{ij} K_j$	169,2	169,2
			t_{ij}	3,4	3,4
3	6,18	338,4	$a_{ij} K_j$	169,2	169,2
			t_{ij}	3,1	3,1
4	4,23	338,4	$a_{ij} K_j$	169,2	169,2
			t_{ij}	2,12	2,12
5	2,39	338,4	$a_{ij} K_j$	169,2	169,2
			t_{ij}	1,2	1,2

Efforts trauchants revenant aux poteaux

Portique D-D'

NIV	T _j	D _j	Poteau	1	2	3	4
5	699	827	t _j	1,65	2,01	1,89	1,43
			q _j kp	196,2	238,5	223,1	169,2
4	1330	827	t _j	3,15	3,83	3,58	2,74
			q _j kp	196,2	238,5	223,1	169,2
3	2168	827	t _j	5,14	6,24	5,84	4,44
			q _j kp	196,2	238,5	223,1	169,2
2	2596	827	t _j	6,15	7,49	7,01	5,31
			q _j kp	196,2	238,5	223,1	169,2
1	1907	7606	t _j	4,62	5,21	4,95	4,29
			q _j kp	184,2	207,9	197,4	171,1

Portique B-B

NIV	T _j	D _j	Poteau	2	3	4
4	858	538,4	t _j	2,32	3,56	2,69
			q _j kp	146,1	223,1	169,2
3	1398	538,4	t _j	3,79	5,79	4,40
			q _j kp	146,1	223,1	169,2
2	1683	538,4	t _j	4,56	6,98	5,29
			q _j kp	146,1	223,1	169,2
1	1321	529	t _j	4,00	4,93	4,28
			q _j kp	160,5	197,4	171,1

Portique A-A'

NIV	T _j	D _j	Pot	2	3	4
2	1683	538,4	t _j	4,57	6,97	5,28
			q _j kp	146,4	223,1	169,2
1	1321	529	t _j	4,00	4,93	4,28
			q _j kp	160,5	197,4	171,1

Moments dans les poteaux

Portique B-B'

NIV	q ₀ x	t _j	k	y ₀	α ₁	y ₁	y = ε ₀	z = y ₁ h	M _{inf}	h-z	M _{sup}
4	2	2,36	1,25	0,45	1	0	0,45	1,47	3,47	1,78	4,20
	3	3,56	2,82	0,47	1	0	0,47	1,53	5,44	1,72	6,12
	4	2,69	1,57	0,45	1	0	0,45	1,47	3,95	1,78	4,78
3	2	3,79	1,25	0,46	1	0	0,46	1,50	5,68	1,75	6,63
	3	5,79	2,82	0,50	1	0	0,50	1,625	9,40	1,625	9,40
	4	4,40	1,57	0,47	1	0	0,47	1,53	6,74	1,72	7,56
2	2	4,56	1,25	0,50	1	0	0,50	1,625	7,41	1,625	7,41
	3	6,98	2,82	0,50	1	0	0,50	1,625	11,34	1,625	11,34
	4	5,29	1,57	0,50	1	0	0,50	1,625	8,59	1,625	8,59
1	2	4,00	1,84	0,61	1	0	0,61	2,89	12,37	1,86	7,44
	3	4,23	4,13	0,55	1	0	0,55	2,61	11,17	2,14	9,05
	4	4,28	2,29	0,57	1	0	0,57	2,70	11,55	2,05	8,77

portique 2-2:

			Pot	A	B	C	D	D'	C'	B'	A'
Niv	T _{ix}	D _j	a _{ikj}	171	202,6	202,6	207,9	207,9	202,6	202,6	171
1	44,36	1568,2	t _j	4,89	5,8	5,8	5,95	5,95	5,8	5,8	4,89
2	37,61	1769,2	a _{ikj}	169,2	234,6	234,6	246,2	246,2	234,6	234,6	169,2
			t _j	3,6	4,99	4,99	5,24	5,24	4,99	4,99	3,6
3	26,56	1377	a _{ikj}	X	207,7	234,6	246,2	246,2	234,6	207,7	X
			t _j	X	4	4,52	4,75	4,75	4,52	4	X
4	17,16	1300	a _{ikj}	X	169,2	234,6	246,2	246,2	234,6	169,2	X
			t _j	X	2,23	3,1	3,25	3,25	3,1	2,23	X
5	6,8	913	a _{ikj}	X	X	207,7	248,8	248,8	207,7	X	X
			t _j	X	X	1,55	1,85	1,85	1,55	X	X

portique 3-3

			Pot	A	B	C	D	D'	C'	B'	A'
Niv	T _{ix}	D _j	a _{ikj}	171	202,6	202,6	207,9	207,9	202,6	202,6	171
1	48,72	1568,2	t _j	5,31	6,29	6,29	6,46	6,46	6,29	6,29	5,31
2	41,1	1769,2	a _{ikj}	169,2	234,6	234,6	246,2	246,2	234,6	234,6	169,2
			t _j	3,93	5,45	5,45	5,72	5,72	5,45	5,45	3,93
3	29,1	1377	a _{ikj}	X	207,7	234,6	246,2	246,2	234,6	207,7	X
			t _j	X	4,39	4,96	5,2	5,2	4,96	4,39	X
4	18,89	1300	a _{ikj}	X	169,2	234,6	246,2	246,2	234,6	169,2	X
			t _j	X	2,46	3,4	3,6	3,6	3,4	2,46	X
5	7,39	913	a _{ikj}	X	X	207,7	248,8	248,8	207,7	X	X
			t _j	X	X	1,7	2	2	1,7	X	X

portique 4-4:

			Pot	A	B	C	D	D'	C'	B'	A'
Niv	T _{ix}	D _j	a _{ikj}	171	202,6	202,6	207,9	207,9	202,6	202,6	171
1	51,82	1568,2	t _j	5,65	6,7	6,7	6,86	6,86	6,7	6,7	5,65
2	38,8	1769,2	a _{ikj}	169,2	234,6	234,6	246,2	246,2	234,6	234,6	169,2
			t _j	3,71	5,14	5,14	5,4	5,4	5,14	5,14	3,71
3	26,95	1377	a _{ikj}	X	207,7	234,6	246,2	246,2	234,6	207,7	X
			t _j	X	4,1	4,6	4,82	4,82	4,6	4,1	X
4	20,21	1300	a _{ikj}	X	169,2	234,6	246,2	246,2	234,6	169,2	X
			t _j	X	2,63	3,65	3,83	3,83	3,65	2,63	X
5	7,87	913	a _{ikj}	X	X	207,7	248,8	248,8	207,7	X	X
			t _j	X	X	1,8	2,14	2,14	1,8	X	X

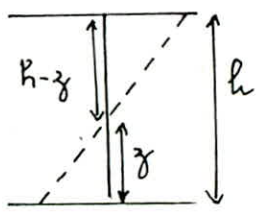
Portiques longitudinaux

CALCUL DES MOMENTS Dans Les poteaux SOUS LES EFFORTS HORIZONTEAUX

pour cela on doit déterminer :

1°) la position du point de moment nul z :

$$z = y \cdot h \quad \text{avec } y = (y_0 + y_1 + y_2 + y_3)$$



a) y_0 coefficient qui depend :

- du nombre totale de niveau
- du rang du niveau occupé par le poteau.
- de \bar{K} :

$$\bar{K} = \frac{\sum K_i}{\sum K_p} \quad \text{etage courant.}$$

$$\bar{K} = \frac{\sum K_i}{K_p} \quad \text{premier niveau.}$$

b) y_1 : terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire $\frac{I}{L}$ des poutres supérieures et inférieures.

donné en fonction de α_1 et \bar{K} :

$$\alpha_1 = \frac{K_s \text{ poutre super}}{K_i \text{ poutre infer}}$$

si $K_s > K_i$ on prendra $\alpha_1 = \frac{K_i}{K_s}$ et on affecte d'un (-) les valeurs de y_1 .

c) y_2 : terme de correction dû à la variation de hauteur d'étage supérieur adjacent, en fonction de α_2 et \bar{K} :

$$\alpha_2 = \frac{h_s}{h} \quad \begin{array}{l} h_s : \text{hauteur du poteau adjacent} \\ \text{superieur.} \\ h : \text{hauteur du poteau.} \end{array}$$

Rem: poteau du dernier niveau

$$y_2 = 0$$

d) y_3 : terme de correction dû à la variation d'hauteur d'étage inférieur adjacent, en fonction de α_3 et \bar{K} :

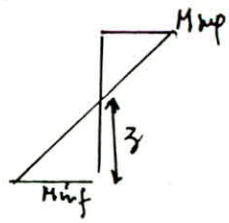
$$\alpha_3 = \frac{h_i}{h} \quad \begin{array}{l} h_i : \text{hauteur du poteau adjacent} \\ \text{inferieur.} \end{array}$$

Rem: au premier niveau: $y_3 = 0$.

2°) Calcul des moments au y_3 des poteaux :

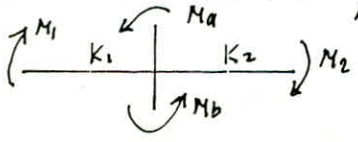
$$M_{sup} = t_{ij} (h_j - z)$$

$$M_{inf} = t_{ij} z$$



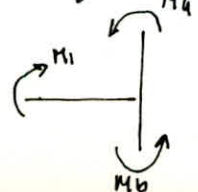
$$M_1 = M_a + M_b$$

3°) Moments dans les poutres :



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

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



Moments dans les poteaux

Portiques transversaux

Portique D-D' avec $y_2 = y_3 = 0$

N°	ρ_0^x	t_y	\bar{k}	y_0	α_1	y_1	$y = \varepsilon y_1$	$z = y h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}
5	1	1,76	2,09	0,40	1	0	0,40	1,30	2,29	1,95	3,43
	2	2,14	3,35	0,45	1	0	0,45	1,47	3,14	1,78	3,81
	3	2,00	2,82	0,44	1	0	0,44	1,43	2,86	1,82	3,64
	4	1,53	1,57	0,38	1	0	0,38	1,24	1,90	1,91	2,92
4	1	3,39	2,09	0,46	1	0	0,46	1,49	5,05	1,76	5,96
	2	4,13	3,35	0,50	1	0	0,50	1,625	6,71	1,625	6,71
	3	3,86	2,82	0,48	1	0	0,48	1,56	5,02	1,69	6,52
	4	2,95	1,57	0,45	1	0	0,45	1,47	4,33	1,78	5,25
3	1	5,48	2,09	0,5	1	0	0,5	1,625	8,90	1,625	8,90
	2	6,66	3,35	0,5	1	0	0,5	1,625	10,82	1,625	10,82
	3	6,24	2,82	0,5	1	0	0,5	1,625	10,14	1,625	10,14
	4	4,74	1,57	0,48	1	0	0,48	1,56	7,39	1,69	8,01
2	1	6,53	2,09	0,5	1	0	0,5	1,625	10,61	1,625	10,61
	2	7,93	3,35	0,5	1	0	0,5	1,625	12,88	1,625	12,88
	3	7,42	2,82	0,5	1	0	0,5	1,625	12,05	1,625	12,05
	4	5,63	1,57	0,5	1	0	0,5	1,625	9,15	1,625	9,15
1	1	5,15	3,06	0,55	1	0	0,55	2,60	13,38	2,15	11,06
	2	5,77	4,89	0,55	1	0	0,55	2,60	15,01	2,15	12,39
	3	5,48	4,13	0,55	1	0	0,55	2,60	14,25	2,15	11,76
	4	4,72	2,29	0,58	1	0	0,58	2,74	12,96	2,01	9,44

Portique A-A' $y_2 = y_3 = 0$

N°	ρ_0^x	t_y	\bar{k}	y_0	α_1	y_1	$y = \varepsilon y_1$	$z = y h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}
2	2	4,57	1,25	0,5	1	0	0,5	1,625	7,42	1,625	7,42
	3	6,97	2,82	0,5	1	0	0,5	1,625	11,32	1,625	11,32
	4	5,28	1,57	0,5	1	0	0,5	1,625	8,58	1,625	8,58
1	2	4,00	1,84	0,62	1	0	0,62	2,94	11,78	1,81	7,24
	3	4,93	4,13	0,55	1	0	0,55	2,61	12,88	2,14	10,55
	4	4,28	2,29	0,59	1	0	0,59	2,80	11,98	1,95	8,33

Portiques longitudinaux

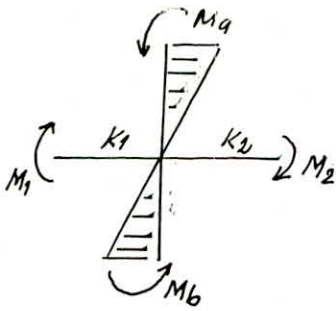
11/35

portique 3-3:

Niv	Pot	t_j	\bar{K}	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$y = \sum y_i$	$z = y \cdot h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}
1	A=A'	5,31	2,29	0,586	X	0	0,68	0	X	0	0,586	2,78	14,76	1,97	10,46
	B=B'	6,29	4,59	0,55	X	0	-	0	X	0	0,55	2,61	16,42	2,14	13,46
	C=C'	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
	D=D'	6,46	5,35	-	X	-	-	-	X	-	-	-	16,86	-	13,82
2	A=A'	3,93	1,57	0,50	1	0	0	0	1,46	0	0,50	1,625	6,38	1,625	6,38
	B=B'	5,45	3,14	-	1	-	1	-	-	-	-	-	8,86	-	8,86
	C=C'	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	D=D'	5,72	3,66	-	1	-	-	-	-	-	-	-	9,3	-	9,3
3	B=B'	4,39	2,35	0,50	0,5	0,05	1	0	1	0	0,55	1,79	7,86	1,46	6,4
	C=C'	4,96	3,14	-	-	0	-	0	-	-	0,50	1,625	8,06	1,625	8,06
	D=D'	5,2	3,66	-	-	0	-	0	-	-	0,50	1,625	8,45	1,625	8,45
4	B=B'	2,46	1,57	0,45	1	0	0	0	1	0	0,45	1,46	3,6	1,79	4,4
	C=C'	3,4	3,14	0,50	-	-	1	-	-	-	0,50	1,625	5,52	1,625	5,52
	D=D'	3,6	3,66	0,50	-	-	1	-	-	-	0,50	-	5,9	-	5,9
5	C=C'	1,7	2,35	0,417	0,50	0,05	-	0	1	0	0,467	1,52	2,6	1,73	2,94
	D=D'	2	3,66	0,45	1	0	-	-	-	-	0,45	1,46	2,92	1,79	3,58

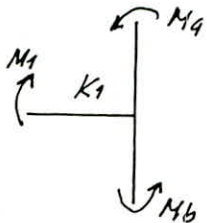
portique 4-4:

Niv	Pot	t_j	\bar{K}	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$y = \sum y_i$	$z = y \cdot h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}
1	A=A'	5,65	2,29	0,586	X	0	0,68	0	X	0	0,586	2,78	15,7	1,97	11,13
	B=B'	6,7	4,59	0,55	X	-	-	-	X	-	0,55	2,61	17,5	2,14	14,34
	C=C'	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-	-	-	-	-
	D=D'	6,86	5,35	-	X	-	-	-	X	-	-	-	17,9	-	14,7
2	A=A'	3,71	1,57	0,50	1	0	0	0	1,46	0	0,50	1,625	6,03	1,625	6,03
	B=B'	5,14	3,14	-	-	-	1	-	-	-	-	-	8,35	-	8,35
	C=C'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D=D'	5,4	3,66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8,8	-	8,8
3	B=B'	4,1	2,35	0,50	0,50	0,05	1	0	1	0	0,55	1,79	7,34	1,46	5,98
	C=C'	4,6	3,14	-	1	0	-	-	-	-	0,50	1,625	7,5	1,625	7,5
	D=D'	4,82	3,66	-	1	0	-	-	-	-	-	-	7,84	-	7,84
4	B=B'	2,63	1,57	0,45	1	0	0	0	1	0	0,45	1,46	3,84	1,79	4,7
	C=C'	3,65	3,14	0,50	-	-	1	-	-	-	0,50	1,625	5,93	1,625	5,93
	D=D'	3,83	3,66	0,50	-	-	1	-	-	-	-	-	6,2	-	6,2
5	C=C'	1,8	2,35	0,417	0,50	0,05	-	0	1	0	0,467	1,52	2,74	1,73	3,11
	D=D'	2,14	3,66	0,45	1	0	-	-	-	-	0,45	1,46	3,12	1,79	3,84



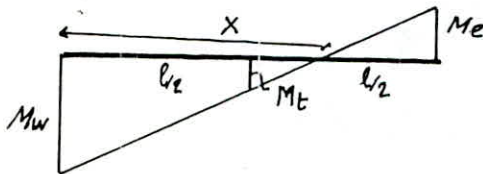
$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_A + M_B)$$

$$M_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} (M_A + M_B)$$



$$K_2 = 0 \quad ; \quad M_1 = (M_A + M_B)$$

Moments en travée:



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

$$\frac{x - l_1}{M_t} = \frac{x}{M_w} \Rightarrow M_t = \frac{M_w (x - l_1)}{x} \quad (2)$$

$$(1) \text{ et } (2) \Rightarrow \boxed{M_t = -\frac{M_e + M_w}{2}}$$

EFFORTS Tranchant:

A partir des moments dans les poutres on peut calculer les efforts tranchants pour une travée indépendante.

$$M = ax + b \quad T = \frac{dM}{dx} = a$$

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

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

d'où

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

EFFORT Normal:

pour un nœud (i), l'effort normal dans les poteaux sera:

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

Remarque:

$N > 0 \rightarrow$ compression.

$N < 0 \rightarrow$ traction.

Moments dans les poutres

Portiques transversaux

Portique D-D

Portique B-B

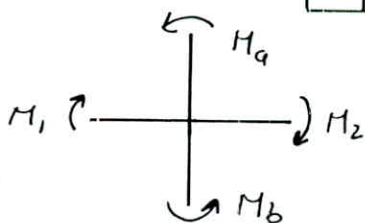
NIV	Noeud	$M_a = M_s$	$M_b = M_c$	$M_1 = M_w$	$M_2 = M_e$
5	1	0	3,18	0	3,18
	2	0	3,54	2,21	1,33
	3	0	3,38	1,50	1,88
	4	0	2,69	2,69	0
4	1	2,12	5,49	0	7,61
	2	2,92	6,17	5,68	3,41
	3	2,66	6,00	3,85	4,81
	4	1,75	4,82	6,57	0
3	1	4,65	8,27	0	12,92
	2	6,17	10,05	10,13	6,09
	3	5,54	9,41	8,64	8,31
	4	3,98	7,43	11,41	0
2	1	8,27	9,96	0	18,23
	2	10,05	12,12	13,86	8,31
	3	9,41	11,34	9,23	11,52
	4	6,86	8,59	15,45	0
1	1	9,96	9,88	0	19,84
	2	12,12	11,15	14,54	8,73
	3	11,34	10,58	9,75	12,17
	4	8,59	8,56	17,15	0

NIV	Noe	M_a	M_b	M_1	M_2
4	2	0	4,20	0	4,20
	3	0	6,12	2,72	3,40
	4	0	4,78	4,78	0
3	2	3,47	6,63	0	10,10
	3	5,44	9,40	6,60	8,24
	4	3,95	7,56	11,51	0
2	2	5,68	7,41	0	13,09
	3	9,40	11,34	9,23	11,51
	4	6,74	8,59	15,33	0
1	2	7,41	7,44	0	14,85
	3	11,34	9,05	9,07	11,32
	4	8,59	8,77	17,36	0

Portique A-A

NIV	Noe	M_a	M_b	M_1	M_2
2	2	0	7,42	0	7,42
	3	0	11,32	5,03	6,28
	4	0	8,58	8,58	0
1	2	7,42	7,24	0	14,66
	3	11,32	10,55	9,73	12,74
	4	8,58	8,33	16,93	0

Notations :



Portique B-B

Portique A-A

NIV	Noe	M_a	M_b	M_1	M_2
4	2	0	5,05	0	5,05
	3	0	7,44	3,31	4,13
	4	0	5,85	5,85	0
3	2	4,17	7,59	0	11,76
	3	6,62	10,77	7,74	9,65
	4	4,83	8,63	13,46	0
2	2	6,51	8,40	0	14,91
	3	10,77	12,83	10,5	13,10
	4	7,68	9,75	17,43	0
1	2	8,40	9,09	0	17,49
	3	12,83	12,86	11,43	14,26
	4	9,75	10,68	20,43	0

NIV	Noe	M_a	M_b	M_1	M_2
2	2	0	8,82	0	8,82
	3	0	13,45	5,98	7,97
	4	0	10,18	10,18	0
1	2	8,32	9,63	0	18,45
	3	13,45	14,00	12,21	15,24
	4	10,18	11,05	21,23	0

portique 2-2:

Niv	Noeud	M _S	M _i	M ₁	M ₂
5	C	0	2,7	0	2,7
	D	0	3,31	1,42	1,89
	D'	0	3,31	1,89	1,42
	C'	0	2,7	2,7	0
4	B	0	4	0	4
	C	2,36	5,04	3,7	3,7
	D	2,7	5,28	3,42	4,56
	D'	2,7	5,28	4,56	3,42
	C'	2,36	5,04	3,7	3,7
	B'	0	4	4	0
3	B	3,26	5,84	0	9,1
	C	5,04	7,34	6,19	6,19
	D	5,28	7,72	5,6	7,43
	D'	5,28	7,72	7,43	5,6
	C'	5,04	7,34	6,19	6,19
	B'	3,26	5,84	9,1	0
2	A	0	5,85	0	5,85
	B	7,16	8,1	7,63	7,63
	C	7,34	8,1	7,72	7,72
	D	7,72	8,51	6,96	9,28
	D'	7,72	8,51	9,28	6,96
	C'	7,34	8,1	7,72	7,72
	B'	7,16	8,1	7,63	7,63
	A'	0	5,85	5,85	0
1	A	5,85	9,63	0	15,48
	B	8,1	12,41	10,26	10,26
	C	8,1	12,41	10,26	10,26
	D	8,51	12,73	9,1	12,14
	D'	8,51	12,73	12,14	9,1
	C'	8,1	12,41	10,26	10,26
	B'	8,1	12,41	10,26	10,26
A'	5,85	9,63	15,48	0	

portique 1-1

Niv	Noeud	M _S	M _i	M ₁	M ₂
5	D	0	2,42	0	2,42
	C	0	2,42	2,42	0
4	D	1,48	3,8	0	5,28
	C	1,48	3,8	5,28	0
3	D	3,1	5,24	0	8,34
	C	3,1	5,24	8,34	0
2	D	4,84	5,52	0	10,36
	C	4,84	5,52	10,36	0
1	D	5,52	9,16	0	14,68
	C	5,52	9,16	14,68	0

portique 4-4:

Niv	Noeud	M _S	M _i	M ₁	M ₂
5	C	0	2,94	0	2,94
	D	0	3,58	1,53	2,05
4	B	0	4,4	0	4,4
	C	2,6	5,52	4,06	4,06
	D	2,92	5,9	3,8	5,04
3	B	3,6	6,4	0	10
	C	5,52	8,06	6,79	6,79
	D	5,9	8,45	6,15	8,2
2	A	0	6,38	0	6,38
	B	7,86	8,86	8,36	8,36
	C	8,06	8,86	8,46	8,46
	D	8,45	9,3	10,14	7,6
1	A	6,38	10,46	0	16,84
	B	8,86	13,46	11,16	11,16
	C	-	-	-	-
	D	9,3	13,82	9,91	13,21

Moments en travee et effort tranchant dans les poutres

Portiques transversaux:

Portique D-D'

N°	Portée	M _w	M _e	M _t	T [F]
5	1-2	3,43	2,38	+0,52	-1,76
	2-3	1,43	1,62	-0,09	-0,55
	3-4	2,02	2,92	-0,45	-1,12
4	1-2	8,25	6,35	0,95	-4,42
	2-3	3,70	4,17	-0,23	-1,43
	3-4	5,21	7,15	-0,97	-2,81
3	1-2	13,95	10,95	1,50	-7,54
	2-3	6,58	7,19	-0,30	-2,50
	3-4	8,97	12,34	-1,68	-4,84
2	1-2	19,51	14,81	2,35	-10,30
	2-3	8,89	9,87	-0,49	-5,41
	3-4	12,32	16,54	-2,11	-6,56
1	1-2	21,67	15,79	2,94	-11,35
	2-3	9,48	10,60	-0,56	-3,65
	3-4	13,21	18,59	-2,69	-7,22

Portique B-B'

N°	Portée	M _w	M _e	M _t	T [F]
4	2-3	5,05	3,31	0,87	-1,52
	3-4	4,13	5,85	-0,86	-2,26
3	2-3	11,76	7,74	2,01	-3,54
	3-4	9,65	13,46	-1,90	-5,25
2	2-3	14,91	10,50	2,20	-4,53
	3-4	13,10	17,43	-2,10	-6,93
1	2-3	17,49	11,43	3,03	-5,25
	3-4	14,16	20,43	-3,08	-7,9

Portique A-A'

N°	Portée	M _w	M _e	M _t	T [F]
2	2-3	8,82	5,98	1,42	-2,69
	3-4	7,97	10,18	-1,10	-4,12
1	2-3	18,45	12,21	3,12	-5,57
	3-4	15,24	21,23	-2,99	-7,60

portiques longitudinaux Portique 3-3.

N°	Portée	M _w	M _e	M _t	T [F]
5	C-D	2,94	+1,53	0,705	-1,02
	D-D'	2,05	2,05	0	-1,24
	D'-C'	1,53	+2,94	-0,705	-1,02
	B-C	4,40	4,06	0,17	-1,92
4	C-D	4,06	3,80	0,13	-1,79
	D-D'	5,04	5,04	0	-3,05
	D'-C'	3,8	4,06	-0,13	-1,79
	C-B	4,06	4,4	-0,17	-1,92
3	B-C	10	6,79	1,605	-3,82
	C-D	6,79	6,15	0,32	-2,94
	D-D'	8,20	8,20	0	-4,97
	D'-C'	6,15	6,79	0,32	-2,94
2	C-B'	6,79	10	-1,605	-3,82
	A-B	5,85	7,63	-0,89	-3,06
	B-C	7,63	7,72	-0,045	-3,5
	C-D	7,72	6,96	0,38	-3,34
1	D-D'	9,28	9,28	0	-5,62
	D'-C'	6,96	7,72	-0,38	-3,34
	C-B'	7,72	7,63	0,045	-3,50
	B'-A'	7,63	5,85	0,89	-3,06
1	A-B	15,84	14,26	2,84	-6,40
	B-C	17,76	14,26	0	-4,7
	C-D	14,76	9,91	0,625	-4,8
	D-D'	13,21	13,21	0	-8
1	D'-C'	9,91	11,16	-0,625	-4,8
	C'-B'	11,16	11,16	0	-5,07
1	B'-A'	11,16	16,84	-2,84	6,36

Calcul de M_e et T dans les poutres

portique 4-4 :

Portique 1-1					
Niv	travé	M_w	M_e	M_t	T
5	D-c	2,42	2,42	0	-1,1
4	D-c	5,28	-5,28	0	-2,4
3	D-c	8,34	-8,34	0	-3,79
2	D-c	10,36	-10,36	0	-4,71
1	D-c	14,68	-14,68	0	-6,67

Niv	Noeud	M_5	M_i	M_1	M_2
5	C	0	3,11	0	3,11
	D	0	3,84	1,65	2,19
4	B	0	4,7	0	4,7
	C	2,74	5,93	4,34	4,34
4	D	3,12	6,2	4	5,33
	B	3,84	5,98	0	9,82
3	C	5,93	7,5	6,71	6,71
	D	6,2	7,84	6,02	8,02
2	A	0	6,03	0	6,03
	B	7,34	8,35	7,85	7,85
	C	7,5	8,35	7,93	7,93
	D	7,84	8,8	7,13	9,51
1	A	6,03	11,13	0	17,16
	B	8,35	14,34	11,35	11,35
	C	8,35	14,34	11,35	11,35
	D	8,8	14,7	10,07	13,43

Portique 2-2					
Niv	trav	M_w	M_e	M_t	T
5	C-D	2,7	-1,89	0,405	-1,04
	D-D'	1,89	-1,89	0	-1,15
	D'-C'	1,42	-2,7	-0,64	-0,94
4	B-C	4	-3,7	0,15	-1,75
	C-D	3,7	-3,42	0,14	-1,62
	D-D'	4,56	-4,56	0	-2,76
	D'-C'	3,42	-3,7	-0,14	-1,62
	C'-B'	3,7	-4	-0,15	-1,75
3	B-C	9,1	-6,19	1,46	-3,5
	C-D	6,19	-5,6	0,295	-2,7
	D-D'	7,43	-7,43	0	-4,5
	D'-C'	5,6	-6,19	-0,295	-2,7
	C'-B'	6,19	-9,1	-1,46	-3,5
2	A-B	5,85	-7,63	-0,89	-3,06
	B-C	7,63	-7,72	-0,045	-3,5
	C-D	7,72	-6,96	0,38	-3,34
	D-D'	9,28	-9,28	0	-5,62
	D'-C'	6,96	-7,72	0,38	-3,34
	C'-B'	7,72	-7,63	0,045	-3,5
	B'-A'	7,63	-5,85	0,89	-3,06
	A-B	15,48	-10,26	2,61	-5,85
1	B-C	10,26	-10,26	0	-4,7
	C-D	10,26	-9,1	0,58	-4,4
	D-D'	12,14	12,14	0	-7,36
	D'-C'	9,1	-10,26	-0,58	-4,4
	C'-B'	10,26	-10,26	0	-4,7
	B'-A'	10,26	-15,48	-2,61	-5,85

Portique 3-3					
Niv	trav	M_w	M_e	M_t	T
5	C-D	2,94	-1,53	0,705	-1,02
	D-D'	2,05	-2,05	0	-1,24
	D'-C'	1,53	-2,94	-0,705	-1,02
4	B-C	4,4	-4,06	0,17	-1,92
	C-D	4,06	-3,8	0,13	-1,79
	D-D'	5,04	-5,04	0	-3,05
	D'-C'	3,8	-4,06	-0,13	-1,79
	C'-B'	4,06	-4,4	-0,17	-1,92
3	B-C	10	-6,79	1,605	-3,82
	C-D	6,79	-6,15	0,32	-2,94
	D-D'	8,2	-8,2	0	-4,97
	D'-C'	6,15	-6,79	-0,32	-2,94
2	C'-B'	6,79	-10	-1,605	-3,82
	A-B	6,38	-8,32	-0,99	-3,35
	B-C	8,36	-8,46	-0,05	-3,82
	C-D	8,46	-7,6	0,43	-3,65
	D-D'	10,14	-10,14	0	-6,14
	D'-C'	7,6	-8,46	-0,43	-3,65
	C'-B'	8,46	-8,36	0,05	-3,82
	B'-A'	8,36	-6,38	0,99	-3,35
1	A-B	16,84	-11,16	2,84	-6,4
	B-C	11,16	-11,16	0	-5,07
	C-D	11,16	-9,91	0,625	-4,8
	D-D'	13,21	-13,21	0	-8
	D'-C'	9,91	-11,16	-0,625	-4,8
	C'-B'	11,16	-11,16	0	-5,07
	B'-A'	11,16	-16,84	-2,84	-6,4

Efforts normaux dans les poteaux

portique transversal D-D'

portique longitudinal 3-3

NIV	R ^x	T _w	T _e	N	N _c
5	1	0	-1,76	1,76	1,76
	2	-1,76	-0,55	-1,21	-1,21
	3	-0,55	-1,12	+0,57	0,57
	4	-1,12	0	-1,12	-1,12
4	1	0	-4,42	4,42	6,18
	2	-4,42	-1,42	-3,00	-4,21
	3	-1,42	-2,81	1,39	1,96
	4	-2,81	-2,81	-2,81	-3,93
3	3	0	-7,54	7,54	13,72
	2	-7,54	-2,50	-5,04	-9,25
	3	-2,50	-4,84	2,34	4,30
	4	-4,84	0	-4,84	-8,77
2	1	0	-10,30	10,30	24,02
	2	-10,30	-3,41	-6,89	-16,14
	3	-3,41	-6,56	3,15	7,45
	4	-6,56	0	-6,56	-15,33
1	1	0	-11,35	11,35	35,37
	2	-11,35	-3,65	-7,70	-23,84
	3	-3,65	-7,22	3,57	11,02
	4	-7,22	0	-7,22	-22,55

NIV	R ^x	T _w	T _e	N	N _c
5	C	0	-1,02	1,02	1,02
	D	-1,02	-1,24	0,22	0,22
	D'	-1,24	-1,02	-0,22	-0,22
	C'	-1,02	0	-1,02	-1,02
4	B	0	-1,92	1,92	1,92
	C	-1,92	-1,79	-0,13	0,89
	D	-1,79	-3,05	1,26	1,48
	D'	-3,05	-1,79	-1,26	-1,48
3	C'	-1,79	-1,92	0,13	-0,89
	B'	-1,92	0	-1,92	-1,92
	B	0	-3,82	3,82	5,74
	C	-3,82	-2,94	-0,88	0,01
2	D	-2,94	-4,97	2,03	3,51
	D'	-4,97	-2,94	-2,03	-3,51
	C'	-2,94	-3,82	0,88	-0,01
	B'	-3,82	0	-3,82	-5,74
1	A	0	-3,06	3,06	3,06
	B	-3,06	-3,50	0,44	6,20
	C	-3,50	-3,34	-0,16	-0,15
	D	-3,34	-5,62	2,28	5,79
	D'	-5,62	-3,34	-2,28	-5,79
	C'	-3,34	-3,50	0,16	0,15
	B'	-3,50	-3,06	-0,44	-6,20
	A'	-3,06	0	-3,06	-3,06
1	A	0	-6,40	6,40	9,46
	B	-6,40	-5,07	-1,33	4,87
	C	-5,07	-4,80	0,33	0,18
	D	-4,80	-8,00	3,20	8,99
	D'	-8,00	-4,80	-3,20	-8,99
	C'	-4,80	-5,07	-0,33	-0,18
	B'	-5,07	-6,36	1,33	-4,87
	A'	-6,36	0	-6,36	-9,46

Remarque:

on se contente de donner les résultats des calculs pour les différentes sollicitations pour un portique transversal (D-D') et un portique longitudinal (3-3) qui sont les plus sollicités, de la même manière on calcule les autres portiques dont les résultats sont exposés dans l'annexe.

Verification au renversement

49

le principe de la verification se base sur le rapport M_{res} et qui doit etre superieur ou egal à 1,5

$$M_{reu} = M_{cousol} + \text{eff. trauch.} \times Z$$

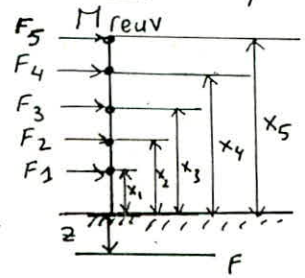
$$M_{cous} = \sum_{i=1}^5 F_i X_i$$

$$T \cdot z = \sum F_i \times z \quad z: \text{au crage} = 1,50 \text{ m}$$

$$M_{res} = b \cdot \sum_{i=1}^5 W_i \quad W_i: \text{poids du plancher } i$$

$$b = \begin{cases} Lx/2 & \text{seus longitudinal} & b = 30/2 = 15 \text{ m} \\ Ly/2 & \text{seus transversal} & b = 14,35/2 = 7,175 \text{ m} \end{cases}$$

$$\sum W_i = 1511 \text{ t} : \text{poids total du batiment.}$$



Seus	Longitudual					Transversal					
	NIV	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
F_i		27,12	39,1	35,95	37,55	28,5	27,6	42,3	44	56,9	58,9
X_i		16,25	13	9,75	6,50	3,25	16,25	13,00	9,75	6,50	3,25
$F_i X_i$		440,7	508,3	350,5	244	92,6	448,5	549,9	429	369,8	191,4
T		168,2					229,7				
M_{cous}		1636,1					1988,6				
T.z		252,3					344,55				
M_{ren}		1888,4					2333,15				
M_{res}		22665					10841,4				
$\frac{M_{res}}{M_{reu}}$		12,00					4,64				

on conclut que notre batiment resiste bien au renversement et dans les 2 seus.

Deformations horizontales

Deplacement relatif d'etage: (RPA 81 art 3.3.7.1)

$$\bar{\delta}_j = \bar{\sigma}_j / R_{\delta_j} \cdot 2B \quad B = 1/4$$

Deplacement admissible

$$\bar{\delta}_j = 0,0075 h_e \quad h_e: \text{hauteur d'etage}$$

NIVEAU	5	4	3	2	1
$\delta_{max} [cm]$	0,209	0,450	0,690	0,860	1,150
$\bar{\delta} [cm]$	1,218	1,218	1,218	1,218	1,218

DEFORMATIONS HORIZONTALES

43

Le calcul des déplacements horizontaux est dans le but d'éviter la procréation du désordre dans les éléments de remplissage.
Donc la limitation de déplacements horizontaux est indispensable.

Déplacement relatif d'étage : (R.P.A.81 art 3.3.7.1)

$$\delta_j = \frac{E_j}{R_{jy}} \cdot 2B$$

E_j : effort tranchant du niv. j
 R_{jy} : rigidité de niveau j
 déplacement admissible :
 $\bar{\delta}_j = 0,0075 h_e$ h_e : hauteur d'étage

Après avoir calculé les déplacements dans chaque direction, ils seront comparés aux déplacement admissible, les résultats seront exposés dans ce tableau:

Sens	Longitudinal				Transversal				
	NIV	R_{jx} [kg/c]	E_{jx} [kg]	δ_{jx} [cm]	$\bar{\delta}_{jx}$ [cm]	R_{jy} [kg/c]	E_{jy} [kg]	δ_{jy} [cm]	$\bar{\delta}_{jy}$ [cm]
	5 ^e	146600	27120	0,37	2,43	141924,8	27600	0,38	2,43
	4	196400	66220	0,67	2,43	188119,4	69900	0,71	2,43
	3	206300	102170	0,99	2,43	188119,4	113900	1,21	2,43
	2	256700	139720	1,08	2,43	234314	170800	1,45	2,43
	1	108300	168220	1,55	2,43	184456,4	229200	1,86	2,43

On remarque qu'il n'y a pas de risque de déplacements importants de niveaux car le déplacement admissible n'est pas dépassé.

ETUDE DES PORTIQUES SOUS LES CHARGES VERTICALES

La méthode de calcul utilisée en vue de déterminer les efforts dans les portiques sous les charges verticales est la méthode de Caquot. Cette méthode est exposée dans le C.C.I.A.68 (P. 139) en Annexe A.

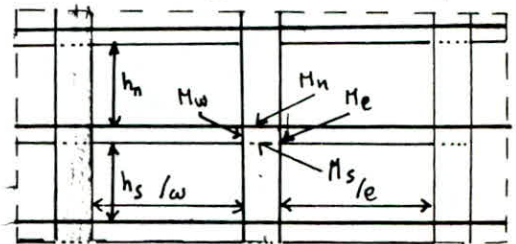
Conditions d'application :

La méthode est appliquée pour des planchers nervurés et des poutres associées à des hourdis et surtout pour des planchers à fortes surcharges ($S > 1,5G$). L'application de la méthode suppose que les moments d'inertie des poteaux sont constants, tout en négligeant les déplacements horizontaux relatifs des planchers.

Le principe consiste à choisir un nœud et à déterminer les moments :

de gauche M_w , de droite M_e , supérieur M_n et inférieur M_s .

ou détache de chaque côté des nœuds des travées de longueurs fictives :



travée intermédiaire : $P_w = 0,8 P_w$ l_w : portée libre de la travée de gauche.
 $P_e = 0,8 P_e$ l_e : portée libre de la travée de droite

travée de rive : nœud de rive

$$P_w = 0,8 P_w \quad P_e = 0,8 P_e$$

nœud voisin de rive de gauche :

$$P_w = \chi P_w \quad \chi = \begin{cases} 0,8 & \text{pour } k_s + k_n \geq 1,5 k_e \\ 1 - (k_s + k_n) / 7,5 k_e & k_s + k_n < 1,5 k_e \end{cases}$$

nœud voisin de rive de droite

$$P_e = \chi P_e \quad \chi = \begin{cases} 0,8 & k_s, k_n \geq 1,5 k_w \\ 1 - (k_s + k_n) / 7,5 k_w & k_s + k_n < 1,5 k_w \end{cases}$$

avec $k_w = I_w / P_w$ $k_s = I_s / h_s$ $k_e = I_e / P_e$ $k_n = I_n / h_n$

$h_n = 0,9 h_n$ si le nœud est à l'avant dernier plancher

$h_s = 0,8 h_s$ autres cas

$$h_s = 0,8 h_s$$

h_n : hauteur libre

Moments aux nœuds :

Moment fictifs $M_w = q_w P_w^2 / 8,5$ $M_e = q_e P_e^2 / 8,5$

* les moments aux nus des appuis sont en valeur absolue.

Au nu d'appui dans la travée de gauche : $M_w = M_e k_w / D + M_w (1 - k_w / D)$

" " " " droite $M_e = M_w k_e / D + M_e (1 - k_e / D)$

inférieur des poutres : $M_s = k_s (M_e - M_w) / D$

" supérieur " $M_n = k_n (M_e - M_w) / D$

Travée de rive : nœud de rive : gauche :

gauche : $M_e = M_e (1 - k_e / D)$ $M_s = M_e k_s / D$ $M_n = M_e k_n / D$

droite : $M_w = M_w (1 - k_w / D)$ $M_s = M_w k_s / D$ $M_n = M_w k_n / D$

Nœud voisin du nœud de rive :

$$M_w = M_e k_w / D + M_w (1 - k_w / D) \quad M_s = k_s (M_e - M_w) / D$$

$$M_e = M_e (1 - k_e / D) + M_w k_e / D \quad M_n = k_n (M_e - M_w) / D$$

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

Efforts tranchants dans les poteaux, efforts normaux dans les poutres

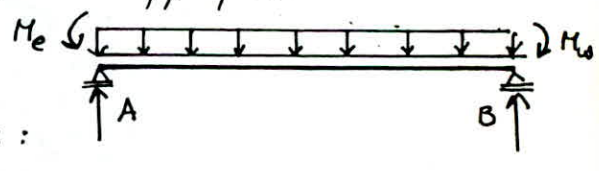
Par simplification on ne tient pas compte dans les calculs des efforts tranchants dans les poteaux, normaux dans les poutres (C.C.BA 68, Annexe A: A15,

Efforts tranchants dans les poutres :

conformement à l'annexe A.13 du C.C.BA 68, les efforts tranchants sont calculés en considérant la travée indépendante et en tenant compte des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée:

$$A : T = q\ell/2 + (M_e - M_w)/\ell$$

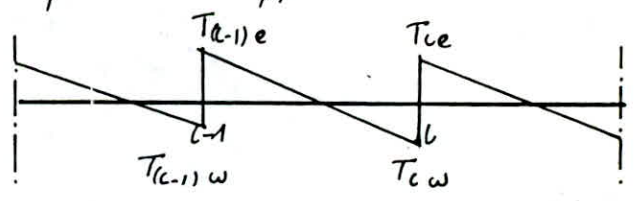
$$B : T = -q\ell/2 + (M_e - M_w)/\ell$$



Efforts normaux dans les poteaux :

les efforts normaux sont déduits à partir des efforts tranchants dans les poutres

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



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

$$N_c = T_{(c)e} - T_{(c)w}$$

Remarques : $T_{(c-1)e}$, $T_{(c-1)w}$, $T_{(c)e}$, $T_{(c)w}$ sont en valeurs algébriques
 $N > 0$ effort de compression
 $N < 0$ effort de traction

Charges verticales :

- sous G :
- poids du plancher revenant à la poutre considérée d'après la théorie des lignes de rupture.
 - poids propre des poutres
 - poids des cloisons

sous P : les surcharges évaluées à 175 kg/m² et en tenant compte de la règle de dégression et la surface totale revenant à la poutre.

Caracteristiques geometriques

(4) ~~amers~~

Portique D-D

NIV	Noe	f_w	f_e	h_n	h_s	$I_w \cdot 10^{-3}$	$I_e \cdot 10^{-3}$	$I_u \cdot 10^{-3}$	$I_s \cdot 10^{-3}$	P_w	P_e	h'_n	h'_s	$k_w \cdot 10^{-3}$	$k_e \cdot 10^{-3}$	$k_u \cdot 10^{-3}$	$k_s \cdot 10^{-3}$	D	χ
5	1	0	2,95	0	2,80	/	2,6	/	1,25	/	2,36	/	2,24	/	1,1	/	0,86	1,96	0,896
	2	2,95	5,15	0	2,80	2,6	2,6	/	1,25	2,64	4,12	/	2,24	1,1	0,63	/	0,55	2,28	
	3	5,15	4,05	0	2,80	2,6	2,6	/	1,25	4,12	3,24	/	2,24	0,63	0,80	/	0,55	1,98	
	4	4,05	0	0	2,80	2,6	/	/	1,25	3,24	/	/	2,24	0,80	/	/	0,55	1,35	
4	1	/	2,95	2,80	2,80	/	2,6	1,25	1,25	/	2,36	2,52	2,24	/	1,1	0,49	0,56	2,15	0,87
	2	2,95	5,15	2,80	2,80	2,6	2,6	1,25	1,25	2,56	4,12	2,52	2,24	1,01	0,63	0,49	0,56	2,69	
	3	5,15	4,05	2,80	2,80	2,6	2,6	1,25	1,25	4,12	3,34	2,52	2,24	0,63	0,77	0,49	0,56	2,45	
	4	4,05	/	2,80	2,80	2,6	/	1,25	1,25	3,24	/	2,52	2,24	0,80	/	0,49	0,56	1,84	0,825
3 2 1	1	/	2,95	2,8	2,8	/	2,6	1,25	1,25	/	2,36	2,24	2,24	/	1,1	0,56	0,56	2,22	0,864
	2	2,95	5,15	2,8	2,8	2,6	2,6	1,25	1,25	2,55	4,12	2,24	2,24	1,02	0,63	0,56	0,56	2,77	
	3	5,15	4,05	2,8	2,8	2,6	2,6	1,25	1,25	4,12	3,28	2,24	2,24	0,63	0,8	0,56	0,56	2,55	
	4	4,05	/	2,8	2,8	2,6	/	1,25	1,25	3,24	/	2,24	2,24	0,80	/	0,56	0,56	1,92	0,81

Portique B-B

NIV	Noe	f_w	f_e	h_n	h_s	$I_w \cdot 10^{-3}$	$I_e \cdot 10^{-3}$	$I_u \cdot 10^{-3}$	$I_s \cdot 10^{-3}$	P_w	P_e	h'_n	h'_s	$k_w \cdot 10^{-3}$	$k_e \cdot 10^{-3}$	$k_u \cdot 10^{-3}$	$k_s \cdot 10^{-3}$	D	χ
4	2	/	5,15	/	2,8	/	2,6	/	1,25	/	4,12	/	2,24	/	0,63	/	0,56	1,19	
	3	5,15	4,05	/	2,8	2,6	2,6	/	1,25	4,12	3,24	/	2,24	0,63	0,80	/	0,56	1,99	
	4	4,05	/	/	2,8	2,6	/	/	1,25	3,24	/	/	2,24	0,80	/	/	0,56	1,36	
3	2	/	5,15	2,8	2,8	/	2,6	1,25	1,25	/	4,12	2,52	2,24	/	0,63	0,49	0,56	1,68	
	3	5,15	4,05	2,8	2,8	2,6	2,6	1,25	1,25	4,12	3,24	2,52	2,24	0,63	0,8	0,49	0,56	2,48	
	4	4,05	/	2,8	2,8	2,6	/	1,25	1,25	3,24	/	2,52	2,24	0,80	/	0,49	0,56	1,85	
2 1	2	/	5,15	2,8	2,8	/	2,6	1,25	1,25	/	4,12	2,24	2,24	/	0,63	0,56	0,56	1,75	
	3	5,15	4,05	2,8	2,8	2,6	2,6	1,25	1,25	4,12	3,24	2,24	2,24	0,63	0,80	0,56	0,56	2,5	
	4	4,05	/	2,8	2,8	2,6	/	1,25	1,25	3,24	/	2,24	2,24	0,80	/	0,56	0,56	1,92	

4

4

portique longitudinale 2-2:

NIV	NOUW	l_w	l_e	h_{11}	h_{12}	$I_w \cdot 10^3$	$I_e \cdot 10^3$	$I_{11} \cdot 10^3$	$I_{12} \cdot 10^3$	l'_w	l'_e	h'_{11}	h'_{12}	$K_w \cdot 10^3$	$K_e \cdot 10^3$	$K_{11} \cdot 10^3$	$K_{12} \cdot 10^3$	$D \cdot 10^3$	X
5	C	4,05	4,05	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,24	3,24	2,28	2,28	0,578	0,578	0,548	0,548	1,118	0,873
	D	4,05	2,95	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,54	2,36	2,28	2,28	0,525	0,79	0,548	0,548	1,863	-
	D'	2,95	4,05	2,85	-	-	-	1,25	-	2,36	3,54	2,28	-	0,79	0,525	0,548	-	-	-
	C'	4,05	2,95	2,85	-	-	-	1,25	-	3,24	2,36	2,28	-	0,57	0,525	0,548	-	1,118	0,873
4	B	4,05	4,05	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,24	3,24	2,28	2,28	0,57	0,57	0,548	0,548	1,118	0,873
	C	4,05	-	2,85	-	1,86	-	1,25	-	3,54	-	2,565	-	0,525	-	0,487	-	2,13	-
	D	-	2,95	-	-	-	-	-	-	3,24	2,36	-	-	0,57	0,79	-	-	2,895	-
	D'	2,95	4,05	-	-	-	-	-	-	2,36	3,24	-	-	0,79	0,57	-	-	-	-
	C'	4,05	-	-	-	-	-	-	-	3,24	3,54	-	-	0,57	0,525	-	-	2,13	-
B'	4,05	2,95	2,85	2,85	1,86	1,25	1,25	1,25	1,25	3,24	2,36	2,565	2,28	0,57	0,487	0,548	0,548	1,118	0,873
3	B	4,05	4,05	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,24	3,24	2,565	2,28	0,57	0,57	0,487	0,548	1,605	0,8
	C	4,05	-	-	-	1,86	-	-	-	3,24	-	2,28	-	0,57	-	0,548	-	2,236	-
	D	-	2,95	-	-	-	-	-	-	-	2,36	-	-	-	0,79	-	-	2,456	-
	D'	2,95	4,05	-	-	-	-	-	-	2,36	3,24	-	-	0,79	0,57	-	-	-	-
	C'	4,05	-	-	-	-	-	-	-	3,24	-	-	-	0,57	-	-	-	2,236	-
B'	4,05	2,95	2,85	2,85	1,86	1,25	1,25	1,25	1,25	3,24	2,36	2,565	2,28	0,57	0,487	0,548	0,548	1,605	0,8
2	A	4,05	4,05	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,24	3,24	2,28	2,28	0,57	0,57	0,548	0,548	1,118	0,873
	B	4,05	-	2,85	-	1,86	-	1,25	-	3,54	-	2,28	-	0,525	-	0,548	-	2,191	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	3,24	-	-	-	0,57	-	-	-	2,236	-
	D	-	2,95	-	-	-	-	-	-	-	2,36	-	-	-	0,79	-	-	2,456	-
	D'	2,95	4,05	-	-	-	-	-	-	2,36	3,24	-	-	0,79	0,57	-	-	-	-
	C'	4,05	-	-	-	-	-	-	-	3,24	-	-	-	0,57	-	-	-	2,236	-
	B'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,54	-	-	-	0,525	-	-	2,191	-
A'	4,05	2,95	2,85	2,85	1,86	1,25	1,25	1,25	1,25	3,24	2,36	2,565	2,28	0,57	0,487	0,548	0,548	1,118	0,873
1	A	4,05	4,05	2,85	2,85	1,86	1,86	1,25	1,25	3,24	3,24	2,565	2,28	0,57	0,57	0,487	0,548	1,605	0,8
	B	4,05	-	-	-	1,86	-	-	-	3,24	-	2,28	-	0,57	-	0,548	-	2,236	-
	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	D	-	2,95	-	-	-	-	-	-	-	2,36	-	-	-	0,79	-	-	2,456	-
	D'	2,95	4,05	-	-	-	-	-	-	2,36	3,24	-	-	0,79	0,57	-	-	-	-
	C'	4,05	-	-	-	-	-	-	-	3,24	-	-	-	0,57	-	-	-	2,236	-
	B'	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A'	4,05	2,95	2,85	2,85	1,86	1,25	1,25	1,25	1,25	3,24	2,36	2,565	2,28	0,57	0,487	0,548	0,548	1,605	0,8

Caracteristiques geometrique

Moments aux Noeuds : Portique 3-3

Niv	Noeud	sous G							sous P								
		q _w	q _e	M' _w	M' _e	M _w	M _e	M _s	M _n	q _w	q _e	M' _w	M' _e	M _w	M _e	M _s	M _n
5	C	1,49	1,49	2,2	1,84	0	0,902	0,902	0	0,114	0,114	0,17	0,141	0	0,069	0,069	0
	D	1,49	2,09	2,2	1,37	1,966	1,722	0,244	0	0,114	0,64	0,17	0,42	0,24	0,313	0,073	0
	D'	2,09	1,49	1,37	2,2	1,722	1,966	-0,244	0	0,64	0,114	0,17	0,42	0,313	0,24	-0,073	0
	C'	1,49	2,09	1,37	1,84	0,902	0	-0,902	0	0,114	0,64	0,17	0,141	0,24	0	-0,069	0
4	B	0,74	0,74	1,09	0,914	0	0,448	0,448	0	0,175	0,175	0,26	0,216	0	0,106	0,106	0
	C	0,74	0,74	1,09	0,914	1,046	0,961	-0,045	-0,040	0,175	0,175	0,26	0,216	0,249	0,227	-0,011	-0,011
	D	0,74	2,06	0,914	1,35	1,018	1,206	0,1	0,088	0,175	0,7	0,216	0,46	0,274	0,379	0,056	0,049
	D'	2,06	0,74	1,35	0,914	1,206	1,018	-0,1	-0,088	0,7	0,175	0,46	0,216	0,379	0,274	-0,056	-0,049
	C'	0,74	0,74	1,09	0,914	1,046	0,961	-0,045	-0,040	0,175	0,175	0,26	0,216	0,249	0,227	0,249	0,011
B'	0,74	2,06	0,914	0,914	1,206	0	-0,448	0	0,175	0,7	0,216	0,46	0,106	0	-0,106	0	
3	B	0,74	0,74	0,914	0,914	0,448	0,589	0,312	0,277	0,175	0,175	0,216	0,216	0	0,139	0,073	0,066
	C	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	D	0,74	2,06	0,914	1,35	1,015	1,209	0,097	0,097	0,175	0,7	0,216	0,46	0,273	0,381	0,054	0,054
	D'	2,06	0,74	1,35	0,914	1,209	1,015	-0,097	-0,097	0,7	0,175	0,46	0,216	0,381	0,273	-0,054	-0,054
	C'	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
B'	0,74	2,06	0,914	0,914	1,209	0	-0,312	-0,277	0,175	0,7	0,216	0,46	0,139	0	-0,073	-0,066	
2	A	0,74	0,74	0,914	0,914	0	0,448	0,448	0	0,175	0,175	0,26	0,216	0	0,106	0,106	0
	B	0,74	0,74	1,09	0,914	1,047	0,959	-0,044	-0,044	0,175	0,175	0,26	0,216	0,249	0,227	-0,011	-0,011
	C	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	D	0,74	2,06	0,914	1,35	1,015	1,209	0,097	0,097	0,175	0,7	0,216	0,46	0,272	0,381	0,054	0,054
	D'	2,06	0,74	1,35	0,914	1,209	1,015	-0,097	-0,097	0,7	0,175	0,46	0,216	0,381	0,272	-0,054	-0,054
	C'	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	B'	0,74	2,06	0,914	0,914	1,209	0	-0,448	0	0,175	0,7	0,216	0,46	0,106	0	-0,106	0
A'	0,74	0,74	0,914	0,914	0,448	0	-0,448	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,106	0	-0,106	0	
1	A	0,74	0,74	0,914	0,914	0	0,589	0,312	0,277	0,175	0,175	0,216	0,216	0	0,139	0,073	0,066
	B	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	C	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	D	0,74	2,06	0,914	1,35	1,015	1,209	0,097	0,097	0,175	0,7	0,216	0,46	0,272	0,381	0,054	0,054
	D'	2,06	0,74	1,35	0,914	1,209	1,015	-0,097	-0,097	0,7	0,175	0,46	0,216	0,381	0,272	-0,054	-0,054
	C'	0,74	0,74	0,914	0,914	0,914	0,914	0	0	0,175	0,175	0,216	0,216	0,216	0,216	0	0
	B'	0,74	2,06	0,914	0,914	1,209	0	-0,312	-0,277	0,175	0,7	0,216	0,46	0,139	0	-0,073	-0,066

Moments aux noeuds

Portique transversal: D.D'

		SOUS G								SOUS P							
NIV	NOE	q _w	q _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _n	M _s	q _w	q _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _u	M _s
5	1	/	1,992	/	1,305	/	0,573	/	0,573	/	0,354	/	0,232	/	0,101	/	0,101
	2	1,992	1,739	1,633	3,471	3,519	2,963	/	0,443	0,354	0,354	0,232	0,708	0,448	0,569	/	0,123
	3	1,739	1,739	3,471	2,147	3,049	2,682	/	-0,367	0,354	0,354	0,708	0,437	0,618	0,538	/	-0,079
	4	1,739	/	2,147	/	0,879	/		-0,871	0,354	/	0,437	/	0,178	/	/	-0,178
4	1	/	1,856	/	1,216	/	0,593	0,277	0,316	/	0,708	/	0,464	/	0,226	0,106	0,120
	2	2,812	2,812	2,305	5,61	3,546	4,836	0,602	0,688	0,708	0,708	0,464	1,416	0,821	1,193	0,173	0,198
	3	2,812	2,812	3,471	2,147	3,130	2,563	-0,205	-0,302	0,708	0,708	1,416	0,874	1,276	1,044	-0,100	-0,124
	4	2,812	/	2,147	/			-0,571	-0,653	0,708	/	0,874	/	0,494	/	-0,232	-0,266
3 " 2 " 1	1	/	1,856	/	1,216	/	0,613	0,306	0,306	/	0,708	/	0,464	/	0,230	-0,117	-0,117
	2	2,812	2,812	2,305	5,61	3,522	4,858	0,668	0,668	0,708	0,708	0,464	1,416	0,814	1,200	0,192	0,192
	3	2,812	2,812	3,471	2,147	3,143	2,562	-0,290	-0,290	0,708	0,708	1,416	0,874	1,282	1,044	-0,119	-0,119
	4	2,812	/	2,147	/	1,252	/	-0,626	-0,626	0,708	/	0,874	/	0,510	/	-0,255	-0,255

Moments et efforts tranchants dans les poutres

Portique transversal D-D'

Sous G								Sous P				
N/N	TRA	l [m]	q [t/m]	M_w [t.m]	M_e [t.m]	T_w [t]	T_e [t]	q [t./mP]	M_w [t.m]	M_e [t.m]	T_w [t]	T_e [t]
5	1-2	2,95	1,992	0,573	2,519	3,911	-1,965	0,354	0,101	0,448	0,695	-0,348
	2-3	5,15	1,739	2,963	3,049	4,519	-4,430	0,354	0,569	0,618	0,936	-0,887
	3-4	4,05	1,739	2,682	0,879	2,620	-4,423	0,354	0,538	0,778	0,536	-0,896
4	1-2	2,95	1,856	0,593	3,546	4,214	-1,261	0,708	0,226	0,821	1,341	-0,743
	2-3	5,15	2,812	4,836	3,130	6,375	-8,105	0,708	1,193	1,276	1,864	-1,781
	3-4	4,05	2,812	2,563	1,213	5,019	-6,369	0,708	1,044	0,494	1,158	-1,708
3	1-2	2,95	1,856	0,613	3,522	4,498	-1,283	0,708	0,230	0,814	1,336	-0,752
	2-3	5,15	2,812	4,858	3,143	6,383	-8,098	0,708	1,200	1,282	1,864	-1,782
	3-4	4,05	2,812	2,562	1,252	5,039	-6,349	0,708	1,044	0,510	1,166	-1,700
2	1-2	2,95	1,856	0,613	3,522	4,498	-1,283	0,708	0,230	0,814	1,336	-0,752
	2-3	5,15	2,812	4,858	3,143	6,383	-8,098	0,708	1,200	1,282	1,864	-1,782
	3-4	4,05	2,812	2,562	1,252	5,039	-6,349	0,708	1,044	0,510	1,166	-1,700
1	1-2	2,95	1,856	0,613	3,522	4,498	-1,283	0,708	0,230	0,814	1,336	-0,752
	2-3	5,15	2,812	4,858	3,143	6,383	-8,098	0,708	1,200	1,282	1,864	-1,782
	3-4	4,05	2,812	2,562	1,252	5,039	-6,349	0,708	1,044	0,510	1,166	-1,700

Efforts Tranchants Dans Les poutres :

Portique 3-3

NIV	travée	ℓ	G				P					
			q	M _w	M _e	T _w	T _e	q	M _w	M _e	T _w	T _e
5	C-D	4,05	1,49	0,902	1,966	2,75	-3,28	0,114	0,069	0,24	0,188	-0,27
	D-D'	2,95	2,09	1,722	1,722	3,08	-3,08	0,64	0,313	0,313	1,296	-1,296
	D'-C'	4,05	1,49	1,966	0,902	3,28	-2,75	0,114	0,24	0,069	0,27	-0,188
4	B-C	4,05	0,74	0,448	1,046	1,35	-1,646	0,175	0,106	0,249	0,319	-0,389
	C-D	4,05	0,74	0,961	1,018	1,484	-1,51	0,175	0,227	0,274	0,343	-0,366
	D-D'	2,95	2,06	1,206	1,206	3,04	-3,04	0,7	0,379	0,379	1,032	-1,032
	D'-C'	4,05	0,74	1,018	0,961	1,51	-1,484	0,175	0,274	0,227	0,366	-0,343
	C'-B'	4,05	0,74	1,046	0,448	1,646	-1,35	0,175	0,249	0,106	0,389	-0,319
3	B-C	4,05	0,74	0,589	0,914	1,42	-1,58	0,175	0,139	0,216	0,335	-0,373
	C-D	4,05	0,74	0,914	1,015	1,47	-1,52	0,175	0,216	0,273	0,34	-0,368
	D-D'	2,95	2,06	1,209	1,209	3,04	-3,04	0,7	0,381	0,381	1,032	-1,032
	D'-C'	4,05	0,74	1,015	0,914	1,52	-1,47	0,175	0,273	0,216	0,368	-0,34
	C'-B'	4,05	0,74	0,914	0,589	1,58	-1,42	0,175	0,216	0,139	0,373	-0,335
2	A-B	4,05	0,74	0,448	1,047	1,35	-1,646	0,175	0,106	0,249	0,32	-0,39
	B-C	4,05	0,74	0,959	0,914	1,51	-1,487	0,175	0,227	0,216	0,357	-0,351
	C-D	4,05	0,74	0,914	1,015	1,473	-1,52	0,175	0,216	0,272	0,34	-0,368
	D-D'	2,95	2,06	1,209	1,209	3,04	-3,04	0,7	0,381	0,381	1,032	-1,032
	D'-C'	4,05	0,74	1,015	0,914	1,52	-1,473	0,175	0,272	0,216	0,368	-0,34
	C'-B'	4,05	0,74	0,914	0,959	1,487	-1,51	0,175	0,216	0,227	0,351	-0,357
	B'-A'	4,05	0,74	1,047	0,448	1,646	-1,35	0,175	0,249	0,106	0,39	-0,32
1	A-B	4,05	0,74	0,589	0,914	1,42	-1,58	0,175	0,139	0,216	0,335	-0,373
	B-C	4,05	0,74	0,914	0,914	1,5	-1,5	0,175	0,216	0,216	0,35	-0,35
	C-D	4,05	0,74	0,914	1,015	1,473	-1,52	0,175	0,216	0,272	0,34	-0,37
	D-D'	2,95	2,06	1,209	1,209	3,04	-3,04	0,7	0,381	0,381	1,032	-1,032
	D'-C'	4,05	0,74	1,015	0,914	1,52	-1,473	0,175	0,272	0,216	0,37	-0,34
	C'-B'	4,05	0,74	0,914	0,914	1,5	-1,5	0,175	0,216	0,216	0,35	-0,35
	B'-A'	4,05	0,74	0,914	0,589	1,58	-1,42	0,175	0,216	0,139	0,373	-0,335

Efforts normaux dans les poteaux

Portique transversal: D-D'

NIV	Pot	Sous G						Sous P					
		M _n	M _s	T _w	T _e	N	N _{cum}	M _n	M _s	T _w	T _e	N	N _{cum.}
5	1	0,573	0,277	/	3,911	3,911	3,911	0,101	0,106	/	0,695	0,695	0,695
	2	0,443	0,602	-1,965	4,519	6,484	6,484	0,123	0,173	-0,348	0,936	1,284	1,284
	3	-0,367	-0,265	-4,430	2,620	7,050	7,050	-0,079	-0,108	-0,887	0,536	1,423	1,423
	4	-0,871	-0,571	-4,423	/	4,423	4,423	-0,178	-0,232	-0,896	/	0,896	0,896
4	1	0,277	0,306	/	4,214	4,214	8,125	0,120	-0,117	/	1,341	1,341	2,036
	2	0,602	0,668	-1,261	6,375	7,636	14,120	0,198	0,192	-0,743	1,864	2,607	3,891
	3	-0,265	-0,290	-8,105	5,019	13,124	20,174	-0,124	-0,119	-1,781	1,158	2,939	4,362
	4	-0,571	-0,625	-6,369	/	6,369	10,792	-0,266	-0,255	-1,708	/	1,708	2,604
3	1	0,306	0,306	/	4,498	4,498	12,623	-0,117	-0,117	/	1,336	1,336	3,372
	2	0,668	0,668	-1,283	6,383	7,666	21,786	0,192	0,192	-0,752	1,864	2,616	6,507
	3	-0,290	-0,290	-8,098	5,039	13,137	33,311	-0,119	-0,119	-1,782	1,166	2,948	7,310
	4	-0,625	-0,625	-6,349	/	6,349	18,972	-0,255	-0,255	-1,700	/	1,700	4,304
2	1	0,306	0,306	/	4,498	4,498	17,121	-0,117	-0,117	/	1,336	1,336	4,708
	2	0,668	0,668	-1,283	6,383	7,666	29,452	0,192	0,192	-0,752	1,864	2,616	9,123
	3	-0,290	-0,290	-8,098	5,039	13,137	46,448	-0,119	-0,119	-1,782	1,166	2,948	19,258
	4	-0,625	-0,625	-6,349	/	6,349	25,321	-0,255	-0,255	-1,700	/	1,700	6,004
1	1	0,306	0,306	/	4,498	4,498	21,679	-0,117	-0,117	/	1,336	1,336	6,044
	2	0,668	0,668	-1,283	6,383	7,666	37,118	0,192	0,192	-0,752	1,864	2,616	11,739
	3	-0,290	-0,290	-8,098	5,039	13,137	59,585	-0,119	-0,119	-1,782	1,166	2,948	13,206
	4	-0,625	-0,625	-6,349	/	6,349	31,670	-0,255	-0,255	-1,700	/	1,700	7,704

Efforts normaux dans les poteaux:

portique longitudinal 3-3

		SOUS G						SOUS P					
NIV	Pot	M _{sup}	M _{inf}	T _w	T _e	N	N _c	M _{sup}	M _{inf}	T _w	T _e	N	N _c
5	C	0,902	-0,04	/	2,75	2,75	2,75	0,069	-0,011	/	0,188	0,188	0,188
	D	0,274	0,088	-3,28	3,08	6,36	6,36	0,073	0,049	-0,27	1,296	1,57	1,57
	D'	-0,274	-0,088	-3,08	3,28	6,36	6,36	-0,073	-0,049	-1,296	0,27	1,57	1,57
	C'	-0,902	0,04	-2,75	/	2,75	2,75	-0,069	0,011	-0,188	/	0,188	0,188
4	B	0,448	0,277	/	1,35	1,35	1,35	0,106	0,066	/	0,319	0,319	0,319
	C	-0,045	0	-1,646	1,484	3,13	5,88	-0,011	0	-0,389	0,343	0,732	0,92
	D	0,1	0,097	-1,51	3,04	4,55	10,91	0,056	0,056	-0,366	1,032	1,400	2,97
	D'	-0,1	-0,097	-3,04	1,51	4,55	10,91	-0,056	-0,056	-1,032	0,366	1,400	2,97
	C'	0,045	0	-1,484	1,646	3,13	5,88	0,011	0	-0,343	0,389	0,732	0,92
	B'	-0,448	-0,277	-1,35	/	1,35	1,35	-0,106	-0,066	-0,319	/	0,319	0,319
3	B	0,312	-0,044	/	1,42	1,42	2,77	0,073	-0,011	/	0,335	0,335	0,654
	C	0	0	-1,58	1,47	3,05	8,93	0	0	-0,373	0,34	0,713	1,633
	D	0,097	0,097	-1,52	3,04	4,56	15,47	0,054	0,054	-0,368	1,032	1,400	4,370
	D'	-0,097	-0,097	-3,04	1,52	4,56	15,47	-0,054	-0,054	-1,032	0,368	1,400	4,370
	C'	0	0	-1,47	1,58	3,05	8,93	0	0	-0,34	0,373	0,713	1,633
	B'	-0,312	0,044	-1,42	/	1,42	2,77	-0,073	0,011	-0,335	/	0,335	0,654
2	A	0,448	0,277	/	1,35	1,35	1,35	0,106	0,066	/	0,32	0,32	0,32
	B	-0,044	0	-1,646	1,51	3,156	5,926	-0,011	0	-0,39	0,357	0,747	1,401
	C	0	0	-1,487	1,473	2,96	11,89	0	0	-0,351	0,34	0,691	2,324
	D	0,097	0,097	-1,52	3,04	4,56	20	0,054	0,054	-0,368	1,032	1,400	5,77
	D'	-0,097	-0,097	-3,04	1,52	4,56	20	-0,054	-0,054	-1,032	0,368	1,400	5,77
	C'	0	0	-1,473	1,487	2,96	11,89	0	0	-0,34	0,351	0,691	2,324
	B'	0,044	0	-1,51	1,646	3,156	5,926	0,011	0	-0,357	0,39	0,747	1,401
	A'	-0,448	-0,277	-1,35	/	1,35	1,35	-0,106	-0,066	-0,32	/	0,320	0,320
1	A	0,312	0,312	/	1,42	1,42	2,77	0,073	0,073	/	0,335	0,335	0,655
	B	0	0	-1,58	1,5	3,08	9,00	0	0	-0,373	0,350	0,723	2,124
	C	0	0	-1,5	1,473	2,97	14,86	0	0	-0,350	0,34	0,69	3,014
	D	0,097	0,097	-1,52	3,04	4,56	24,56	0,054	0,054	-0,37	1,032	1,402	7,172
	D'	-0,097	-0,097	-3,04	1,52	4,56	24,56	-0,054	-0,054	-1,032	0,37	1,402	7,172
	C'	0	0	-1,473	1,5	2,97	14,86	0	0	-0,34	0,35	0,69	3,014
	B'	0	0	-1,58	1,58	3,08	9,00	0	0	-0,35	0,373	0,723	2,124
	A'	-0,312	-0,312	-1,42	/	1,42	2,77	-0,073	-0,073	-0,355	/	0,335	0,655

Moments entravees

54

Portique transversal D-D'

NIV	Travee	l [m]	$\frac{M_e + M_w}{2}$ sous G	G + 1,2 P			G + P			0,8 G		
				q	M ₀	M _t	q	M ₀	M _t	q	M ₀	M _t
5	1-2	2,95	1,546	2,417	2,629	1,083	2,346	2,550	1,004	1,593	1,733	0,496
	2-3	5,15	3,006	2,164	7,174	4,168	2,093	6,939	3,633	1,391	4,611	2,206
	3-4	4,05	1,780	2,164	4,436	2,656	2,093	4,291	2,511	1,391	2,852	1,428
4	1-2	2,95	2,069	2,705	2,942	0,873	2,564	2,789	0,720	1,485	1,615	-0,040
	2-3	5,15	3,983	3,661	12,137	8,154	3,520	11,670	7,687	2,249	7,456	4,269
	3-4	4,05	1,888	3,661	7,507	5,619	3,520	7,217	5,329	2,249	4,611	3,100
3	1-2	2,95	2,067	2,705	2,942	0,875	2,564	2,789	0,722	1,485	1,615	-0,038
	2-3	5,15	4,000	3,661	12,137	8,154	3,520	11,670	7,670	2,249	7,456	4,256
	3-4	4,05	1,907	3,661	7,507	5,619	3,520	7,217	5,310	2,249	4,611	3,085
2	1-2	2,95	2,067	2,705	2,942	0,875	2,564	2,789	0,722	1,485	1,615	-0,038
	2-3	5,15	4,000	3,661	12,137	8,154	3,520	11,670	7,670	2,249	7,456	4,256
	3-4	4,05	1,907	3,661	7,507	5,619	3,520	7,217	5,310	2,249	4,611	3,085
1	1-2	2,95	2,067	2,705	2,942	0,875	2,564	2,789	0,722	1,485	1,615	-0,038
	2-3	5,15	4,000	3,661	12,137	8,154	3,520	11,670	7,670	2,249	7,456	4,256
	3-4	4,05	1,907	3,661	7,507	5,619	3,520	7,217	5,310	2,249	4,611	3,085

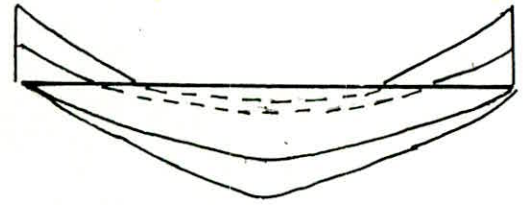
SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Les elements structuraux doivent etre dimensionnes à partir des combinaisons des efforts sismiques et verticaux et qui sont prescrites par le RPA 81 art à savoir :

- pour les poutres :
- $G + P \pm SI$
 - $0,8G \pm SI$
- pour les poteaux :
- $G + P \pm 1,2SI$
 - $0,8G \pm SI$
- G : sollicitation due à la charge permanente
 P : sollicitation due à la surcharge d'exploitation
 SI : sollicitation due au seisme

Moments en travée (C.C.B.A 68 art 12)

expose de la methode pour determiner $M_t(G + 1,2P)$ ou calcule $M_{iso}(G + 1,2P) = (G + 1,2P) \frac{P^2}{8}$ le moment en travée sera :



$$M_t = M_o(G + 1,2P) - (M_w + M_e) / 2$$

le moment en appui sera :

$$M_a = M_a(G) + M_a(1,2P)$$

Sachant que le moment en travée sous SI :

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

$$M_t(G + P \pm SI) = M_o(G + P) - (M_w(G) + M_e(G)) / 2 + M_t(\pm SI)$$

$$M_t(0,8G \pm SI) = M_o(0,8G) - [M_w(0,8G) + M_e(0,8G)] / 2 + M_t(\pm SI)$$

- Moments aux appuis :
- $M_a = M_a(G) + 1,2 M_a(P)$ sous $(G + 1,2P)$
 - $M_a = M_a(G) + M_a(P) + M_a(\pm SI)$ sous $(G + P \pm SI)$
 - $M_a = M_a(0,8G) + M_a(\pm SI)$ sous $(0,8G \pm SI)$

Efforts tranchants T :

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

$$T(G + P \pm SI) = T(G) + T(P) + T(\pm SI)$$

$$T(0,8G \pm SI) = 0,8 T(G) + T(\pm SI)$$

Moments dans les poteaux

Portique D-D'

NIV	Pot	G + 1,2 P		0,8G + SI		0,8G - SI		G + P + 1,2SI		G + P - 1,2SI	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
5	1	0,694	0,404	-2,971	-2,068	3,888	2,511	-3,441	-2,365	4,790	3,131
	2	0,590	0,809	-3,455	-2,658	4,164	3,621	-4,006	-2,993	5,138	4,543
	3	-0,462	-0,394	-3,933	-3,072	3,346	2,648	-4,814	-3,805	3,922	3,055
	4	-1,084	-0,849	-3,616	-2,356	2,223	1,443	-4,553	-3,083	2,455	1,477
4	1	0,460	0,166	-5,707	-4,805	6,213	5,294	-6,716	-5,871	7,588	6,249
	2	0,925	0,898	-6,159	-6,175	7,260	7,244	-8,250	-7,192	8,938	8,912
	3	-0,541	-0,433	-6,761	-6,252	6,278	5,783	-7,219	-7,633	7,398	6,815
	4	-0,972	-0,932	-5,772	-4,830	4,727	3,830	-4,891	-6,076	5,381	4,316
3	1	0,166	0,166	-8,655	-8,655	9,144	9,144	-10,124	-10,491	10,869	10,869
	2	0,898	0,898	-10,285	-10,285	11,354	11,355	-12,577	-12,124	13,844	13,844
	3	-0,433	-0,433	-10,372	-10,372	9,908	9,908	-10,493	-12,577	11,759	11,759
	4	-0,932	-0,932	-8,510	-8,510	7,509	7,509	-10,493	-10,493	8,731	8,731
2	1	0,166	0,166	-10,365	-10,365	10,854	10,854	-12,543	-12,543	12,921	12,921
	2	0,898	0,898	-12,345	-12,345	13,414	13,414	-14,596	-14,596	16,316	16,316
	3	-0,433	0,433	-12,282	-12,282	11,818	11,818	-14,869	-14,869	14,051	14,051
	4	-0,932	-0,932	-9,65	-9,65	8,649	8,649	-11,861	-11,861	10,099	10,099
1	1	0,166	0,166	-10,815	-13,135	11,304	13,624	-12,083	-15,867	13,461	16,245
	2	0,898	0,898	-11,855	-14,475	12,924	15,544	-14,008	-17,152	16,728	18,872
	3	-0,433	-0,433	-11,992	-14,482	11,528	14,028	-14,521	-17,509	13,703	16,691
	4	-0,932	-0,932	-9,940	-13,460	8,939	12,460	-12,209	-16,443	10,447	14,671

Moments dans les poteaux

Portique longitudinal 3.3

NIV	Pot	G + 1,2 P		0,8 G + SI		0,8 G - SI		G + P + 1,2 SI		G + P + 1,2 SI	
		M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
5	C	0,985	-0,05	-2,218	-2,632	3,661	2,568	-2,557	-3,171	4,5	3,069
	D	0,331	0,147	-3,385	-2,85	3,775	2,99	-3,979	-3,367	4,613	3,641
	D'	-0,331	-0,147	-3,775	-2,99	3,385	2,85	-4,613	-3,641	3,979	3,367
	C'	-0,985	5,296	-3,66	-5,198	2,218	4,403	-4,5	-4,379	2,557	0,053
4	B	0,575	0,356	-4,041	-3,378	4,758	3,821	-4,726	-3,977	5,834	4,663
	C	-0,058	0	-5,56	-5,582	5,484	5,52	-6,68	-6,624	+6,568	6,624
	D	0,167	+0,162	-5,82	5,82	5,98	5,98	-6,924	-6,929	7,236	7,231
	D'	-0,167	-0,162	-5,98	-5,98	5,82	5,82	-7,236	-7,231	6,924	6,929
	C'	0,058	0	-5,484	-5,52	5,56	5,52	-6,568	-6,624	6,68	6,624
	B'	-0,575	-0,356	-4,758	-3,821	4,041	3,378	-5,834	-4,663	4,726	3,977
3	B	0,399	-0,03	-6,15	-7,895	6,649	7,825	-7,295	-9,465	8,065	9,399
	C	0	0	-8,06	-8,06	8,06	8,06	-9,672	-9,672	9,672	9,672
	D	0,162	0,162	-8,372	-8,372	8,53	8,53	-9,989	-9,989	10,29	10,29
	D'	-0,162	-0,162	-8,53	-8,53	8,372	8,372	-10,29	-10,29	9,989	9,989
	C'	0	0	-8,06	-8,06	8,06	8,06	-9,672	-9,672	9,672	9,672
	B'	-0,399	0,057	-6,649	-7,825	6,15	7,895	-8,065	-9,377	7,295	9,487
2	A	0,575	0,356	-6,021	-6,158	6,738	6,60	7,102	-7,313	8,21	8
	B	-0,0308	0	-8,895	-8,86	8,825	8,86	-10,665	-10,632	10,6	10,632
	C	0,162?	-0,162	-8,86	-8,86	9,38	9,38	-10,632	-10,632	10,632	10,632
	D	0,162	0,162	-9,22	-9,22	9,22	9,22	-11	-11	11,31	11,31
	D'	0,057	-0,162	-9,38	-9,38	8,86	8,86	-11,31	-11,31	+11	+11
	C'	0	0	-8,86	-8,86	8,895	8,86	-10,632	-10,632	10,632	10,632
	B'	0,057	0	-8,895	-8,86	6,021	6,158	-10,58	-10,632	10,687	10,632
	A'	-0,575	-1,07	-6,74	-6,6	10,71	15	-8,21	-8,593	7,102	6,72
1	A	0,399	0,399	-10,21	-14,51	13,46	16,42	-12,167	-17,32	12,94	18,1
	B	0	0	-13,46	-16,42	13,46	16,42	-16,15	-19,7	16,15	19,7
	C	0	0	-13,46	-16,42	13,847	16,937	-16,15	-19,7	16,15	19,7
	D	0,162	0,162	-13,74	-16,78	13,74	-16,94	-16,43	-20,1	16,735	20,4
	D'	-0,162	-0,162	-13,89	16,78	13,46	16,42	-16,735	20,1	16,43	-20,4
	C'	0	0	-13,46	-16,42	13,46	16,42	-16,752	-19,7	16,152	19,7
	B'	0	0	-13,46	-16,42	13,46	16,42	-16,152	-19,7	16,152	19,7
	A'	-1,19	1,19	-13,74	-	-	-	-	-	-	-

Moments dans les poutres

Portique D-D'

NIV	Trav	G + 1,2 P			G + P + SI			G + P - SI			0,8G + SI			0,8G - SI		
		M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e	M _w	M _t	M _e
5	1-2	-0,694	1,093	-3,056	-2,756	2,044	5,347	4,104	0,48	0,587	-2,971	1,016	4,395	3,888	-0,024	-0,364
	2-3	-3,646	4,168	-3,790	2,102	3,624	5,287	4,962	3,643	2,47	0,940	2,116	4,059	3,800	2,296	-0,819
	3-4	-3,327	2,656	-1,092	1,200	2,061	3,977	5,240	2,961	-1,863	0,125	0,978	3,623	4,165	1,878	-2,216
4	1-2	-0,864	0,873	-4,531	-7,431	1,670	10,717	9,069	-0,230	-1,983	-7,775	0,910	9,186	8,724	-0,990	-3,513
	2-3	-6,267	8,154	-4,661	2,329	7,457	8,576	9,729	7,917	0,236	0,168	4,039	6,674	7,568	4,499	-1,666
	3-4	-3,815	5,619	-1,805	-1,603	4,359	8,857	8,817	6,299	-5,443	-3,159	2,130	8,120	7,260	4,070	-6,179
3	1-2	-0,889	0,875	-4,498	-13,107	-2,222	15,286	14,793	-0,778	-6,614	-13,459	1,462	13,767	14,440	-1,538	-8,132
	2-3	-6,298	8,137	-4,681	-0,522	7,370	11,615	12,638	7,970	-2,765	-2,693	3,956	9,704	10,466	4,556	-4,675
	3-4	-3,814	5,600	-1,864	-5,364	3,630	14,102	12,576	7,060	-10,578	-6,920	1,405	13,341	11,019	4,765	-11,338
2	1-2	-0,889	0,875	-4,498	-18,667	3,072	19,146	20,353	-1,628	-10,474	-19,019	2,012	15,627	20,00	-2,670	-11,992
	2-3	-6,298	8,137	-4,681	-2,832	7,180	14,295	14,948	8,160	-5,445	-5,003	3,766	12,384	12,776	4,746	-7,355
	3-4	-3,814	5,600	-1,864	-8,714	3,200	18,302	15,926	7,420	-14,778	-10,270	0,975	17,541	14,369	5,195	-15,538
1	1-2	-0,889	0,875	-4,498	-20,827	3,682	20,026	22,513	-2,218	-11,454	-21,179	2,602	18,608	22,160	-3,278	-12,972
	2-3	-6,298	8,137	-4,681	-4,422	7,110	15,025	14,538	8,230	-6,175	-5,593	3,696	13,115	12,366	4,816	-8,085
	3-4	-3,814	5,600	-1,864	-9,604	2,620	22,352	16,816	8,000	-16,828	-11,160	0,395	19,591	15,259	5,775	-17,580

Portique Longitudinal 3-3:

Niv	Trav	G+1.2P			G+P+S \bar{I}			G+P+S \bar{I}			0.8G+S \bar{I}			0.8G+S \bar{I}		
		Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me	Mw	Me	Me
5	C-D	-0.985	1.901	-2.25	1.97	2.56	-3.74	-3.91	1.15	-0.676	2.22	2	-3.1	-3.66	0.592	-0.043
	D-D'	-2.098	1.387	-2.098	0.015	1.248	-4.08	-4.085	1.248	+0.015	0.67	0.44	-3.43	-3.43	0.44	0.67
	D'-C'	-2.254	1.901	-0.985	-0.676	1.15	-3.91	-3.74	2.56	1.969	-0.043	0.592	-3.66	-3.10	2	2.22
4	B-C	-0.57	1.2	-1.345	3.85	1.3	-5.36	-4.95	0.96	2.76	4.04	0.786	-4.89	-4.76	0.446	3.22
	C-D	-1.23	0.96	-1.35	2.87	1.017	-5.09	-5.25	0.757	2.5	3.29	0.552	-4.61	-4.83	0.292	2.98
	D-D'	-1.66	1.95	-1.66	3.46	1.796	-6.6	-6.62	1.796	3.45	4.07	0.828	-6	-6	0.828	4.07
	D'-C'	-1.35	0.96	-1.23	2.51	0.757	-5.3	-5.09	1.017	2.81	2.986	0.292	-4.87	-4.61	0.552	3.24
	C'-B'	-1.345	1.2	-0.57	2.76	0.96	-4.95	-5.36	1.3	3.05	3.22	0.446	-4.76	-4.9	0.786	4.04
3	B-C	-0.76	1.197	-1.173	9.27	2.73	-7.92	-10.73	-0.48	5.66	9.52	2.22	-7.52	-10.47	-0.99	6.05
	C-D	-1.173	0.983	-1.34	5.66	1.231	-7.44	-7.92	0.591	4.86	6.05	0.762	-6.96	-7.52	0.122	5.34
	D-D'	-1.67	1.946	-1.67	6.61	1.793	-9.79	-9.79	1.793	6.61	7.23	0.826	-9.16	-9.16	0.826	7.23
	D'-C'	-1.34	0.983	-1.173	4.86	0.591	-7.92	-7.44	1.231	5.66	5.34	1.22	-7.52	-6.96	0.762	6.05
	C'-B'	-1.173	1.197	-0.76	5.7	-0.48	-10.8	-7.92	2.73	9.2	6.06	-0.99	-10.47	-7.52	2.22	9.52
2	A-B	-0.575	1.2	-0.75	5.8	0.14	9.16	-6.9	2.12	7.56	6.02	-0.374	-9.2	-6.74	1.606	7.52
	B-C	-1.23	1.01	-1.173	7.17	0.89	-9.6	-9.55	0.99	7.33	7.59	0.415	-9.19	-9.13	0.515	7.72
	C-D	-1.17	0.983	-1.34	7.33	1.341	-8.9	-9.6	0.481	6.31	7.73	0.872	-8.41	-9.19	0.012	6.79
	D-D'	-1.67	1.946	-1.67	8.55	1.793	-11.7	-11.7	1.793	8.55	9.17	0.826	-11.1	-11.1	0.826	9.17
	D'-C'	-1.34	0.983	-1.17	6.3	0.481	-9.59	-8.9	1.341	7.33	6.79	0.012	-9.2	-8.4	0.872	7.73
	C'-B'	-1.17	1.01	-1.23	7.33	0.99	-9.55	-9.59	0.89	7.17	7.73	0.515	-9.12	-9.2	0.415	7.59
	B'-A'	-1.346	1.2	-0.57	7.06	2.12	-6.93	-9.66	0.14	5.82	7.52	1.606	-6.74	-9.2	0.374	6.02
1	A-B	-0.76	1.197	-1.17	16.1	3.965	-12.29	-17.6	-1.715	10.03	16.34	3.45	-11.89	-17.31	-2.22	10.42
	B-C	-1.17	1.033	-1.17	10.03	0.962	-12.29	-12.3	0.962	10.03	10.43	0.482	-10.72	-11.9	0.482	10.42
	C-D	-1.17	0.983	-1.34	10.03	1.536	-11.2	-12.3	0.286	8.62	10.43	1.067	-14.18	-11.9	-0.183	9.1
	D-D'	-1.67	1.946	-1.67	11.62	1.793	-14.8	-14.8	1.793	11.62	12.24	0.826	-11.89	-14.2	0.826	12.24
	D'-C'	-1.34	0.983	-1.17	8.62	0.286	-12.29	-11.2	1.536	10.03	9.09	-0.183	-11.89	-10.7	1.067	10.42
	C'-B'	-1.17	1.033	-1.17	10.03	0.962	-12.29	-12.3	0.962	10.03	10.43	0.482	-10.72	-11.9	0.482	10.42
	B'-A'	-1.17	1.197	-0.76	10.03	-1.715	-17.6	-12.3	3.965	16.11	10.43	-2.22	-17.31	-11.9	3.45	16.37

Combinaison des moments dans les poutres.

Portique longitudinal : 3-3

NIV	Trav		Te		Tw		Te		Tw		Te		Tw		Te		Tw			
	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e		
5	G+12P		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI			
	G+12P		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI		G+P+SI	
4	C-D	2.976	-3.604	1.918	-4.570	3.958	-2.530	1.180	-3.644	3.220	-3.644	3.220	-3.644	3.704	-3.704	3.704	-1.284	-1.604	-1.604	
	B-C	1.733	-2.113	-0.251	-3.955	3.958	-0.115	-0.840	-3.237	3	-3.237	3	-3.237	2.977	-2.977	2.977	0.582	0.618	0.618	
	D'-D'	4.278	-4.278	4.022	-7.122	7.122	-1.022	-0.618	-5.482	5.482	-5.482	5.482	-5.482	5.482	2.977	-2.977	2.977	0.582	0.618	0.618
	D'-C'	1.949	-1.8	0.086	-1.896	3.67	-3.62	-0.582	-0.037	2.998	-2.998	2.998	-2.998	2.998	2.977	-2.977	2.977	0.582	0.618	0.618
	C'-B'	2.113	-1.733	0.115	-3.6	3.96	-0.251	-0.603	-3	3.237	-3.237	3	-3	3.237	3.237	3.237	0.84	0.84	0.84	
3	B-C	4.822	-2.03	-2.065	-5.773	5.575	1.867	-2.684	-5.084	4.956	-5.084	4.956	-5.084	4.956	2.556	-2.556	2.556	1.724	1.724	
	C-D	1.878	-1.962	-1.13	-4.828	4.75	1.052	-1.764	-4.156	4.116	-4.156	4.116	-4.156	4.116	1.764	-1.764	1.764	2.54	2.54	
	D-D'	4.278	-4.278	-0.898	-9.04	9.042	0.898	-2.54	-7.4	7.402	-7.4	7.402	-7.4	7.402	2.54	-2.54	2.54	2.54	2.54	
	D'-C'	1.962	-1.878	-1.052	-4.75	4.83	1.13	-1.72	-4.116	4.156	-4.116	4.156	-4.116	4.156	1.764	-1.764	1.764	2.54	2.54	
	C'-B'	2.03	-1.822	-1.867	-5.575	5.77	2.065	-2.556	-4.956	5.084	-4.956	5.084	-4.956	5.084	2.684	-2.684	2.684	1.724	1.724	
2	B-C	1.94	-1.91	-1.95	-5.66	5.687	1.982	-2.612	-5	5.028	-5	5.028	-5	5.028	2.63	-2.63	2.63	2.63	2.63	
	A-B	1.734	-2.14	-1.68	-5.386	5.02	1.314	-2.27	-4.67	4.43	-4.67	4.43	-4.67	4.43	2.033	-2.033	2.033	2.033	2.033	
	C-D	1.881	-1.96	-1.837	-5.54	5.463	1.762	-2.472	-4.87	4.83	-4.87	4.83	-4.87	4.83	2.434	-2.434	2.434	2.434	2.434	
	D-D'	4.28	-4.278	-2.068	-10.81	10.21	2.068	-3.708	-8.572	8.572	-8.572	8.572	-8.572	8.572	3.708	-3.708	3.708	2.434	2.434	
	D'-C'	1.961	-1.88	-1.762	-5.46	5.538	1.837	-2.43	-4.83	4.87	-4.83	4.87	-4.83	4.87	2.477	-2.477	2.477	2.477	2.477	
1	B'-A'	2.114	-1.73	-1.314	-5.02	5.386	1.68	-2.03	-4.43	4.67	-4.43	4.67	-4.43	4.67	2.27	-2.27	2.27	2.27	2.27	
	A-B	1.822	-2.028	-4.645	-8.35	8.155	4.45	-5.264	-7.66	7.536	-7.66	7.536	-7.66	7.536	5.136	-5.136	5.136	5.136	5.136	
	B-C	1.92	-1.92	-3.22	-6.92	6.92	3.22	-3.87	-6.27	6.27	-6.27	6.27	-6.27	6.27	3.87	-3.87	3.87	3.87	3.87	
	C-D	1.88	-1.96	-2.987	-6.69	6.61	2.91	-3.62	-6.02	5.978	-6.02	5.978	-6.02	5.978	3.584	-3.584	3.584	3.584	3.584	
	D-D'	4.278	-4.278	-3.93	-12.07	12.07	3.93	-5.57	-12.43	12.43	-12.43	12.43	-12.43	12.43	5.57	-5.57	5.57	5.57	5.57	
Combinaison des efforts tranchants dans les poutres	B'-A'	2.027	-1.822	-4.45	-8.155	8.353	4.645	-5.136	-7.536	7.664	-7.536	7.664	-7.536	7.664	5.264	-5.264	5.264	5.264	5.264	
	C'-B'	1.92	-1.92	-3.22	-6.92	6.92	3.22	-3.87	-6.27	6.27	-6.27	6.27	-6.27	6.27	3.87	-3.87	3.87	3.87	3.87	
	D'-C'	1.964	-1.881	-2.91	-6.61	6.69	2.987	-3.58	-5.978	6.076	-5.978	6.076	-5.978	6.076	3.621	-3.621	3.621	3.621	3.621	
	D-D'	4.278	-4.278	-3.93	-12.07	12.07	3.93	-5.57	-12.43	12.43	-12.43	12.43	-12.43	12.43	5.57	-5.57	5.57	5.57	5.57	
	C-D	1.88	-1.96	-2.987	-6.69	6.61	2.91	-3.62	-6.02	5.978	-6.02	5.978	-6.02	5.978	3.584	-3.584	3.584	3.584	3.584	

Efforts normaux dans les poteaux

Portique longitudinal 3-3

NIV	Pot	G + 1,2 P		0,8 G + SI		0,8 G - SI		G + P + 1,2 SI		G + P - 1,2 SI	
		N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc	N	Nc
5	C	2,975	2,975	1,18	1,18	3,22	3,22	1,714	1,714	4,162	4,162
	D	8,244	8,244	4,868	4,868	5,308	5,308	7,666	7,666	8,194	8,194
	D'	8,244	8,244	5,308	5,308	4,868	4,868	8,194	8,194	7,666	7,666
	C'	2,975	2,975	3,22	3,22	1,18	1,18	4,162	4,162	1,714	1,714
4	B	1,730	1,730	-0,84	-0,84	3,00	3,00	-0,635	-0,635	3,973	3,973
	C	4,000	6,975	2,634	3,814	2,374	5,594	4,018	5,732	3,706	7,868
	D	6,230	14,470	2,38	7,248	4,90	10,208	4,438	12,104	7,462	15,656
	D'	6,230	14,470	4,9	10,208	2,38	7,25	7,462	15,66	4,438	12,164
	C'	4,000	6,975	2,37	5,59	2,634	3,814	3,706	7,868	4,018	5,732
	B'	1,73	1,73	3	3	-0,84	-0,84	3,973	3,973	-0,635	-0,635
3	B	1,822	3,55	-2,684	-3,52	4,956	7,956	-2,829	-3,464	10,31	10,31
	C	3,906	10,880	3,32	7,134	1,560	7,154	4,819	10,55	2,707	10,575
	D	6,24	20,71	1,618	8,866	5,678	15,886	3,524	15,63	8,396	24,052
	D'	6,24	20,71	5,678	15,86	1,618	-8,87	8,396	24,05	3,524	15,628
	C'	3,906	10,88	1,56	7,15	3,32	7,134	2,707	10,575	4,82	10,552
	B'	1,822	3,55	4,956	7,95	-2,68	-3,52	6,339	10,31	-2,829	-3,464
2	A	1,734	1,734	-2,27	-2,27	4,43	4,43	-2,35	-2,35	5,69	5,69
	B	4,050	7,602	2,055	-1,47	2,995	10,95	3,339	-0,125	4,467	14,78
	C	3,986	14,67	2,54	9,67	2,20	9,354	3,86	14,41	3,45	14,025
	D	6,24	26,95	1,158	10,02	6,138	22,024	2,972	18,60	8,948	33,00
	D'	6,24	26,95	6,138	22,02	1,158	10,024	8,948	33,00	2,972	18,600
	C'	3,789	14,67	2,20	9,35	2,54	9,674	3,45	14,035	3,86	14,41
	B'	4,05	7,602	2,995	10,95	2,055	-1,47	4,467	14,78	3,339	-0,125
	A'	1,734	1,734	4,430	4,430	-2,27	-2,27	5,690	5,690	-2,35	-2,35
1	A	1,822	3,55	-5,260	-7,530	7,54	11,97	-5,92	-8,27	9,435	15,125
	B	3,95	11,55	3,790	2,320	1,134	12,085	5,40	5,275	2,207	16,980
	C	3,798	18,47	2,650	12,32	2,106	11,46	3,98	18,39	3,34	17,365
	D	6,24	33,19	0,45	10,47	6,85	28,87	2,122	20,72	9,802	42,80
	D'	6,24	33,19	6,85	28,87	0,45	10,47	9,80	42,80	2,12	20,72
	C'	3,798	18,47	2,106	11,456	2,65	12,32	3,34	17,365	3,88	18,29
	B'	3,95	11,55	1,134	12,085	3,79	2,325	2,207	16,986	5,4	5,275

Efforts normaux dans les poteaux

Portique D-D'

NIV	Pot	G + 1,2 P		0,8 G + SI		0,8 G - SI		G + P + 1,2 SI		G + P - 1,2 SI	
		N	N _c	N	N _c	N	N _c	N _c	N _c	N	N _c
5	1	4,745	4,745	4,888	4,888	1,368	1,368	6,718	6,718	2,494	2,494
	2	8,024	8,024	6,397	6,397	3,977	3,977	9,220	9,220	6,316	6,316
	3	8,757	8,757	6,210	6,210	5,007	5,007	9,157	9,157	7,789	7,789
	4	5,498	5,498	4,658	4,658	2,418	2,418	6,663	6,663	3,975	3,975
4	1	5,823	10,568	7,791	12,679	-1,048	0,319	10,859	17,577	0,251	2,745
	2	10,764	18,788	8,090	14,487	2,110	6,087	20,147	29,304	6,655	12,971
	3	16,650	25,407	12,879	19,089	9,119	14,126	17,719	26,876	14,407	22,196
	4	8,418	13,916	7,905	12,563	2,285	4,703	11,449	18,112	4,705	8,680
3	1	6,101	16,669	11,119	23,798	-3,961	-3,632	14,882	32,459	-3,214	-0,469
	2	10,805	29,593	11,172	25,659	1,092	7,179	16,330	45,634	4,234	17,205
	3	16,650	42,081	12,849	31,938	8,169	22,295	18,893	45,769	13,277	35,473
	4	8,418	22,305	9,919	22,482	0,239	4,942	13,857	31,969	2,241	10,921
2	1	6,101	22,770	13,899	37,697	-6,701	-10,333	18,194	50,653	-6,526	-6,995
	2	10,805	40,398	13,023	38,682	-0,757	6,421	18,550	64,184	2,014	19,219
	3	16,674	58,755	13,659	45,597	7,359	29,654	19,865	65,634	12,305	47,778
	4	8,389	30,634	11,640	34,122	-1,480	3,461	15,921	47,890	0,177	11,098
1	1	6,101	28,871	14,949	52,646	-7,751	-18,084	19,454	70,107	-7,786	-14,781
	2	10,805	51,203	13,833	52,515	-1,567	4,853	19,522	83,706	1,042	20,261
	3	16,674	75,429	14,079	59,676	6,939	36,593	20,369	86,003	11,801	59,579
	4	8,389	39,083	12,300	46,422	-2,140	1,320	16,713	64,603	-0,615	10,483

Efforts tranchants dans les poutres

Portique D-D'

NIV	Traverse	G + 1,2 P		G + P + SI		G + P - SI		0,8 G + SI		0,8 G - SI	
		T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e	T _w	T _e
5	1-2	+4,745	-2,382	+6,366	-0,553	+2,846	-4,073	4,488	0,188	1,369	-3,322
	2-3	+5,642	-5,494	+6,005	-4,767	+4,905	-5,867	4,165	-2,994	3,065	-4,094
	3-4	+3,263	-5,498	+4,276	-4,199	+2,036	-6,439	3,216	-2,418	0,976	-4,658
4	1-2	+5,823	+2,512	+9,955	+2,396	+1,135	-6,424	7,791	3,411	-1,049	-5,428
	2-3	+8,612	-10,242	+9,669	-8,456	+6,809	-11,316	6,53	-5,054	3,670	-7,914
	3-4	+6,408	-8,418	+8,987	+5,267	+3,367	-10,867	6,825	-2,285	1,205	-7,905
3	1-2	+6,101	-2,185	+13,374	+5,505	-1,705	-9,575	11,138	6,513	-3,941	-8,566
	2-3	+8,619	-10,236	+10,747	7,380	+5,747	-12,380	7,606	-3,978	2,606	-8,978
	3-4	+6,438	-8,389	+11,045	3,209	+1,369	-12,880	8,871	-0,279	-0,808	-9,919
2	1-2	+6,101	-2,185	+16,134	+8,265	-4,468	-12,335	13,898	-9,273	-6,701	-11,326
	2-3	+8,619	-10,236	+11,657	-6,470	+4,837	-13,29	8,516	-3,068	1,696	-9,888
	3-4	+6,438	-8,389	+12,765	-1,489	-0,355	-14,609	10,591	1,480	-2,528	-11,639
1	1-2	+6,101	-2,185	+17,184	+9,135	-5,516	-13,385	14,498	10,327	-7,751	-12,376
	2-3	+8,619	-10,236	+11,897	-6,230	+4,597	-13,53	8,783	-2,828	1,456	-10,128
	3-4	+6,438	-8,389	+13,425	-9,829	-1,015	-15,269	11,253	2,140	-2,188	-12,299

FERRAILLAGE DES POUTRES

62

Conformément à l'article A.15 du C.C.B.A il n'est pas tenu compte dans les calculs de l'effort normal dans les poutres. Les poutres sont alors ferrillées en flexion simple selon la combinaison donnant le cas le plus défavorable. entre : 15 M (SP1) et M (SP2)

SP1: combinaison de 1^{er} genre $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

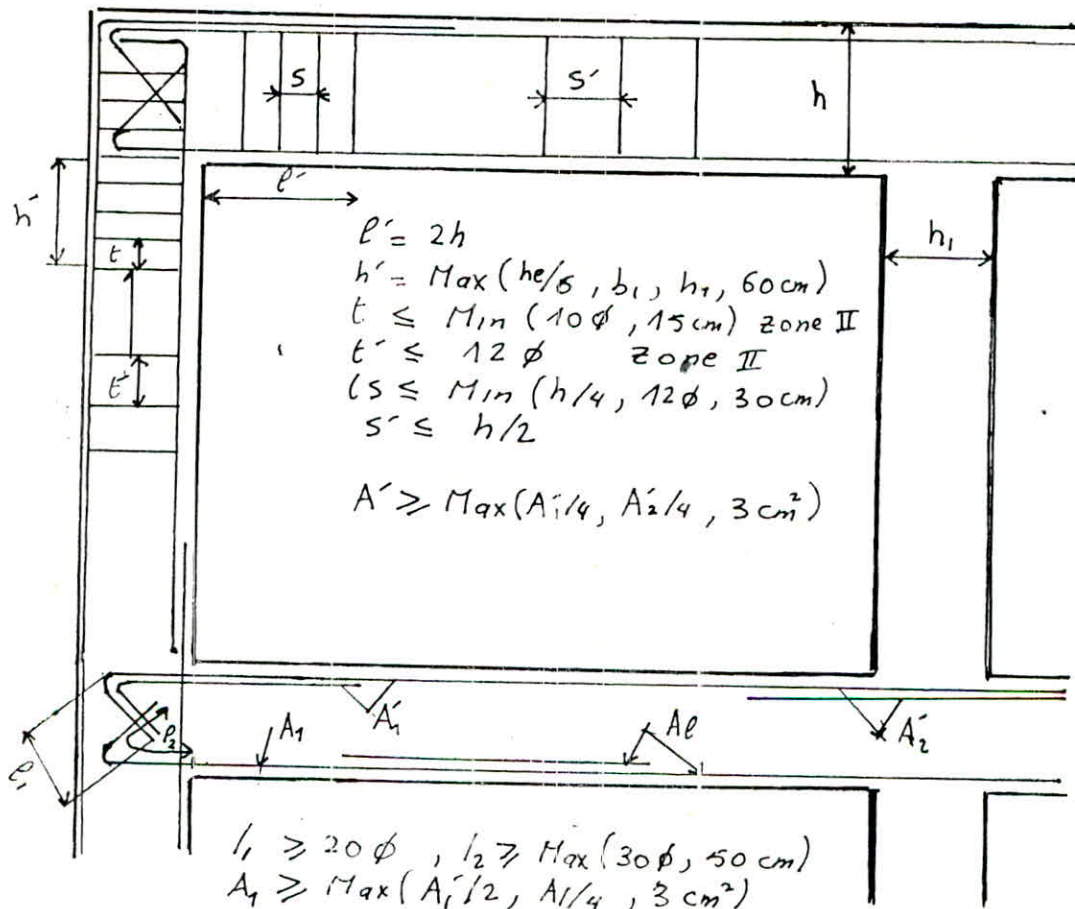
SP2: " " 2^{em} " $\bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2$.

Les sections d'acier sont déterminées selon la méthode de Pierre Charou. tout en respectant les prescriptions de l'RPA à savoir : le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de 0,3 % pour l'acier de haute adhérence, le pourcentage maximum doit être de 2,5 % d'après (l'art 4.3.3.2.1), qui stipule aussi que :

Les poutres non portées doivent avoir des armatures symétriques avec une section en travers au moins égale à la moitié de la section sur appui. Armatures transversales : (Art 4.2.3.2.2).

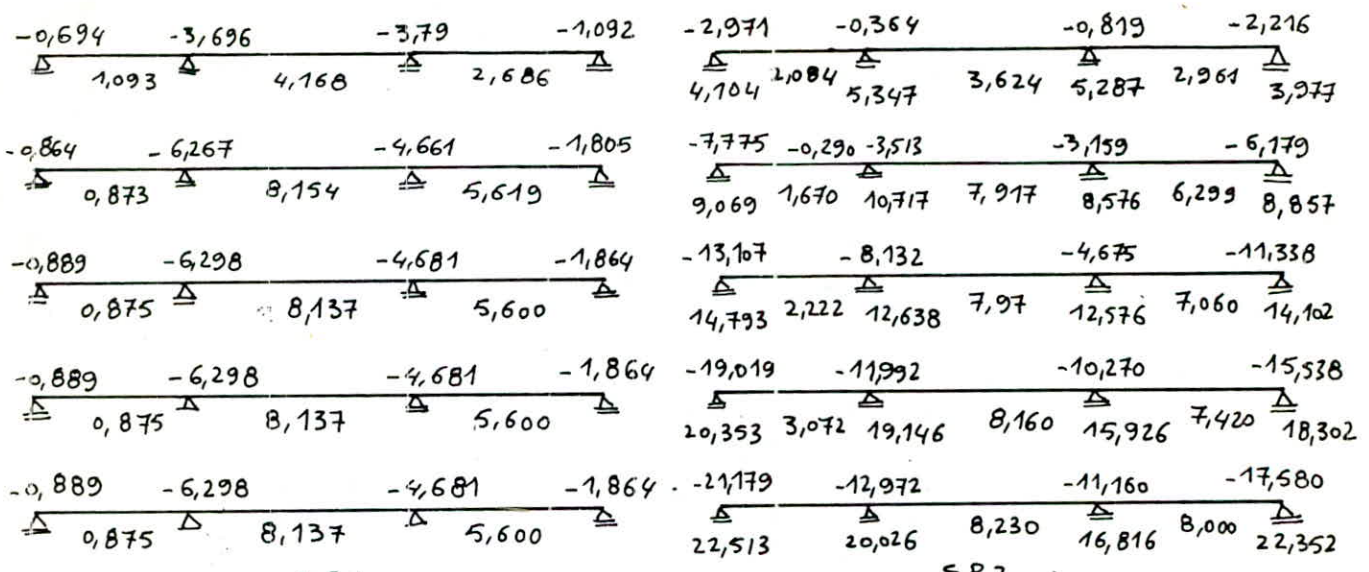
$$A_t = 0,003 s. b.$$

• Pour les dispositions constructives à respecter et qui sont imposées par le R.P.A 81 pour les poutres et poteaux sont d ci-dessous :



Portique transversal: D-D'

Presentation des moments:



Ferraillage des travées

NIV	Trav	sol	M _T	μ	ε	K	σ _{b'}	A _{cal}	A _{adop}	φ
5	1-2	SP ₂	2,084	0,0180	0,9408	69,5	60,43	1,28	4,93	3T12 + 1T14
	2-3	SP ₁	4,168	0,0361	0,9187	46,7	59,95	3,85	4,93	3T12 + 1T14
	3-4	SP ₁	2,686	0,0232	0,9334	60	46,66	2,44	4,93	3T12 + 1T14
4	1-2	SP ₂	1,670	0,0144	0,9466	78,7	53,36	1,00	6,03	3T16
	2-3	SP ₁	8,154	0,0707	0,8911	30,9	90,61	7,78	8,04	4T16
	3-4	SP ₁	5,619	0,0487	0,9072	38,9	71,98	5,26	6,03	3T16
3	1-2	SP ₂	2,222	0,0192	0,9391	67,2	62,5	1,34	6,03	3T16
	2-3	SP ₁	8,154	0,0707	0,8911	30,9	90,61	7,78	8,04	4T16
	3-4	SP ₁	5,619	0,0487	0,9072	38,9	71,98	5,26	6,03	3T16
2	1-2	SP ₂	3,072	0,0266	0,9293	55,6	75,54	1,87	6,03	3T16
	2-3	SP ₁	8,137	0,0705	0,8912	30,95	90,46	7,76	8,04	4T16
	3-4	SP ₁	5,600	0,0485	0,9074	39	71,79	5,24	6,03	3T16
1	1-2	SP ₂	3,662	0,0317	0,9233	50,2	83,66	2,25	6,03	3T16
	2-3	SP ₁	8,137	0,0705	0,8912	30,95	90,46	7,76	8,04	4T16
	3-4	SP ₁	5,600	0,0485	0,9074	39	71,79	5,24	6,03	3T16

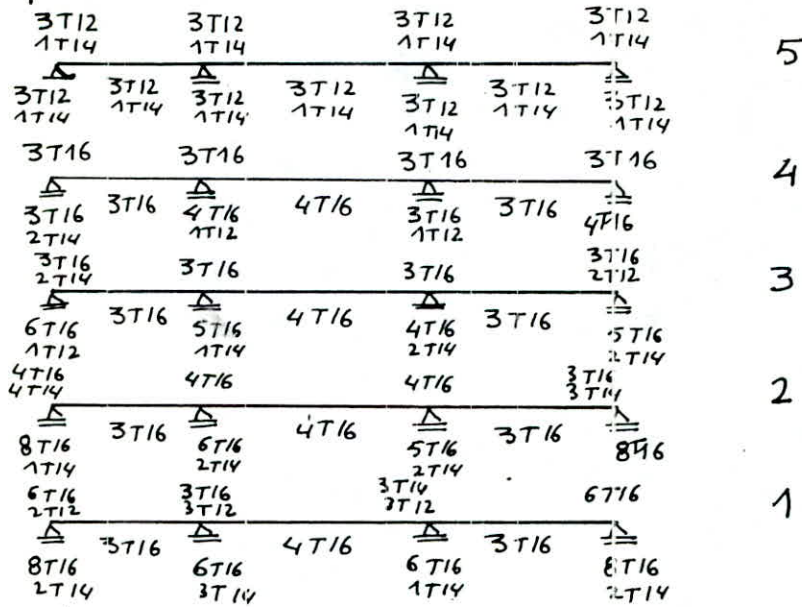
Ferrailage des appuis

Portique D-D'

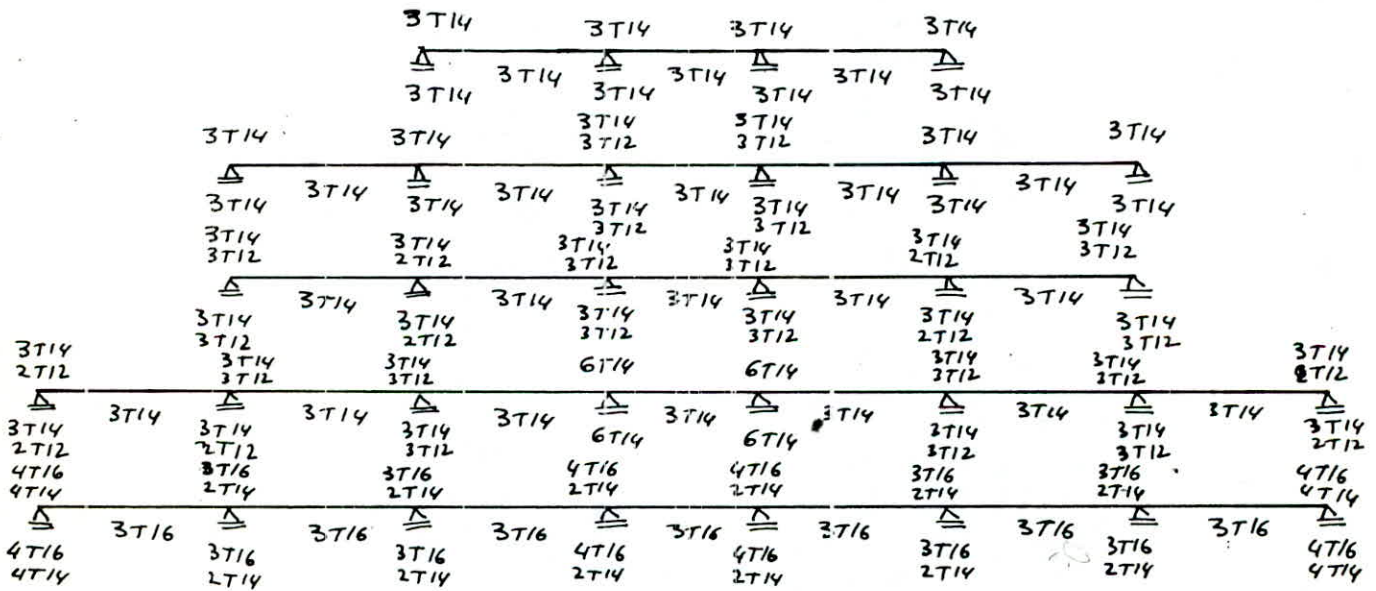
APP	Soll	M _{sup} M _{inf}	μ	ε	K	σ _b	A _{cal}	A _{adop}	φ
1	SP ₂	2,971 4,104	0,0259 0,0356	0,9301 0,9193	56,5 46,9	74,33 89,55	1,81 2,53	4,93 4,93	3T12+1T4 3T12+1T4
2	SP ₁ SP ₂	3,646 5,347	0,0316 0,0464	0,9235 0,9091	50,3 40	55,66 105	3,35 3,34	4,93 4,93	3T12 3T12 1T4 1T4
3	SP ₂ SP ₂	3,790 5,287	0,0328 0,0457	0,9221 0,9098	49,2 40,4	56,91 69,30	3,49 3,29	4,93 4,93	3T12 3T12 1T4 1T4
4	SP ₂	2,216 3,977	0,0193 0,0345	0,9390 0,9204	67 47,8	62,68 87,86	1,33 2,45	4,93 4,93	3T12 3T12 1T4 1T4
1	SP ₂	7,775 9,069	0,0675 0,0786	0,8332 0,8861	31,8 28,9	132,07 145,32	5,29 5,80	6,03 9,11	3T16 3T16 2T4
2	SP ₁ SP ₂	6,267 10,717	0,0543 0,0926	0,9027 0,8778	36,4 25,95	76,92 161,85	5,82 6,92	6,03 9,10	3T16 4T16 1T4
3	SP ₁ SP ₂	4,661 8,576	0,0404 0,0743	0,9146 0,8887	43,66 29,9	64,14 140,46	4,33 5,47	6,03 8,29	3T16 3T16 2T4
4	SP ₂	6,179 8,857	0,0535 0,0769	0,9033 0,8871	36,72 29,3	114,38 143,34	3,87 5,60	6,03 8,04	3T16 4T16
1	SP ₂	13,107 14,793	0,1136 0,1282	0,8675 0,8611	22,75 21	184,61 200	8,56 9,74	9,11 15,20	3T16 6T16 2T4
2	SP ₁ SP ₂	6,298 12,638	0,0546 0,1096	0,9025 0,8695	36,3 23,3	77,13 180,25	5,93 8,24	6,03 11,18	3T16 5T16 1T4
3	SP ₁ SP ₂	4,681 12,576	0,0406 0,1090	0,9144 0,8697	43,4 23,4	54,51 179,48	4,35 8,19	6,03 11,12	3T16 4T16 2T4
4	SP ₂	11,338 14,102	0,0983 0,1222	0,8751 0,8633	25,03 21,68	167,8 193,72	7,34 9,25	8,29 13,13	3T16 5T16 2T4
1	SP ₂	19,019 20,353	0,1650 0,1670	0,8469 0,8430	17,66 17,50	237,82 240	12,73 13,68	14,20 17,62	4T16 4T16 1T4
2	SP ₁ SP ₂	11,992 19,146	0,1040 0,1661	0,8721 0,8466	24,1 17,59	134,27 238,77	7,79 12,82	8,04 15,14	4T16 6T16 2T4
3	SP ₁ SP ₂	10,270 15,926	0,0891 0,1382	0,8799 0,8569	26,75 19,95	157 210,52	6,61 10,53	8,04 13,13	4T16 5T16 2T4
4	SP ₂	15,538 18,302	0,1348 0,1588	0,8584 0,8492	20,3 18,16	206,9 231,3	10,26 12,21	10,65 16,08	3T16 3T16 2T4
1	SP ₂	21,179 22,513	0,1680 0,1695	0,8408 0,8461	17,45 17,40	240,6 241,3	13,98 15,08	14,04 19,6	6T16 6T16 2T4
2	SP ₁ SP ₂	12,942 20,026	0,1125 0,1665	0,8681 0,8440	22,9 17,65	183,4 237,9	8,47 13,45	9,44 16,68	3T16 6T16 3T14
3	SP ₁ SP ₂	11,160 16,816	0,0968 0,1459	0,8758 0,8539	25,26 19,23	166,27 218,4	7,22 11,6	7,91 13,60	3T14 6T16 1T4
4	SP ₂	17,580 22,352	0,1525 0,1691	0,8514 0,8376	18,65 17,39	225,2 241,5	11,70 15,72	12,06 19,10	6T16 8T16 2T4

Sections d'acier adoptees

portique transversal : D-D'



Portique longitudinal : 3-3



Remarque :

les verifications necessaires sur les poutres sont exposees pour portique transversal seulement, les verifications sur le portique longitudinal sont exposees dans l'ouvrage, ainsi que le calcul des sections d'acier pour les poutres non porteuses.

VERIFICATIONS NECESSAIRES

6 67

Conditions de la fleche

la verification de la fleche se fait suivant (C.C.B.A 68 art 62-21)

à savoir :

- $h_f \geq P/16$ $P = 5,50$ m (la plus grande portée) et $h_f = 45$ cm
- $h_f > 34,7$ cm.
- $A \leq bh \cdot 43 / \sigma_{eu}$ $b = 35$ cm $\sigma_{eu} = 4200$ kg/cm²
- $A < 14,69$ cm² c'est verifie car $A_{max} = 8,04$ cm².
- $h_f \geq e \cdot M_0 / 10 M_0$

Portique D-D'

NIV	Trav	l [m]	M _f [t.m]	M ₀ [t.m]	h _f [cm]	M _f · P / 10 M ₀ [cm]
5	1-2	2,95	1,083	2,629	45	12,15
	2-3	5,15	4,168	7,174	45	29,92
	3-4	4,05	2,656	4,436	45	24,24
4	1-2	2,95	0,873	2,942	45	12,01
	2-3	5,15	8,154	12,137	45	34,61
	3-4	4,05	5,619	7,507	45	30,31
3	1-2	2,95	0,875	2,942	45	8,77
2	2-3	5,15	8,137	12,137	45	34,52
1	3-4	4,05	5,600	7,507	45	30,21

Conditions aux appuis: (C.C.B.A-68 Art 35:32)

	NIV APP	5	4	3	2	1
T [t]	1	4,745	9,669	13,374	16,134	17,184
	4	5,498	8,418	12,583	14,609	15,269
r [cm]	1	7,7	15,64	17,74	18,15	18,82
	4	7,7	17,79	16,69	18,20	18,78
C [cm]	1	23,3	15,36	13,26	12,85	12,19
	4	23,3	13,21	14,30	12,79	12,12
C ₀ [cm]	1	3,34	6,82	9,43	11,38	12,82
	4	3,88	5,93	8,87	10,30	10,77

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

$$r \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 5,5 \phi \\ 0,1 \phi \frac{\sigma_a}{\sigma_b} \left(\frac{1 + \phi}{d_1} \right) \nu \end{array} \right.$$

$\nu = 5/3$ barres \in 2 lits de barres

on remarque que $c > c_0 = 2T/b_0 \frac{\sigma_b}{\sigma_a}$ donc $\sigma_b' < \bar{\sigma}_b$
 c-a-d que les conditions d'appuis sont satisfaites

Condition de non fragilite: (C.C.B.A.68 Art 52.1)

$$A \geq bh \Psi_4 \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \left(\frac{h_f}{h} \right)^2$$

$$A_{min} = 4,93 \text{ cm}^2 > 3,20 \text{ cm}^2$$

donc la condition de non fragilite est verifiee

$$\Psi_4 = 0,54 \text{ acier ecroui}$$

$$\bar{\sigma}_b = 7 \text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$h_f = 45 \text{ cm} \quad b = 35 \text{ cm} \quad h = 41 \text{ cm}$$

Portique D-D : Verification des contraintes

NIV	APP	Soll	M _{sup} M _{inf}	A	ω%	E.	K	σ _a	σ _b
5	1	SP ₂	2,971 / 4,104	4,93 / 4,93	0,313 / 0,313	0,9123 / 0,9123	42 / 42	1611,1 / 2225,5	38,36 / 53
	2	SP ₁ / SP ₂	3,646 / 5,347	4,93 / 4,93	0,313 / 0,313	0,9123 / 0,9123	42 / 42	1977,1 / 2900	47,07 / 69,03
	3	SP ₁ / SP ₂	3,790 / 5,287	4,93 / 4,93	0,313 / 0,313	0,9123 / 0,9123	42 / 42	2055,1 / 2867	49 / 68,2
	4	SP ₂	2,216 / 3,977	4,93 / 4,93	0,313 / 0,313	0,9123 / 0,9123	42 / 42	1201,6 / 2756,7	28,16 / 51,4
4	1	SP ₂	7,775 / 9,069	6,03 / 9,17	0,382 / 0,578	0,9046 / 0,8871	37,4 / 29,3	3476,2 / 2737	93 / 97,4
	2	SP ₁ / SP ₂	6,267 / 10,717	6,03 / 9,17	0,382 / 0,582	0,9046 / 0,8868	37,4 / 29,2	2801 / 3214,4	75 / 110
	3	SP ₁ / SP ₂	4,661 / 8,576	6,03 / 8,29	0,382 / 0,526	0,9046 / 0,8973	37,4 / 31	2084 / 2830,9	55,7 / 91,3
	4	SP ₂	6,179 / 8,857	6,03 / 8,04	0,382 / 0,510	0,9046 / 0,8927	37,4 / 31,6	2762,7 / 3009,9	73,9 / 95,3
3	1	SP ₂	13,107 / 14,793	9,11 / 13,2	0,578 / 0,838	0,8871 / 0,8696	29,3 / 23,34	3955,7 / 3143,2	135 / 134,6
	2	SP ₁ / SP ₂	6,298 / 12,638	6,03 / 11,18	0,382 / 0,709	0,9046 / 0,8777	37,4 / 25,9	2815,9 / 3141,3	75,3 / 121,3
	3	SP ₁ / SP ₂	4,681 / 12,576	6,03 / 11,12	0,382 / 0,706	0,9046 / 0,8778	37,4 / 25,95	2093 / 2661,3	56 / 102,5
	4	SP ₂	11,338 / 14,702	8,29 / 13,73	0,526 / 0,833	0,8973 / 0,8700	31 / 23,4	3742,6 / 3011	120,7 / 128,7
2	1	SP ₂	19,019 / 20,353	14,20 / 17,62	0,901 / 1,178	0,8660 / 0,8548	22,3 / 19,46	3772,2 / 3295,9	169,1 / 169,3
	2	SP ₁ / SP ₂	11,992 / 19,146	8,04 / 15,14	0,510 / 0,961	0,8927 / 0,8626	31,6 / 21,4	4075,2 / 3575,6	129 / 167
	3	SP ₁ / SP ₂	10,270 / 15,926	8,04 / 13,73	0,510 / 0,833	0,8927 / 0,8700	31,6 / 23,4	3490 / 3400,4	83,1 / 145,3
	4	SP ₂	15,538 / 18,302	10,65 / 15,08	0,676 / 1,020	0,8800 / 0,8596	26,65 / 20,6	4043,7 / 3227,8	151,7 / 156,7
1	1	SP ₂	21,179 / 22,513	14,34 / 19,03	0,891 / 1,208	0,8665 / 0,8509	22,45 / 18,52	4169 / 3391	185,7 / 183,1
	2	SP ₁ / SP ₂	12,972 / 20,026	9,44 / 16,68	0,599 / 1,059	0,8356 / 0,8578	28,7 / 20,75	3784,5 / 3417,7	131,8 / 169,4
	3	SP ₁ / SP ₂	11,160 / 16,816	7,91 / 13,60	0,502 / 0,863	0,8334 / 0,8681	31,9 / 22,9	3851,7 / 3474	120,7 / 151,7
	4	SP ₂	17,580 / 22,352	12,06 / 19,10	0,766 / 1,212	0,8441 / 0,8507	24,7 / 18,48	4067,5 / 3355,2	164,6 / 181,6

sachant que : $\omega\% = 100 A/bh$ $\sigma_a = M/AEB$ $\sigma_b = \sigma_a/K$

Condition de non entrainement des barres: (EC1SA 68 Art 29-11)

$$\sigma_d = \frac{T^{max}}{npz} \leq \bar{\sigma}_d = 2 \psi_d \bar{\sigma}_b \quad \psi_d = 1,5 \text{ acier H.A}$$

Portique D-P (transversal).

NIV	5		4		3		2		1	
	rive	int	rive	int	rive	int	rive	int	rive	int
T [H]	5,439	5,847	9,955	8,612	13,374	11,045	16,134	12,765	17,184	13,520
A	3T12 1T14	3T12 1T14	3T16 2T14	5T16 1T12	5T16 2T12	5T16 1T12	8T16 1T14	5T16 2T14	8T16 1T14	6T16
np	15,71	15,71	23,88	28,9	28,9	28,9	43,91	33,53	43,16	30,16
z [cm]	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87	35,87
σ_d	10,37	17,42	11,62	8,33	12,94	10,65	10,24	10,61	10,90	12,50
$\bar{\sigma}_d$ max	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68
$\bar{\sigma}_d$ ent	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

Condition d'aufrage :

$$\sigma_d \leq \bar{\sigma}_d = 1,25 \psi_d \bar{\sigma}_b$$

selon les resultats cites ci-dessus il s'avere que les conditions de non entrainement, d'aufrage sont satisfaites

Verification des armatures inferieures :

on verifera que : $A \geq (T + M/z) / \bar{\sigma}_a$

NIV	5				4			
	M	T	$(T+M/z)/\bar{\sigma}_a$	A	M	T	$(T+M/z)/\bar{\sigma}_a$	A
1	4,104	4,745	3,85	4,93	9,069	9,955	8,38	9,17
2	5,347	5,642	4,89	4,93	10,717	8,612	9,16	9,17
3	5,287	5,494	4,81	4,93	8,576	10,242	8,13	8,29
4	3,977	4,498	3,71	4,93	8,857	8,418	7,88	8,04

NIV	3				2				1			
	M	T	$(T+M/z)/\bar{\sigma}_a$	A	A	$(T+M/z)/\bar{\sigma}_a$	M	T	M	T	$(T+M/z)/\bar{\sigma}_a$	A
1	14,793	13,374	13	13,2	17,62	17,34	20,33	16,134	22,513	17,184	19,03	19,16
2	12,638	8,619	10,44	11,18	15,14	14,75	19,146	8,612	20,026	13,385	16,47	16,68
3	12,576	10,236	10,78	11,12	13,13	13	15,926	10,236	16,816	10,236	13,59	13,60
4	14,102	12,889	12,42	13,13	16,08	15,62	18,302	14,609	22,352	15,269	18,47	19,16

Verification de la fissuration

condition de non fissuration: $\bar{\sigma}_a \leq \min \left\{ \frac{2}{3} \sigma_{eu}, \max(\sigma_1, \sigma_2) \right\}$

$$\sigma_1 = \frac{k \eta \overline{\omega_f}}{\phi (1 + 10 \overline{\omega_f})}$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \sigma_b}{\phi}}$$

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

$$k = 1,5 \cdot 10^6$$

Portique d.p.:

NIV	5				4				3				2				1			
APP	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ϕ [mm]	14	14	14	14	16	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
ω_f %	3,24	3,24	3,24	3,24	2,87	2,87	2,87	3,82	4,13	4,87	2,87	8,29	6,75	3,82	3,82	5,07	6,82	4,5	3,76	5,74
$\bar{\sigma}_a$	2225	1977	2055	1438	2317	2702	2084	2006	2637	2830	2093	2498	2515	2716	2726	2696	2780	2523	2568	2712
σ_1	3316	3316	3316	3316	3281	3281	4120	4120	4517	3281	4284	6759	6072	4120	4120	4999	6072	4644	3816	5865
σ_2	2620	2620	2620	2620	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458	2458

Armatures transversales

on utilise des $\phi 8$ soit 2 cadres
ou bien 1 cadre + 1 étrier } $A_t = 2,01 \text{ cm}^2$

$b = 35 \text{ cm}$ $z = 35,875 \text{ cm}$

NIV	T_{max}	σ_b'	δ_b	$\bar{\delta}_b$	$\bar{\sigma}_{at}$	A_t [cm ²]	t [cm]	t adopte	
								z nodale	z courante
5	5,498	876	4,37	23,9	2400	2,01	31,4	9	1,8
4	7,669	145,3	7,70	18,8	2400	2,01	17,9	9	1,8
3	12,374	200	10,65	21	2400	2,01	12,9	9	1,8
2	16,134	240	12,85	16,1	2400	2,01	10,7	9	1,8
1	17,184	241,3	12,68	15,9	2400	2,01	10	9	1,8

Verification s:

on remarque que $\delta_b < \bar{\delta}_b$ d'où les armatures inclinées ne sont pas nécessaires.

l'espace t:

$$t \leq \min \{ h/4 = 10,25, 12\phi = 9,6, 30 \text{ cm} \} \text{ z nodale}$$

$$\Rightarrow t \leq 9,6 \text{ cm}$$

$$t \leq h/2 = 20,5 \text{ cm} \quad \text{Zone courante.}$$

C'est vérifié

$$A_t = 2,01 \text{ cm}^2 > \begin{cases} 0,003 s \cdot b = 0,94 \text{ cm}^2 & \text{z nodale} \\ 0,03 s \cdot b = 1,89 \text{ cm}^2 & \text{z courante.} \end{cases}$$

FERRAILLAGE DES POTEAUX

+4

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, des efforts tranchants, et à des moments de flexion en tête et à la base dans les deux sens: transversal et longitudinal

Le calcul se fait sous (SP1) et la plus défavorable des combinaisons de (SP2), la plus grande section d'acier sera adoptée.

On distingue trois types d'efforts à savoir:

N^{\min}, M^{cor} pour le calcul des armatures tendues
 N^{\max}, M^{cor} pour le calcul du béton comprimé et
 M^{\max}, N^{cor} éventuellement pour les armatures comprimées.

La méthode de calcul des armatures est celle de P. Charou

Concernant le ferrailage des poteaux et les dispositions constructives, le RPA 81 stipule que: selon Art 4.2.3.1.1 les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets,

- Le pourcentage minimal en zone II est de 1%

Le pourcentage maximum est de 4%.

Le diamètre minimum est de 14 mm en zone II

Pour les armatures transversales sont calculées à l'aide de:

$$A_t/s = 1,25T/h_{\text{can}}$$

T: effort tranchant

$$s \leq 12\phi \text{ zone courante}$$

$$s \leq \min(70\phi, 75)$$

$$A_t = 0,004 s b_1 \text{ zone II.}$$

Les poteaux sont calculés selon la nature de la sollicitation:

- Compression simple: $M = 0$ $N \neq 0$ $N < 0$

- flexion composée: $M, N \neq 0$

Les cas qu'on a rencontré sont:

- section partiellement comprimée ($e_0 > e_1$)

$$e_1 = h_t/6 \quad e_0 = M/N$$

- section entièrement comprimée ($e_0 \leq e_1$)

- section en compression simple: $e_0 = 0$

La méthode de P. Charou étudie pour chaque cas les poteaux et donne le ferrailage correspondant pour chaque poteau.

Les vérifications à faire sur les poteaux sont:

- vérification du flambement des poteaux

- vérification de la résistance à l'effort tranchant.

- vérification des espacements des armatures transversales.

Calcul des armatures longitudinales (sous SPA)

Le calcul ayant été fait sous SPA donna des sections d'acier négatives c.-à-d. que le béton peut supporter à lui seul les efforts pour les sections entièrement comprimées, et des sections très faibles pour les sections partiellement comprimées. On donnera alors les sections minimales d'aciers pour les poteaux étudiés.

Armatures minimales sous SPA

- sections entièrement comprimées :
sens transversal :

Pot	A3		B3			D1			
NIV	2	1	3	2	1	4	3	2	1
N	7,633	15,612	15,830	30,521	45,015	10,568	16,669	22,770	28,871
θ_1	1,4	1,4	1,4	1	1	1,8	1,8	1,8	1,8
θ_2	2,672	3,444	2,672	2,672	3,444	2,672	2,672	2,672	3,444
θ_3	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514
Am	0,66	1,76	1,38	1,91	3,62	1,19	1,88	2,56	4,38

sens longitudinal

$$\theta_1 = \begin{cases} 1 & \text{poteau central} \\ 1,4 & \text{poteau de rive} \\ 1,8 & \text{poteau d'angle} \end{cases}$$

$$\theta_2 = 1 + f_c / (4\alpha - 2c)$$

$$\theta_3 = 1 + 2160 / \sigma_{eu}$$

Pot	D3				
NIV	5	4	3	2	1
N					
θ_1	1	1	1	1	1
θ_2	2,697	2,697	2,697	2,697	3,48
θ_3	1,514	1,514	1,514	1,514	1,514
Am	0,52	0,91	1,31	1,70	2,71

Sections partiellement comprimées :

Pot	A3		B3				D1						
Sens	Long		Long				Tran	Long					Tran.
NIV	2	1	4	3	2	1	4	5	4	3	2	1	5
θ_1	1,4	1,4	1,4	1,4	1	1	1,4	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
θ_2	2,697	3,48	2,697	2,697	2,697	3,48	2,672	2,697	2,697	2,697	2,697	3,48	2,672
θ_3	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52	1,52
N	1,734	3,55	1,734	3,55	7,602	11,55	7,458	1,718	4,41	7,11	9,81	12,51	4,745
α	0,465	0,416	0,465	0,414	0,302	0,302	0,367	0,464	0,428	0,385	0,388	0,302	0,443
$\gamma : \alpha h$	14,64	13,1	14,64	13,04	c.5	c.5	11,55	14,64	13,48	12,12	12,22	c.5	13,98
σ_m	3,4	7,74	3,4	7,78	c.5	c.5	18,44	3,36	9,35	16,75	22,9	c.5	9,63
Am	0,15	0,40	0,14	0,31	0,48	0,94	0,65	0,20	0,50	0,81	1,12	1,84	0,53

Poteau D1

Soll.		SP1					SP2				SP2					SP2					
S_{ex}	NIV	N [t]	M [t.m]	e_0 [m]	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{max}	M^{cor}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{min}	M^{cor}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{cor}	M^{max}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$
TRAN.	5	4,745	0,694	0,146	P.C	149	6,718	3,441	0,512	P.C	243	1,368	3,888	2,842	P.C	243	2,494	4,79	1,92	P.C	243
	4	10,568	0,460	0,043	E.C	101	17,577	6,716	0,382	P.C	243	0,319	6,213	19,476	P.C	243	2,745	7,588	2,764	P.C	243
	3	16,669	0,166	0,010	E.C	85,6	32,459	10,891	0,355	P.C	243	-3,632	9,144	-2,517	P.T	243	-3,214	10,869	-3,381	P.T	243
	2	22,77	0,166	0,007	E.C	84,4	50,653	14,596	0,288	P.C	243	-10,333	10,854	-1,050	P.T	243	-6,995	12,921	-1,847	P.T	243
	1	28,871	0,166	0,005	E.C	84,3	70,107	15,867	0,226	P.C	243	-18,084	13,624	-0,753	P.T	243	-14,781	16,245	-1,099	P.T	243
LONGI.	5	1,718	0,16	0,3	P.C	162	3,015	3,413	1,11	P.C	243	0,164	2,04	12,4	P.C	243	3,015	3,41	1,11	P.C	243
	4	4,410	0,562	0,127	P.C	140,1	8,57	5,12	0,59	P.C	243	-0,188	3,37	17,9	P.T	243	8,57	5,12	0,59	P.C	243
	3	7,11	0,54	0,075	P.C	116,9	15,79	6,82	0,36	P.C	243	-1,93	4,83	2,5	P.T	243	15,79	6,82	0,36	P.C	243
	2	9,812	0,8	0,081	P.C	118,7	24,12	7,42	0,30	P.C	243	-4,59	5,11	1,1	P.T	243	24,12	7,42	0,3	P.C	243
	1	12,51	0	0	C.S	81	34,8	15,53	0,44	P.C	243	-9,21	12,94	1,4	P.T	243	34,8	15,5	0,44	P.C	243

Poteau D3

Soll		SP1					SP2				SP2					SP2					
S_{ex}	N1	N	M	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{max}	M^{cor}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{min}	M^{cor}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$	N^{cor}	M^{max}	e_0	soll	$\bar{\sigma}_b'$
TRAN.	5	8,757	0,462	0,052	E.C	105,2	9,157	4,814	0,415	P.C	243	5,007	3,34	0,668	P.C	243	9,15	4,814	0,525	P.C	243
	4	25,407	0,541	0,021	E.C	90,9	26,87	8,25	0,306	P.C	243	14,126	6,28	0,444	P.C	243	26,87	8,25	0,307	P.C	243
	3	42,081	0,433	0,010	E.C	85,6	45,77	12,57	0,274	P.C	243	22,48	9,91	0,440	P.C	243	45,77	12,57	0,274	P.C	243
	2	58,755	0,433	0,007	E.C	84,4	65,63	14,87	0,226	P.C	243	29,65	11,82	0,398	P.C	243	65,63	14,87	0,226	P.C	243
	1	75,429	0,433	0,005	E.C	83,6	86,00	17,51	0,203	P.C	243	36,59	14,03	0,383	P.C	243	86	17,51	0,203	P.C	243
LONGI.	5	8,24	0,331	0,04	E.C	99,6	8,194	3,64	0,44	P.C	243	4,87	3,38	0,69	P.C	243	8,19	3,64	0,44	P.C	243
	4	14,47	0,167	0,011	E.C	86,1	15,65	7,23	0,46	P.C	243	7,24	5,82	0,80	P.C	243	15,65	7,23	0,46	P.C	243
	3	20,71	0,162	0,007	E.C	84,6	24,05	10,29	0,43	P.C	243	8,87	8,37	0,94	P.C	243	24,05	10,3	0,43	P.C	243
	2	26,95	0,162	0,006	E.C	83,8	33	11,31	0,34	P.C	243	10,02	9,22	0,92	P.C	243	33	11,3	0,34	P.C	243
	1	33,20	0,162	0,005	E.C	83,3	42,8	20,4	0,47	P.C	243	10,47	16,78	1,60	P.C	243	42,8	20,4	0,47	P.C	243

7E

Poteau D3: SP₂

Soll	N _{max} , M _{corr}										N _{min} , M _{corr}									
	Long					trans					Long					trans				
N _v	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1
N	8,194	15,66	24,05	33	42,8	9,157	26,87	45,76	65,63	86,003	4,87	7,24	8,87	10,02	10,47	5,007	14,126	22,48	29,65	36,583
M	3,64	7,23	10,29	11,31	20,4	4,814	8,25	12,577	14,869	17,509	3,385	5,82	8,372	9,22	16,78	3,346	6,278	9,908	11,878	14,028
e ₀	0,44	0,46	0,43	0,34	0,476	0,415	0,306	0,274	0,226	0,203	0,69	0,8	0,94	0,92	1,6	0,668	0,444	0,444	0,398	0,383
σ _b	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243	243
f	0,58	0,6	0,57	0,48	0,616	0,555	0,446	0,414	0,366	0,343	0,83	0,94	1,08	1,06	1,74	0,808	0,584	0,58	0,538	0,523
M ₁	4,75	9,34	13,7	15,81	26,36	5,082	11,007	18,95	24,00	29,15	4,01	5,0	6,1	10,62	18,2	4,05	8,25	13,04	15,05	15,14
μ	0,048	0,094	0,144	0,163	0,271	0,052	0,1232	0,1948	0,247	0,303	0,041	0,07	0,0987	0,1092	0,1871	0,0416	0,0848	0,1341	0,1640	0,1968
K	38,8	25,3	19,7	17,8	12,4	37,2	21,5	15,7	13,3	11,4	43	31	25	23,4	16,2	42,8	27,5	20,4	17,7	15,6
E	0,9071	0,8789	0,8559	0,8476	0,8179	0,9042	0,863	0,8371	0,8233	0,8106	0,9138	0,8913	0,8750	0,8698	0,8397	0,8135	0,8824	0,858	0,8471	0,8366
σ _b	108,2	166	213,2	235,9	338,7	172,9	195,3	267,57	315,79	368,4	57,67	135,4	168	179,48	198,2	98,73	152,72	205,9	237,3	269,2
K	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	—	—	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28	17,28
α	—	—	—	—	0,4647	—	—	0,4647	0,4647	0,4647	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,4647
E	—	—	—	—	0,8451	—	—	0,8451	0,8451	0,8451	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8451
M'	—	—	—	—	0,1966	—	—	0,1966	0,1966	0,1966	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,1966
y ₁	—	—	—	—	14,638	—	—	14,638	14,638	14,638	—	—	—	—	—	—	—	—	—	14,638
σ _a	—	—	—	—	2773,4	—	—	2773,4	2773,4	2773,4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2773,4
M ₁	—	—	—	—	16,59	—	—	16,59	16,59	16,59	—	—	—	—	—	—	—	—	—	16,59
ΔM	—	—	—	—	9,769	—	—	2,36	7,43	12,91	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,55
A'	—	—	—	—	12,57	—	—	3,04	9,57	16,625	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
A _{fs}	3,950	8,08	12,09	14,12	23,14	4,248	10,5	16,84	21,156	25,815	3,34	5,77	8,29	9,23	16,38	3,35	7,067	11,47	14,23	17
A _{fc}	2	4,35	6,37	6,26	12,94	2,068	4,1	5,94	5,53	5,34	2,18	4,046	6,178	6,84	13,88	2,16	3,7	6,12	7,17	8,287

Armature Longitudinale.

Tableau de ferrailage des poteaux

75

poteau D1

NIV	SP1			SP2		A_{RPA}^{min}	A_{RPA}^{max}	A_{ado}	A ciers		
	A_L^{min}	A_T^{min}	A_{tot}^{min}	A_L	A_T				Long	Trans	S. adop
5	0,196	0,53	0,726	2,38	2,70	12,25	49	12,31	6T14	6T14	8T14
4	0,502	1,19	1,69	3,24	5,91	12,25	49	16,03	4T16	6T16	8T16
3	0,82	1,86	2,69	4,72	9,80	12,25	49	18,84	4T20	6T20	6T20
2	1,12	2,56	3,68	5,89	12,11	12,25	49	25,15	2(2T20)	2(4T20)	8T20
1	1,84	4,18	6,02	14,74	16,06	12,25	49	31,4	2(4T20)	2(5T20)	10T20

poteau D3

NIV	SP1			SP2		A_{RPA}^{min}	A_{RPA}^{max}	A_{adop}	A ciers		
	A_L^{min}	A_T^{min}	A_{tot}^{min}	A_L	A_T				Long	Trans	S. Adop.
5	0,52	0,55	1,07	2,18	2,16	12,25	49	12,31	6T14	6T14	8T14
4	0,92	1,59	2,51	4,35	4,10	12,25	49	12,31	6T14	6T14	8T14
3	1,31	2,63	3,94	6,37	6,12	12,25	49	16,08	6T16	6T16	8T16
2	1,71	3,67	5,38	6,84	9,57	12,25	49	22,88	2(2T20+1T16)	2(3T20)	6T20+2T16
1	2,71	6,07	8,78	13,88	16,63	12,25	49	35,43	2(4T20+1T16)	2(5T20)	10T20+2T16

poteau A3

NIV	SP1			SP2		A_{RPA}^{min}	A_{RPA}^{max}	A_{adop}	A ciers		
	A_L^{min}	A_T^{min}	A_{tot}^{min}	A_L	A_T				Long	Trans	S. adop.
2	0,15	0,66	0,81	6,38	13,65	12,25	49	31,4	2(3T20)	2(4T20)	10T20
1	0,40	1,76	2,16	15,69	17,88	12,25	49	35,43	2(5T20)	2(5T20+1T16)	10T20+2T16

poteau B3

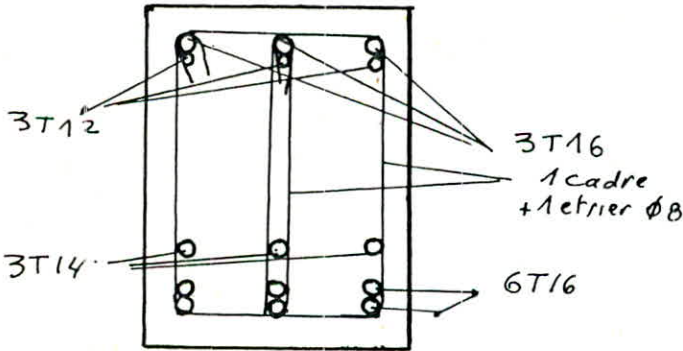
NIV	SP1			SP2		A_{RPA}^{min}	A_{RPA}^{max}	A_{ad}	A ciers		
	A_L^{min}	A_T^{min}	A_{tot}^{min}	A_L	A_T				Long	Tran	S. ad.
4	0,14	0,65	0,79	4,45	6,11	12,25	49	15,40	2(3T14)	2(4T14)	10T14
3	0,13	1,38	1,51	9,32	9,89	12,25	49	25,13	2(3T20)	2(3T20)	8T20
2	0,48	1,91	2,39	9,29	10,24	12,25	49	31,4	2(3T20)	2(4T20)	10T20
1	0,94	3,62	4,56	15,4	13,02	12,25	49		2(4T20)	2(5T20)	10T20

Espacement des armatures transversales :

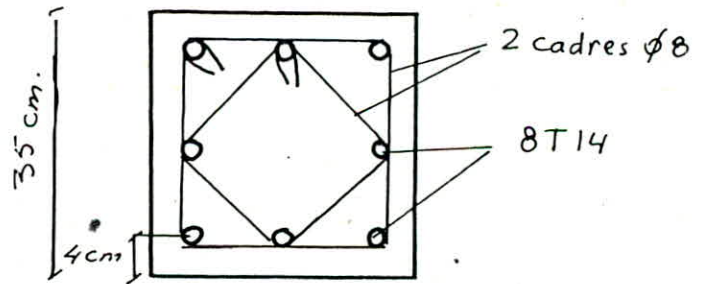
POT	NIV	NT	A _t [cm ²]	n° de cadres et d'étriers	f [cm]	Zone courante		Zone nodale	
						F	f _{adop}	F	F _{adop}
D ₁	5	3,52	2,01	2 cadres ϕ 8	24,18	16,2	15	14	12
	4	6,78	2,01	2 cadres ϕ 8	12,86	19,2	15	15	12
	3	10,96	2,01	(1cadre + 1étr.) ϕ 8	8	24	15	15	12
	2	13,06	2,01	2 cadres ϕ 8	8,47	16,8	15	14	12
	1	10,3	3,01	(2cadre + 1étr.) ϕ 8	8,47	24	15	15	12
D ₃	5	4	2,01	2 cadres	21,8	16,8	15	14	12
	4	7,72	2,01	2 cadres	11,30	16,8	15	14	12
	3	12,48	2,01	1cadre + 1étrier	7,00	19,2	15	14	12
	2	14,84	3,01	1cadre + 2étrier	5,87	19,2	15	15	12
	1	12,92	2,01	2 cadres	10,11	19,2	15	15	12
B ₃	4	8,66	2,01	2 cadres	10,07	16,2	15	15	12
	3	13,26	3,01	2cadres + 1étrier	6,58	19,2	15	15	12
	2	15,80	2,01	2 cadres	8,26	19,2	15	15	12
	1	12,58	3,01	2cadres + 1étrier	10,38	24	15	15	12
A ₃	2	16,56	3,01	2 cadres + 1étrier	5,26	16,8	15	14	12
	1	13,08	3,01	2cadres + 1étrier	9,98	19,2	15	15	12

Remarques :

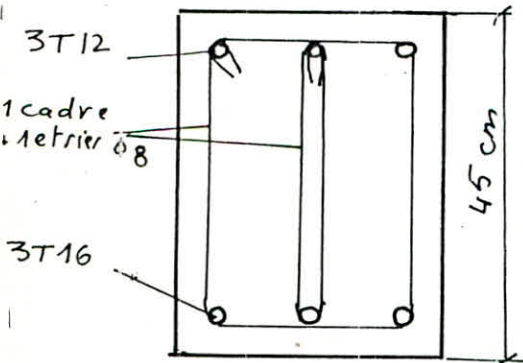
- les espacements adopter tiennent lieu de conditions exigées par le R.P.A. 81.



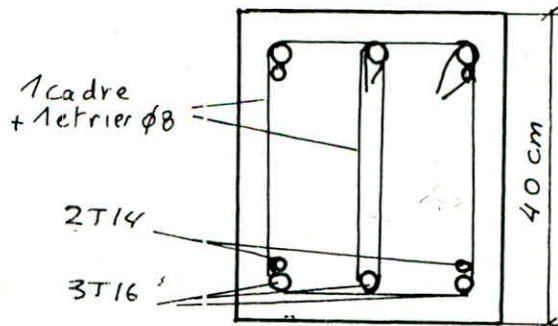
poutre porteuse (Appui 2) niv 1.



Potéau D3 NIVEAU 5



poutre (1-2) niv 1 (non-portée)



poutre non porteuse B-C Appui B niv 1.

Armatures transversales

77

- Verification de la resistance à l'effort tranchant

$$\sigma_b = nT/bz < \bar{\sigma}_b = 0,15 \sigma_{b2B} = 0,15 \times 270 = 40,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$n = \begin{cases} 2 & \text{si } \lambda \geq 15 \\ 3 & \text{si } \lambda < 15 \end{cases} \text{ suivant la direction considerée}$$

$$T = \max(T_p^{\max}, T_t^{\max}) \quad \begin{array}{l} T_p^{\max} \text{ efforts t. max pour tous les} \\ T_t^{\max} \text{ niveaux. (longi et trans)} \end{array}$$

$$\lambda = l_c/c \quad c = \sqrt{I/\beta} \quad \begin{array}{l} I: \text{ mt d'inertie de la section du pot.} \\ \beta: \text{ section du poteau.} \end{array}$$

ρ^x	f_c [m]	c [m]	λ	n	T [t]	z [cm]	σ_b [kg/cm ²]	$\bar{\sigma}_b$ [kg/cm ²]
D1	2,275	10,10	22,52	2	6,53	27,12	13,76	40,5
D2	2,275	10,10	22,52	2	7,42	27,12	15,60	40,5
A3	2,275	10,10	22,52	2	8,28	27,12	17,44	40,5
B3	2,275	10,10	22,52	2	7,90	27,12	16,64	40,5

on remarque que $\sigma_b < \bar{\sigma}_b$ d'où la resistance à l'effort tranchant est verifiée.

- Ecartement des armatures transversales

On dispose dans chaque section des cadres et des étriers dont on calculera les espacements qui seront compares à l'espacement admissible

espacement admissible :

$$F \leq \min(10 \phi_{e \min}, 15 c_w) \quad \begin{array}{l} \text{pour la zone nodale} \\ \text{pour la zone courante} \end{array}$$

espacement theorique :

$$t = \frac{A_t \bar{\sigma}_{at}}{T}$$

Longueur de recouvrement:

$$P_r \begin{cases} \geq 50 \phi_e \\ \frac{\phi_e \bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_d} = 42,2 \phi_e \end{cases} \Rightarrow P_r \geq 5 \phi_e$$

La quantite d'acier minimale:

$$A_t^{\min} = 0,004 t.b$$

La fondation est un organe de transmission de charges de la superstructure au sol, elle ne peut être calculée que si l'on connaît : la superstructure et ses charges
les caractéristiques du sol

Selon la structure de l'ouvrage il a été conçu des semelles isolées sous poteau

Reconnaissance géotechnique du sol

D'après le rapport du sol qui nous a été confié, la reconnaissance in-situ a consisté en l'exécution de 7 sondages à la tarière avec réalisation des essais pressiométriques en trois sondages. Les sondages ont atteint une profondeur maximale de 10,50 m ces sondages ont permis de mettre en évidence un sol très homogène, il s'agit d'un sable peu limoneux-argileux. Le niveau d'eau est repéré entre 6 et 9 m

Caractéristiques mécaniques du sol à partir des essais pressiométriques :

L'essai pressiométrique consiste à effectuer une mise en charge latérale du terrain grâce à une sonde dilatable radialement par application d'une pression interne croissante, la sonde sera enfoncée dans un trou de même diamètre sensiblement.

On déterminera les déformations correspondantes en mesurant la variation de volume de la cellule centrale.

La dilatation de la sonde est obtenue par injection d'eau sous pression dans une cellule de mesure c

L'essai pressiométrique est réalisée à l'aide d'une sondeuse D 9000 et n'a de signification que si les avant trous sont bien exécutés il met en évidence trois facteurs importants à savoir :

- le module pressiométrique E_p : qui est un module de distorsion du terrain mesuré dans un champ de contrainte déviatorique il caractérise la phase pseudo-élastique de l'essai.
- la pression limite P_l : qui correspond à l'état limite de rupture du terrain si celui-ci est soumis à une pression uniforme croissante sur la paroi d'une cavité cylindrique
- la pression de fluage P_f :

Résultats des essais pressiométriques.

La pression limite varie entre $(7,91 \div 29,22) \text{ kg/cm}^2$

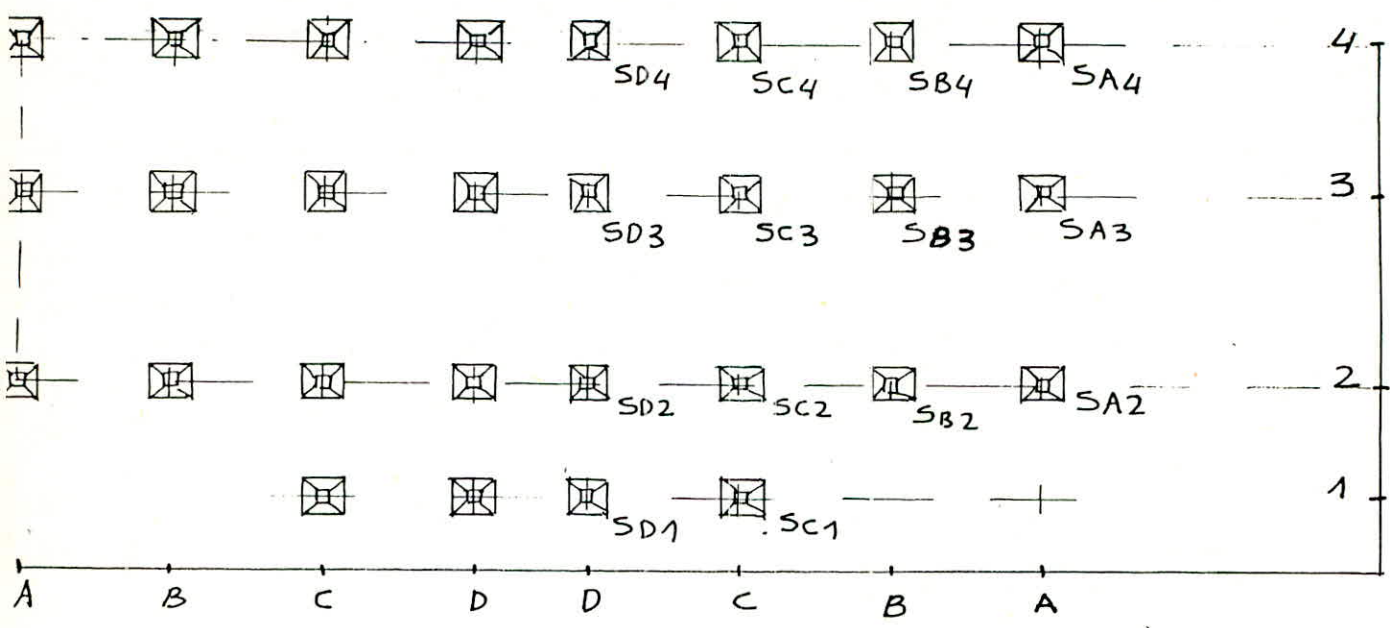
Le module pressiométrique = $(140 \div 745) \text{ kg/cm}^2$

Le rapport E/P_l est une caractéristique du sol étudié
Ce rapport montre que le sol est normalement consolidé

La contrainte admissible du sol : $1,5 \text{ kg/cm}^2$

Les tassements de consolidations sont inférieurs à 20 mm

Designation des semelles



Efforts normaux et moments revenant aux semelles

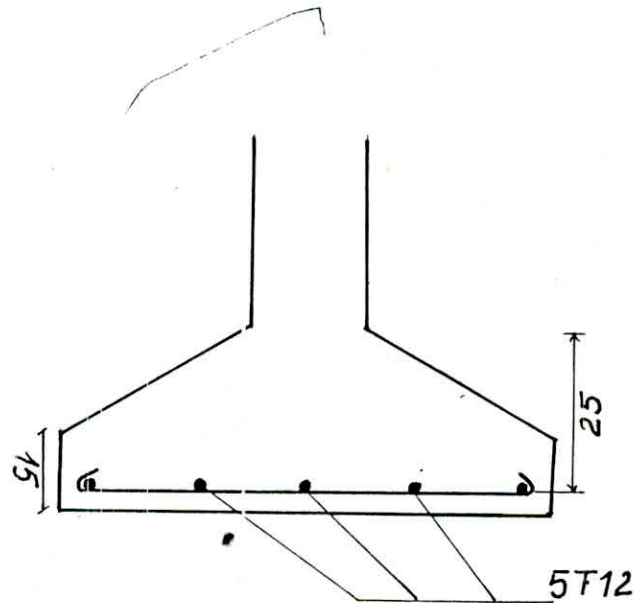
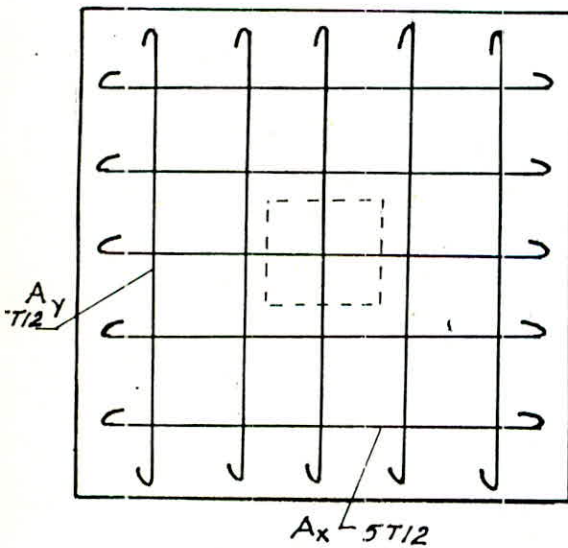
	Longitudinal		Transversal		=	N [t]	M [t.m]
	N	M	N	M			
	$N_G \pm N_e \pm N_p$	$M_G \pm M_e \pm M_p$	$N_G \pm N_e \pm N_p$	$M_G \pm M_e \pm M_p$			
SC1	34,800	15,530	70,107	15,867	S_{P_2}	104,907	15,867
SA3	3,550	0,399	15,611	0,338	S_{P_1}	19,161	0,399
SA4	15,125	18,100	13,597	1,296	S_{P_2}	38,722	18,1
SB2	16,986	19,700	53,408	18,139	S_{P_2}	70,394	19,700
SB3	11,550	0	45,015	0,611	S_{P_1}	56,565	0,611
SC2	18,390	0	83,706	19,493	S_{P_2}	108,096	19,493
SD2	42,800	20,400	83,706	19,493	S_{P_2}	126,506	20,400
SC3	18,470	0	75,429	0,433	S_{P_1}	93,900	0,433

Remarques

- Toutes les semelles sont sollicitées par des efforts normaux et des moments.
- On donnera le calcul détaillé pour la semelle SC3, pour les autres semelles on se contente de donner les résultats seulement dans un tableau.
- Dans le tableau ci-dessus sont mentionnés les efforts $(M_G + M_p \pm M_e)$ et $(N_G + N_p \pm N_e)$, néanmoins si la sollicitation du 1^{er} genre est la plus importante on sous-entend que les efforts sont $(N_G + N_p)$ et $(M_G + M_p)$.

Dimensionnement et ferrailage des semelles :

e ^m	N [t]	M [t.m]	S _o ll	e ₁	A	h	h _f	h _i	c _m	A _x	A _d	esp	cout.	stab.
C1	104,907	15,867	SP ₂	0,16	240	50	55	20	1,44	15,18	14T12	18	Verifie	Verifie
A3	19,161	0,399	SP ₁	0,02	120	25	30	15	1,37	3,00	5T12	27	"	"
A4	38,722	18,100	SP ₂	0,46	180	40	45	15	1,42	6,58	7T12	28	"	"
B2	70,394	19,700	SP ₂	0,28	210	45	50	20	1,49	11,38	11T12	28	"	"
B3	56,565	0,611	SP ₁	0,01	200	45	50	20	1,43	9,36	9T12	24	"	"
C2	108,09	19,493	SP ₂	0,18	250	55	60	20	1,40	15,26	14T12	18	"	"
D2	126,506	20,400	SP ₂	0,16	260	60	65	25	1,48	16,75	15T12	18	"	"
C3	93,900	0,433	SP ₁	0,004	250	55	60	20	1,50	16,22	15T12	18	"	"



Semelle SA-3

Calcul d'une semelle

Dimensionnement: Semelle Sc2

$$N = 108,090 \text{ t sous SP2} \quad M = 19,493 \text{ t.m.}$$

La semelle se dimensionnera selon la formule de la R.D.M.

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{S} \pm \frac{M}{I}$$

$$\text{en vérifiant } \sigma(A/4) = \frac{\sigma_1 + 3\sigma_2}{4} \leq \bar{\sigma}_s$$

on adopte des semelles de forme carrée: $S = A^2$

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{N}{A^2} + \frac{6M}{A^3} \\ \sigma_2 &= \frac{N}{A^2} - \frac{6M}{A^3} \end{aligned} \right\} \sigma(A/4) = \frac{N}{A^2} + \frac{3M}{A^3} \leq \bar{\sigma}_s \quad \bar{\sigma}_s = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

ou aura à résoudre une équation de 3^{ème} degré qui sera:

$$\frac{108090}{A^2} + \frac{3 \times 1949300}{A^3} \leq 1,5 \times 1,5 \quad \text{car la sollicitation est SP2}$$

$$A \geq 243 \text{ cm on choisit } A = 250 \text{ cm}$$

A a été déterminée après plusieurs itérations.

$$\text{La hauteur } h: \quad h \geq \frac{A-a}{4} = 53,75 \text{ cm} \quad h = 55 \text{ cm.}$$

$$\text{La hauteur totale } h_t: \quad h_t = h + d \quad d = 5 \text{ cm.} \quad h_t = 60 \text{ cm}$$

$$\text{La hauteur } h_1 = h_t/3 + h_t/2 \quad \text{tout en vérifiant: } h_t \geq 6\phi + 6.$$

Etant l'acier utilisé dans les semelles est du T12 doux

$$h_1 \geq 6 \times 1,2 + 6 = 13,2 \text{ cm.}$$

$$h_1 = 20 + 30 \text{ cm on adopte } h_1 = 20 \text{ cm.}$$

Ferrailage:

Le ferrailage de la semelle se fait suivant la méthode des bielles pour la sollicitation du 2^{ème} genre, on distingue 2 cas:on comparera $e_2 = \frac{M_2}{N_2}$ avec $A/6$

$$e_2 = \frac{1949300}{108090} = 18 \text{ cm} \quad N_2 \quad A/6 = 41,6 \text{ cm.}$$

$$e_1 = \frac{108090}{108090}$$

 $\Rightarrow e_2 < A/6$ diagramme trapézoïdale ou triangulaire de la réaction du sol.

$$\text{on calcule: } \sigma_1 = \frac{N_2}{A^2} \left(1 + \frac{6e_1}{A} \right) = 2,47 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = \frac{N_2}{A^2} \left(1 - \frac{6e_1}{A} \right) = 0,98 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_m = (3\sigma_1 + \sigma_2) / 4 = 2,09 \text{ kg/cm}^2$$

$$N_2^* = \sigma_m \times A^2 = 131130 \text{ kg.}$$

La section d'acier nécessaire:

$$A_x = A_y = N_2^* (A-a) / (8h \cdot 1,5 \bar{\sigma}_a)$$

$$= \frac{131130 \times 215}{8 \times 55 \times 1,5 \times 2800} = 15,26 \text{ cm}^2$$

on adopte 14T12 = 15,82 espaces de 18 cm.

Verifications necessaires :

I. verification de la stabilite :

il faut que $A \geq 6 e_1$ avec $e_1 = \frac{M}{N}$
 $M = 0,8 M_G \mp M_E = 15,544 \text{ t.m}$
 $N = 0,8 N_G \pm N_E = 71,508$
 $A = 250 > 6 \times 22 = 132 \text{ cm}$ stabilite verifiee

II. verification des contraintes :

il faut avoir $A \geq \frac{N}{\sigma_s} (1 + 3 \frac{e_1}{A})$
 $e_1 = \frac{M}{N}$
 $M = M_G + M_p \mp M_E = 15,870 \text{ t.m.}$
 $N = N_G + N_p \pm N_E = 97,722 \text{ t}$
 $\frac{M}{N} = \frac{15,87}{97,722} = 0,16 \text{ m} = 16 \text{ cm.}$
 $\frac{97722}{250 \times 1,5} (1 + 3 \times \frac{16}{250}) = 207 \text{ cm.}$

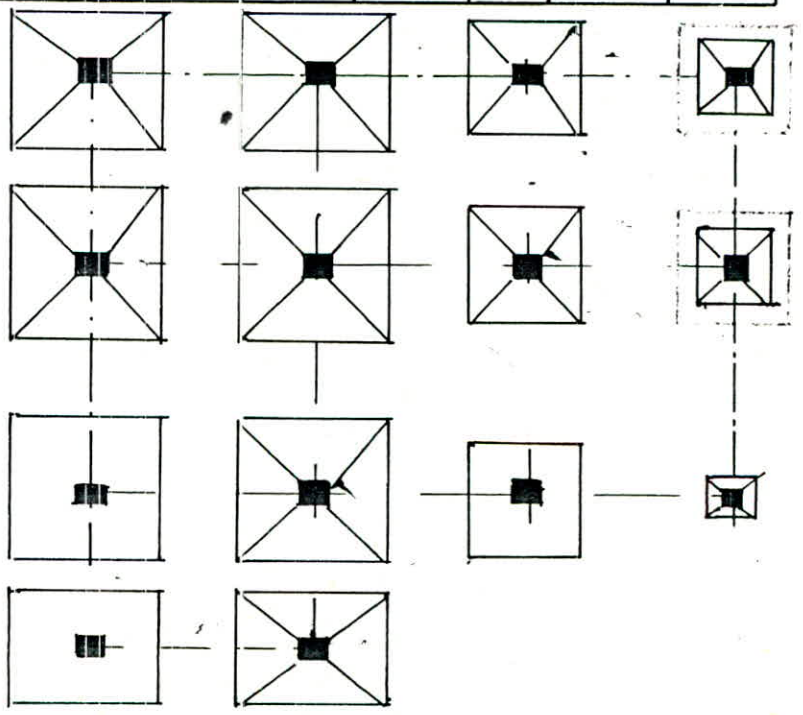
$A = 250 \text{ cm} > 207 \text{ cm}$ les contraintes sont verifiees
 De la même methode on dimensionne et on ferraille les autre semelle dont on se contente de donner les resultat sous forme de tab.

m	N [t]	M [t.m]	sol	e_1 [m]	A [cm]	h	h_t	h_i	σ_m [kg/cm ²]	$A_x = A_y$	A adop	n° barre	esp.	contr.	stabil.
1	104,907	15,867	SP ₂	0,16	240	50	55	20	1,44	15,18	15,82	14T12	18	verifie	verifie
3	19,161	0,399	SP ₁	0,02	120	25	30	15	1,37	3,00	5,65	5T12	27	"	"
4	38,722	18,100	SP ₂	0,46	180	40	45	15	1,42	6,50	7,91	7T12	28	"	"
2	70,394	19,700	SP ₂	0,28	210	45	50	20	1,49	11,38	12,43	11T12	20	"	"
3	56,565	0,611	SP ₁	0,01	200	45	50	20	1,43	9,36	10,17	9T12	24	"	"
2	108,09	19,493	SP ₂	0,18	250	55	60	20	1,40	15,26	15,82	14T12	18	"	"
2	126,506	20,400	SP ₂	0,16	260	60	65	25	1,48	16,75	16,95	15T12	18	"	"
3	93,900	0,433	SP ₁	0,004	250	55	60	20	1,50	16,22	16,95	15T12	18	"	"

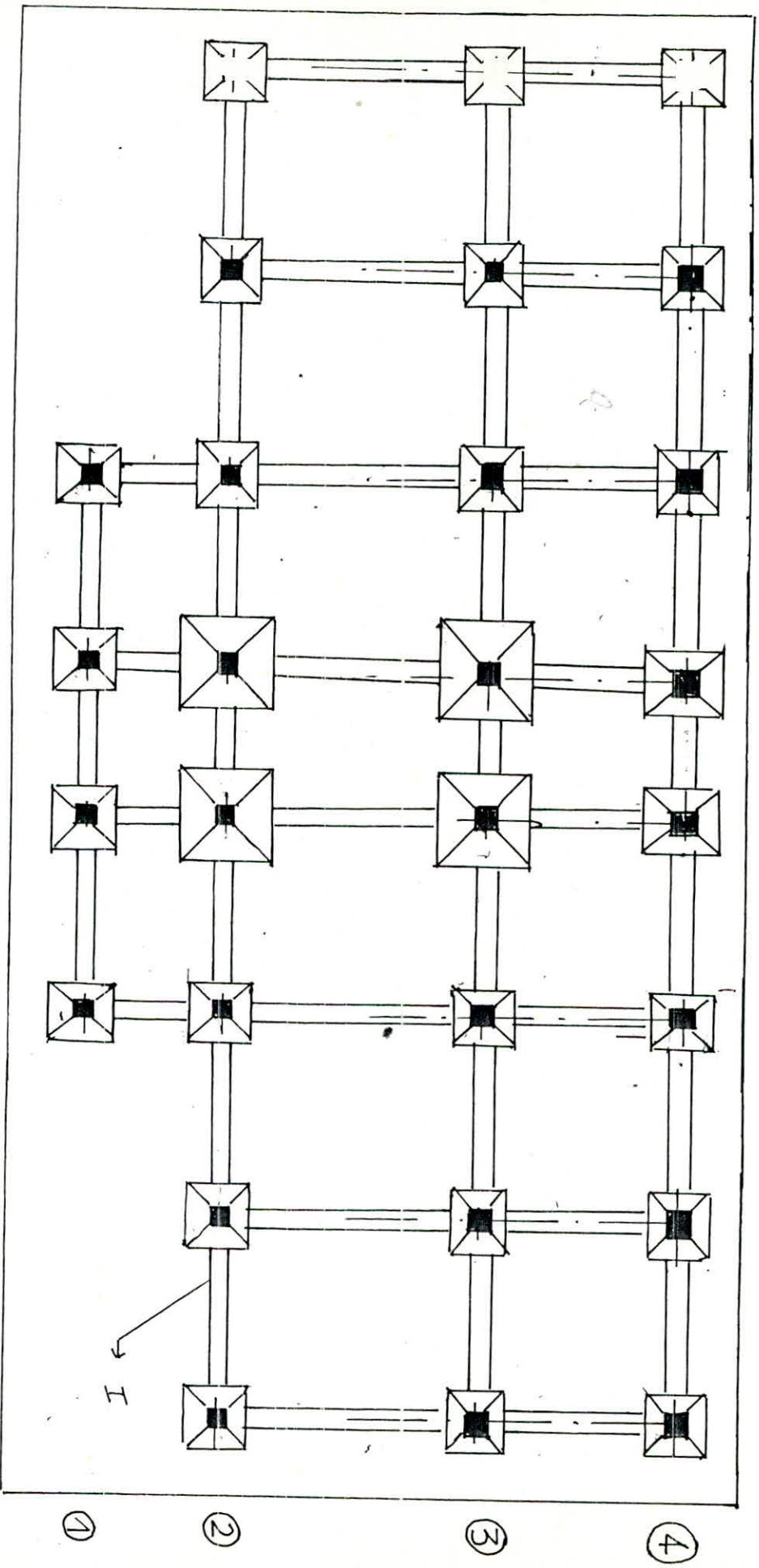
Remarques :

Afin de faciliter l'execution des semelles de fondation il est preferable d'adopter les mêmes dimensions pour les semelles, les mêmes sections d'acier qui sont rapprochees c'a-d :

SD2 = SC2 = SC3 = SC1
 SB2 = SB3 = SB1
 SA3 = SA4



SEMELLES ADOPTEES



I - Longrine assurant le chaînage de fondations.

EVALUATION DES TASSEMENTS

Dans le cas des semelles isolées, pour des fondations superficielles on tient compte de deux causes des tassements qui se superposent: un tassement instantané dû à des déformations de cisaillement. (déformation du sol vers l'extérieur de la semelle).
un tassement de consolidation dans la zone située sous les semelles où les contraintes sont élevées.

Calcul du tassement :

Pour calculer les tassements L. Menard a estimé que lorsqu'une fondation de dimensions limitées surcharge le sol il se crée sous la fondation deux domaines où le comportement est très différent à savoir :

- le domaine sphérique qui correspond à une demi sphère située sous la semelle dans laquelle le sol tasse par consolidation selon la théorie de Terzaghi, ce qui entraîne un tassement S_2
 - le domaine deviatorique situé à la périphérie où le sol se déforme sous l'effet des contraintes de cisaillement qui sont prédominantes. La déformation se fait alors à volume constant comme dans l'essai pressiométrique d'où un tassement S_1
- le tassement total sera :

$$S = S_1 + S_2$$

avec $S_1 = \frac{1+\nu}{3E} q R_0 \left(\lambda_2 \frac{R}{R_0} \right)^\alpha$ ν : coef de Poisson = 0,33
 $S_2 = \frac{\alpha}{4,5E} q \lambda_3 R$ q : contrainte appliquée par la semelle
 R : demi largeur de la semelle.
 R_0 : rayon de référence = 30 cm
 E : module pressiométrique du sol
 α : coef de structure du sol.
 λ_2, λ_3 : coef de forme de la semelle

notre sol étant - normalement consolidé
- sable.

d'où : $\alpha = 1/3$ le rapport $E/p_1 = 7 + 12$ (Phillipponat)
 fondation de semelles carré :

$$\lambda_2 = 1,12$$

$$\lambda_3 = 1,10 \text{ (Phillipponat)}$$

Remarque : connaissant la pression limite donnée par le rapport du sol : $p_{\min} = 7,91 \text{ kg/cm}^2$

à titre sécuritaire : on prend $E/p_e = 7 \Rightarrow E = 55,3 \text{ kg/cm}^2$

on comparant à E_{\min} donnée par le rapport du sol : $E = 140 \text{ kg/cm}^2$
 et quand on sait que les tassements S_1, S_2 sont invers.
 proportionnels à E , pour avoir de grands tassements
 on opte pour $E = 55,3 \text{ kg/cm}^2$.

$$S_1 = \frac{1,33}{3 \times 55,3} \times 30 q \left(\frac{1,12 R}{30} \right)^{1/3} = 0,249 (0,037 R)^{1/3}$$

$$S_2 = \frac{1 \times 1,1}{4,5 \times 3 \times 55,3} q R = 0,00149 R$$

calcul des tassements

sem	A [cm]	R [cm]	q [kg/cm ²]	s_1 [cm]	s_2 [cm]	s [cm]	\bar{s} [cm]	verific.
SC1	240	120	1,44	0,56	0,24	0,80	2	verifié
SA3	120	60	1,37	0,43	0,11	0,54	2	"
SA4	180	90	1,42	0,50	0,13	0,68	2	"
SB2	210	105	1,49	0,56	0,22	0,78	2	"
SB3	200	100	1,43	0,53	0,20	0,73	2	"
SC2	250	125	1,40	0,56	0,24	0,80	2	"
SD2	260	130	1,48	0,60	0,27	0,87	2	"
SC3	250	125	1,50	0,60	0,26	0,86	2	"

Remarques:

Les tassements admissibles sous une semelle isolée sont estimés à 2 cm., ces tassements qui sont évalués par la théorie pressiométrique sont généralement plus faibles que les tassements obtenus par la méthode œdométrique. Mais L. Menard en a tenu compte car les tassements différentiels supposés admissibles dans les règles d'utilisation du pressiomètre sont plus sévères que ceux adoptés avec les méthodes de calcul œdométriques pour notre cas:

batiment d'habitation normal: le tassement différentiel pour deux points distants de 10 m est de l'ordre de 3 à 6 mm, exemple:

les semelles SD₂, SB₂ distantes de 8,80 m.

le tassement différentiel $\Delta s = 0,87 - 0,78 = 0,09$ cm. = 0,9 mm. qui est très faible

Conclusion:

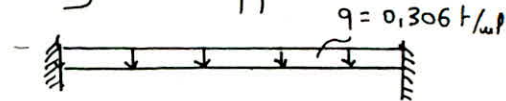
- Vu la différence des tassements faible il n'y a pas lieu de vérifier le tassement différentiel d'autant plus que le sol en sable seulement ne pose pas de problèmes de tassements.
- Pour les semelles isolées la méthode pressiométrique aboutit à des résultats satisfaisants pour peu que les mesures des tassements soient commencées très tôt pour suivre le tassement instantané.

Les fondations sont chaînées dans les 2 directions avec des longrines suffisamment rigides, qui sont calculées pour résister à la traction sous l'action d'une force égale à $N/10$ pour 1 sol meuble selon Lc (RPA 81 Art 4.2.3.3).

dimensions de la plus longue des longrines : ($L = 5,50\text{ m}$).

dont la forme est carrée : (35×45) cm^2

$q = 0,306\text{ t/ml}$ (charge dû au p. propre de la longrine supposée encastree à ses 2 extremités.



$$M_a = qL^2/12 = 0,771\text{ t.m}$$

$$M_t = qL^2/24 = 0,385\text{ t.m}$$

$$T = qL/2 = 0,841\text{ t}$$

Ferrailage :

Travee : $N_{\text{max}}(\text{Pot}) = 126,50\text{ t}$ $N/10 = 12,65\text{ t}$ $M = 0,385\text{ t.m}$

$e_0 = M/N = 3,04\text{ cm} < h/6 = 5,83\text{ cm}$ section entièrement tendue

les sections sup et inf seront : $A_1 = A_2 = N e_0 / \beta_a \bar{\sigma}_a$ avec $\beta_a = 2 e_0$

$$A_1 = A_2 = 2,26\text{ cm}^2 \quad A_{\text{tot}} = 4,52\text{ cm}^2 \Rightarrow 4T12 = 4,56\text{ cm}^2$$

Appui : $M_a = 0,771\text{ t.m}$

$e_0 = M_a/N = 6,09\text{ cm} > 5,83 = h/6 \Rightarrow$ sect. partiellement tendue

$A_{fz} = A_{fs} - N/\bar{\sigma}_a$ $N < 0$ traction.

$$A_{fs} = M_f / \epsilon h \bar{\sigma}_a \quad M_f = N \cdot f \text{ avec } f = h/2 - e_0 - d = 7,91\text{ cm} \quad (d = 3,5\text{ cm})$$

$M_f = 1,012\text{ t.m}$ selon la Methode de P. Charou.

$$A_{fs} = 1,22\text{ cm}^2 \quad A_{fc} = 5,73\text{ cm}^2 \Rightarrow 4T14 = 6,12\text{ cm}^2$$

afin de faciliter l'exécution du ferrailage on opte pour les même sections d'acier à savoir 4T14 en appui et en travee.

Verifications :

notre travee travaillant en traction simple c'a-d comme un tirant ou doit vérifier alors que :

$$\bar{\sigma}_a = N/A \leq \bar{\sigma}_a \quad N/A = 2798,6\text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a.$$

condition de non fragilité :

$$\omega_f \geq \bar{\sigma}_a / 3\bar{\sigma}_{ar} \quad \omega_f = 1,8\% > 0,08\% \text{ verifiée.}$$

condition de non fissuration :

$$\bar{\sigma}_a \leq \min \{ \bar{\sigma}_a, \max(\sigma_1, \sigma_2) \} \quad \sigma_1 = \frac{k\bar{\sigma}_a \omega_f}{1 + 10\omega_f}$$

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

$$\sigma_1 = 1549\text{ kg/cm}^2 \quad \sigma_2 = 2839\text{ kg/cm}^2$$

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

$$\bar{\sigma}_a = 2798,6 < 2800\text{ kg/cm}^2$$

il n'y pas de risque de fissuration

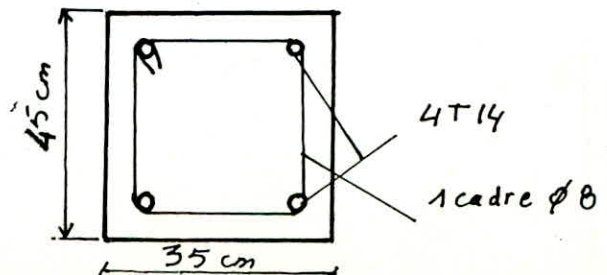
armatures transversales :

$$\bar{\sigma}_b = T_{\text{max}} / \beta_3 = 0,98\text{ kg/cm}^2 \quad \bar{\sigma}_b = (3,5 \bar{\sigma}_b) \bar{\sigma}_b = 7\text{ kg/cm}^2$$

$\bar{\sigma}_b < 24,5\text{ kg/cm}^2$ armat. inclinées ne sont pas nécessaires

l'espacement t est très grand c'est pour quoi on opte pour l'espacement impose par le RPA 81 Art. 4.2.3.3)

à savoir $t \leq 20\text{ cm}$
on choisit des cadres $\phi 8$
espaces de 20 cm .



BIBLIOGRAPHIE

RPA 81 VERSION 83

CCBA 68

ELEMENTS DE BETON ARME P.CHARON

COURS DE BETON ARME M^E BELLAZOUGI

AIDE MEMOIRE DE RESISTANCE DES MATERIAUX

MECANIQUE DES SOLS PHILLIPONNAT

CONCEPTION ET CALCUL DES STRUCTURES SOUMISES AUX SEISMES

PROJET DE FIN D'ETUDES.

