

U.S.T.H.B

24/85

2050

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER

DEPARTEMENT GENIE CIVIL

PROJET DE FIN D'ETUDES

THEME

BATIMENT D'HABITATION

R + 9

OSSATURE EN VOILES

PROPOSE PAR C.T.C.

ETUDIE PAR :

DIRIGE PAR :

GARIDI ABDELNACER

Mr ALPETKIN

SETBEL DJAMEL

Mme BAUCHE

PROMOTION JANVIER 85

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وما اتيتكم من العلم الا قليلا

~ صدق الله العظيم ~

~ الحمد زهدنا علينا ~

~ Remerciements ~

- Nous tenons à remercier notre promoteur M^{re} HAFIDI
- Nous remercions tous les professeurs de l'E.N.P.A. et de l'U.S.T.H.B qui ont contribué à notre formation.
- Nos remerciements à M^{re} ABED pour ses conseils
- Nous remercions vivement tout le personnel de la SONATIBA pour leur bon accueil et leur aide appréciable.
- Une mention spéciale est faite à M^{res}

BEN ATTALLAH

KRITLI

HADJI

OUAREZKI et BELLOUAS

dont nous garderons un bon souvenir pour leur servabilité et leur bienveillance à notre égard.

- Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciements à tous nos amis (ies) notamment M^{res}

BADAoui Djaffar

NACER-EDDINE.

Pour leur aide et soutien moral à surmonter toutes les difficultés rencontrées au cours de notre présente étude.

A tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin, nous leur exprimons notre sympathie mêlée de gratitude.

CHENNIT Mohamed. EL MEDJADJI Khalid.



DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

A mes parents

A mes frères et soeurs

A mes beaux-frères

A mes oncles et tantes

A tous mes amis (ies)

A tous mes frères de la mosquée d'EL.MOURADIA

M.CHENNIT

DEDICACES

JE DEDIE CE MODESTE TRAVAIL

A mes parents

A mon frère et mes sœurs

A mes beaux frères

A toute la famille

A tous mes amis (ies)

A tous mes frères de la mosquée d'HUSSEIN DEY

K - EL MEDJADJI

L'objet de notre mémoire est l'étude d'un bâtiment de cinq étages plus deux sous sols. à usages multiples. (logements, bureaux, restaurant et salle de conférence, Parking) Situé à Annaba (zone I).

Le sujet a été proposé par la SONATIBA. La structure est autostable et le contreventement est assuré dans les 2 sens par des portiques.

The object of our memorial is the study of building rising in tiers, ground Floor plus five Floors of multiple uses. (lodgings, waiting-desks, restaurant and collation room, parking) Located in Annaba (zone I).

This subject was be suggested by the SONATIBA. The Frame work is self stable and its' resistance against the earthquake is assured by the porchs in longtwise sens and transverse sens.

هو موضوع نهائي دراستنا يتعلق بدراسة كمنارة ذو خمس طوابق و أسفليين مستعملين لغايات متعددة (السكن، مطعم وقاعة للمعاصرة، و موقف للسيارات) مشيدة في عنابة (المنطقة I)

قدم لنا هذا الموضوع من طرف الشركة الوطنية للعمارة (SONATIBA).

تتكون هذه العمارة في الإلتجاهين من بورتيكات تعمل على تجهينها ضد التخيرات الزلزال

~ SOMMAIRE ~

INTRODUCTION

_présentation de l'ouvrage	1
_caractéristiques géométriques des matériaux	5
_charges et surcharges	10
_prédimensionnement	12

CALCUL des ÉLÉMENTS

_calcul de l'acrotère	15
_ " des poutrelles	18
_ " " escaliers	36

ETUDE AU SÉISME

_analyse sismique	
_évaluation des forces sismiques	74
_déformations horizontales	81
_calcul du centre de torsion et du centre de gravité	84
_distribution des efforts sismiques sur les portiques	86

CHARGES VERTICALES 91

CHARGES HORIZONTALES 131

CALCUL du MOMENT en TRAV 156

(sous charges verticales)

SUPERPOSITION des SOLLICITATIONS	166
FERRAILLAGE des PORTIQUES	
- ferrailage des poutres	183
- " " poteaux	214
FONDATIONS	
- calcul du radier	242
CALCUL des VOILES (sous-sols)	249

Le sujet qui fait l'objet de notre mémoire de fin d'études nous a été proposé par la SONATIBA. Il consiste au calcul et vérification des éléments résistants d'un bloc "CPA" : R+5+2 sous sols à usages multiples qui sera implanté à Annaba, zone de faible sismicité (zone I)

La structure est une ossature autostable composée de 5 portiques dans le sens longitudinal et de 7 portiques dans le sens transversal qui vont reprendre toutes les charges verticales (charges permanentes et surcharges) et les charges horizontales (sismiques). Au niveau des sous sols on dispose de voiles périphériques supposés travaillés uniquement contre les poussées des terres.

La complexité de notre bâtiment réside dans le décrochement en élévation qui correspond aux deux blocs d'habitation des étages supérieurs (3 derniers étages), comme l'indique la vue en perspective de notre bâtiment.

CARACTÉRISTIQUES:

1. Usages du bâtiment :

Le R.D.C et les deux premiers étages sont réservés pour la banque (bureaux), les autres niveaux supérieurs sont à usages d'habitation, quant aux sous sols, le premier compte une salle de conférence (utilisée aussi comme salle de projection) de 59 places et un restaurant de 69 places, le deuxième est aménagé en parking.

Deux cages d'escaliers sont disposées de part et d'autre du bâtiment pour permettre l'accès aux appartements des

étages supérieurs, ces deux cages sont isolées du bâtiment par un joint de rupture.

Une autre cage d'escalier se trouve à l'intérieur du bâtiment et permet la communication entre les blocs administratifs et les deux sous-sols; on note aussi la présence d'un monte charge allant du R.D.C au dernier sous-sol.

2. Dimensions :

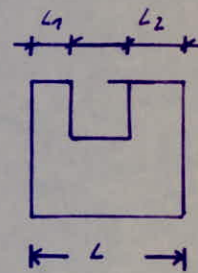
2.1. dimensions en Plan :

$$L = 25,80m \quad L_1 = 9,20m$$

$$l = 22,35m \quad L_2 = 11,05m$$

L: désignera la dimension dans le sens longitudinal.

l: " " " " transversal.



2.2. dimensions en élévation :

$$h = 22,90m \quad \text{depuis le niveau "0-0" du sol.}$$

$$h = 27,35m \quad \text{" les planches du 2^{ème} sous-sol.}$$

3 Planchers

Les planchers sont à corps creux, on distingue cependant les planchers des niveaux d'habitation qui sont des (16+5) et ceux des étages inférieurs qui sont des (20+5).

La hauteur de chaque étage est de 3,15m à l'exception de celle du sous-sol qui est de 2,75m.

4. Maçonnerie :

* Murs extérieurs à double cloisons : (10+15) cm avec un espace de 5cm entre elles.

* Murs intérieurs : 10cm d'épaisseur

5. Revêtements:

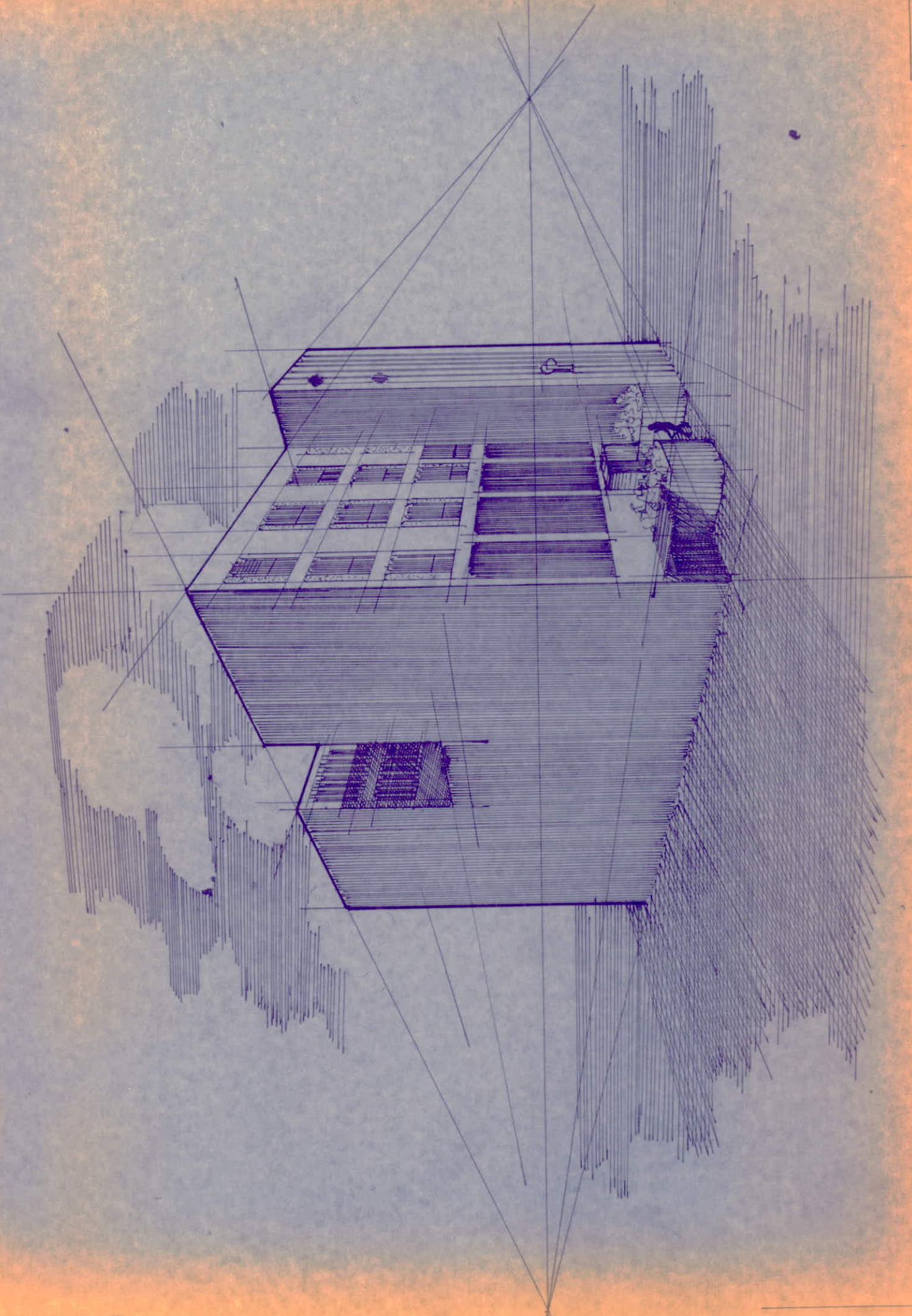
- * Carrelages pour les planchers logements et bureaux.
- * Moquettes pour les bureaux de la direction et la salle de conférence.

6. Béton armé

le béton utilisé sera conforme aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé (CCBA 68), ainsi qu'à tous les règlements en vigueur applicables en Algérie R.P.A. 81

7. Aciers:

on utilisera de l'acier à haute adhérence (H.A) et de l'acier doux (Adx).



CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

A. BETON

Notre bâtiment étant à usage d'habitation et bureaux,
 On utilisera un béton dosé à 350 kg/m³ de ciment CPA 325.
 Le contrôle du béton sera obtenu.

La résistance nominale à 28 jours sera de :

- f la compression $\bar{f}_M = \bar{f}_{28} = 270 \text{ bars} = 275,40 \text{ Kg/cm}^2$
- f la traction $\bar{f}_M = \bar{f}_{28} = 7 + 0,06 \cdot \bar{f}_{28} = 23,50 \text{ Kg/cm}^2$

1. Contrainte de compression admissible (Art. 9.4. C.C.B.A 68)

La contrainte de compression admissible \bar{f}'_b est égale :

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

avec :

α : Dépend de la classe du ciment utilisé
 $\alpha = 1$ pour le C.P.A. 325.

β : Dépend du contrôle du béton.
 $\beta = 5/6$ pour un contrôle obtenu.

γ : Dépend des épaisseurs relatives des éléments et des dimensions des granulats.
 $\gamma = 1$ pour $C_g : 5/15$

δ : Dépend de la nature de la sollicitation.

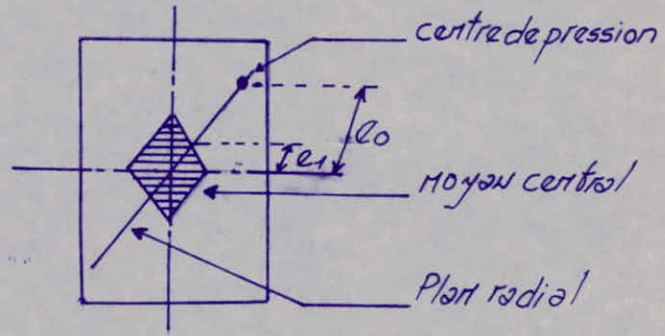
- * en compression simple : $\delta = 0,30$
- * en flexion simple : $\delta = 0,60$
- * en flexion composée : $\delta = 0,6$ si l'appart normal est une traction.

$$\text{et } \delta = \begin{cases} 0,30 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1}\right) & \text{si } \delta < 0,60 \\ 0,60 & \text{si } \delta \geq 0,60 \end{cases} \left. \begin{array}{l} \text{si l'appart normal est} \\ \text{une} \\ \text{compression.} \end{array} \right\}$$

avec:
 e_0 : excentricité de la résultante des forces extérieures par rapport au centre de gravité du béton seul.

e_1 : distance à la limite du noyau central au centre de gravité de la section du béton seul dans le plan radial passant par le centre de pression.

Pour les sollicitations du second genre, les valeurs de S devront être multipliées par 1,5



ϵ : dépend de la forme de la section et de la position de l'axe neutre (Nature de la sollicitation)

$\epsilon = 1$: en compression simple, quelque soit la forme de la section, et section rectangulaire en flexion simple ou flexion composée avec traction.

ϵ : déterminé par la condition $\frac{Fb'}{S} \leq \bar{\sigma}_{b_0}'$.

avec:

- Fb' : résultante des forces de compression
- B' : section du béton comprimé.
- $\bar{\sigma}_{b_0}'$: contrainte admissible en compression simple.

Les valeurs finales dans notre cas seront:

2) Contrainte admissible en compression simple:

$\bar{\sigma}_{b_0}' = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \sigma_{28} = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 30 \cdot 1,1 \cdot 120 = 67,5 \text{ bars.}$

$\bar{\sigma}_{b_0}' = 67,5 \text{ bars} = 68,5 \text{ Kg/cm}^2$ (sollicitation du 1^{er} genre: SP1)

$\bar{\sigma}_{b_0}' = 1,5 \cdot 68,5 = 102,75 \text{ Kg/cm}^2$ (sollicitation du 2nd genre: SP2)

b) Contrainte admissible en flexion simple:

$$\bar{\nu}_b' = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,60 \cdot 270 = 135 \text{ bars} = 137 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP1)}$$

$$\bar{\nu}_b' = 1,5 \cdot 137 = 205,5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP2)}$$

c) Contrainte admissible en flexion composée:

Dans le cas où l'épport normal est une traction.

$$\bar{\nu}_b' = 137 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP1)}$$

$$\bar{\nu}_b' = 205,50 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP2)}$$

2. Contrainte de traction de référence: (Art. 9.5. C.C.B.A 68)

$$\bar{\nu}_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \theta \cdot \bar{\nu}_n$$

α, β, γ étant été déjà définis précédemment.

il reste: $\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\bar{\nu}_n}$ avec $\bar{\nu}_n$ exprimée en bars.

$$\text{on a: } \bar{\nu}_n = \bar{\nu}_{e8} = 270 \text{ bars.}$$

$$\text{soit: } \theta = 0,018 + \frac{2,1}{270} = 0,02578$$

$$\text{d'où } \bar{\nu}_b = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,02578 \cdot 270 = 5,8 \text{ bars.}$$

$$\bar{\nu}_b = 5,8 \text{ bars} = 5,9 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP1)}$$

$$\bar{\nu}_b = 1,5 \times 5,9 = 8,85 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (sous SP2)}$$

B. ACIERS

on a deux types d'aciers :

1. Aciers doux (ronds lisses) Adm

Il sont de nuance Fe E 24, la limite d'élasticité nominale est :

$$\bar{\sigma}_{\text{el}} = 2350 \text{ bars (2400 kg/cm}^2\text{)}$$

Contrainte admissible :

$$\bar{\sigma}_1 = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{\text{el}} = 1600 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_1\text{)}$$

$$\bar{\sigma}_2 = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_2\text{)}$$

2. Aciers à haute adhérence: HA

Il sont de nuance Fe E 40, la limite d'élasticité nominale est :

• Pour $\phi \leq 20 \text{ mm}$: $\bar{\sigma}_{\text{el}} = 4120 \text{ bars (4200 kg/cm}^2\text{)}$

• Pour $\phi \geq 20 \text{ mm}$: $\bar{\sigma}_{\text{el}} = 3920 \text{ bars (4000 kg/cm}^2\text{)}$

Contraintes admissibles :

1^{er} cas : $\phi \leq 20 \text{ mm}$.

• $\bar{\sigma}_1 = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{\text{el}} = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_1\text{)}$

• $\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_{\text{el}} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_2\text{)}$

2^{ème} cas : $\phi \geq 20 \text{ mm}$.

• $\bar{\sigma}_1 = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{\text{el}} = 2667 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_1\text{)}$

• $\bar{\sigma}_2 = \bar{\sigma}_{\text{el}} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (sous SP}_2\text{)}$

- 9 -

3. Contraintes de traction imposées par la condition de fissuration. (Art. 4.9. C.C.B.A68)

Pour éviter des fissures inacceptables, la valeur maximale de la contrainte des armatures est limitée à la plus grande des valeurs suivantes:

$$\sigma_{sf} = K \cdot \frac{\eta}{\varnothing} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} \quad \text{Contrainte de fissuration systématique.}$$

$$\sigma_{ef} = e,4 \sqrt{\eta \frac{K}{\varnothing}} \cdot \bar{\sigma}_b \quad \text{Contrainte de fissuration non systématique ou accidentelle.}$$

avec:

* K: Coefficient dépendant des conséquences de la fissuration sur le comportement de l'ouvrage.

- $K = 1,5 \cdot 10^6$: fissuration nuisible.
- $K = 1 \cdot 10^6$: fissuration préjudiciable.
- $K = 0,5 \cdot 10^6$: fissuration très préjudiciable.

* η : Coefficient de fissuration

- $\eta = 1$ pour les aciers lisses. (Adm)
- $\eta = 1,6$ pour les aciers à haute adhérence (HA)

* \varnothing : Diamètre de la plus grosse barre tendue exprimée en (mm)

* $\bar{\omega}_f$: Pourcentage de fissuration défini par:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}$$

A = Section totale des barres tendues

B_f = Section d'enrobage des barres tendues.

* $\bar{\sigma}_b$: Contrainte de traction de référence du béton exprimée en bars.

CHARGES et SURCHARGES

PLANCHER TERRASSE.

Gravillons (protection) 5cm	-----	100 kg/m ²
Étanchéité multicouche	-----	10 "
Forme de pente	-----	200 "
Isolation thermique et pare vapeur	-----	40 "
Plafond (plâtre de 1,5cm)	-----	21 "
Corps creux + table de compression (16+5)	-----	265 "

G = 636 kg/m²

Surcharges : P = 100 kg/m²

PLANCHER LOGEMENTS.

mortier de pose sable fin sac (2cm) carrage en granito (20x20)	} -----	100 kg/m ²
Corps creux + table de compression (16+5)	-----	265 kg/m ²
Plafond (plâtre de 1,5cm d'épaisseur)	-----	21 kg/m ²
Cloisons	-----	75 kg/m ²

G = 461 kg/m²

Surcharges : P = 175 kg/m²

PLANCHER BUREAUX (1^{er} et 2^{ème} étage)

Corps creux (16+5)	-----	265 kg/m ²
plafond (2cm d'épaisseur de plâtre)	-----	30 "
Carrages + mortier + sable	-----	75 "
cloisons	-----	100 "

G = 470 kg/m²

Surcharges : 250 kg/m²

PLANCHER. Rez de Chaussée.

Corps Creux + table de compression (20+5) -----	325 kg/m ²
Carrelage + mortier de pose + sable sec -----	100 "
Cloisons -----	75 "
Faux Plafond -----	65 "

G = 565 kg/m²

Surcharges : 250 kg/m².

PLANCHER 1^{er} Sous Sol :

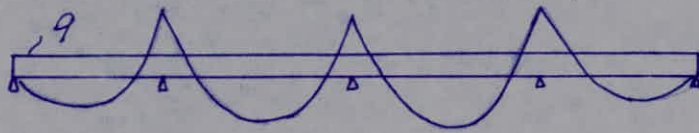
Corps Creux + table de compression (20+5) -----	325 kg/m ²
Carrelage + mortier de pose + sable sec -----	100 "
Cloisons -----	75 "
Faux Plafond -----	65 "

G = 565 kg/m².

Surcharges : 400 kg/m².

1. Prédimensionnement des poutres.

On considère que nos poutres sont continues.



Poutre Longitudinale.

Le poids du plancher sera évalué approximativement
 $G + 1,2 P \approx 800 \text{ kg/m}^2$.

la charge "q" sera évaluée comme suit :

$q = \text{poids du plancher / ml} + \text{poids de la poutre / ml}$

$$q = 0,8 \times 4 + 0,6 = 3,2 + 0,6 = 3,8 \text{ t/ml}$$

le moment en travée peut être calculé à partir de la
 Formule suivante : $\frac{P l^2}{10}$.

Sachant que $\frac{P l^2}{10} \leq MRB$ on peut déterminer la
 hauteur h de la poutre.

$$MRB = \bar{k} b h^2$$

on a : $\bar{k} b h^2 \geq \frac{P l^2}{10} \longrightarrow$ on prend $MRB = \frac{P l^2}{10}$.

$$\longrightarrow h \geq \sqrt{MRB / b \bar{k}}$$

$$\bar{k} = \frac{1}{2} \bar{\sigma}_b' \bar{\alpha} \bar{\delta}$$

$$\bar{\alpha} = \frac{15 \bar{\sigma}_b'}{15 \bar{\sigma}_b' + \bar{\sigma}_a}$$

$$\text{avec } \bar{\sigma}_b' = 137 \text{ kgf/cm}^2$$

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

$$\longrightarrow \bar{\alpha} = 0,42375 \longrightarrow \bar{\delta} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} = 0,858908$$

$$\bar{k} = 24,93 \quad ; \quad MRB = \frac{P l^2}{10} = 21,375 \text{ t.m (avec } l = 7,50 \text{ m)}$$

on prendra : $b = 35 \text{ cm} \longrightarrow h \geq 49,5 \text{ cm}$.

On choisit: $h = 60 \text{ cm}$.

on optera cependant à deux vérifications:

* Vérification constructive

On doit avoir au plus deux nappes d'acier dans la nervure.

$A = M / z \bar{\sigma}_a$ avec $z = \frac{7}{8} h = \frac{7}{8} \times 60 = 52,5 \text{ cm}$.

$A = 21,375 \cdot 10^5 / 52,5 \times 2800 = 14,541 \text{ cm}^2$

→ on obtient ST20 → $A = 15,70 \text{ cm}^2$

la vérification constructive est ainsi justifiée.

* Vérification de la Flèche.

on pourra se passer de la vérification de la flèche si les conditions suivantes sont satisfaites.

1. $h_t / l \geq \frac{1}{16}$

$h_t / l = 0,60 / 7,50 = 0,08 \geq \frac{1}{16} = 0,0625$.

2. $h_t / l \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$

$M_t = Pl^2 / 10 = 21,373 \text{ t.m}$

$M_0 = Pl^2 / 8 = 26,7168 \text{ t.m}$

$h_t / l = 0,08$

$\frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} = 0,08$

$h_t / l = \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0}$

Vérifiée.

on ne fait pas de vérification à la flèche.

ainsi on adoptera: $b = 35 \text{ cm}$ et $h = 60 \text{ cm}$.

2. Prédimensionnement des poteaux.

On prendra une charge sismique approximative :

$$w_{si} = 900 \text{ kg/m}^2.$$

le prédimensionnement sera effectué à partir de l'effort tranchant à la base.

$$w_6 = w_5 = w_4 = 0,9 \times (11,7 + 9,6) \times 25 =$$

$$w_3 = w_2 = w_1 = w_0 = 0,9 \times 26,4 \times 25 =$$

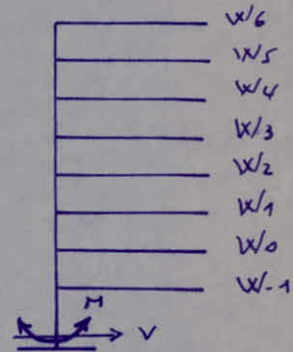
$$w = \sum_{i=1}^6 w_i = 5001,75 \text{ tonnes.}$$

l'effort tranchant total à la base

sera égal à :

$$V = \alpha w \text{ avec } \alpha = A.D.B.\varphi \longrightarrow \alpha = 0,056.$$

$$V = 280,098 \text{ tonnes.}$$



le moment à la base sera égal à :

$$M = \frac{V}{36} \times \frac{h}{2} \qquad M = 10,893 \text{ t.m.}$$

$$h = 2,80 \text{ m}$$

le calcul de l'effort normal est comme suit :

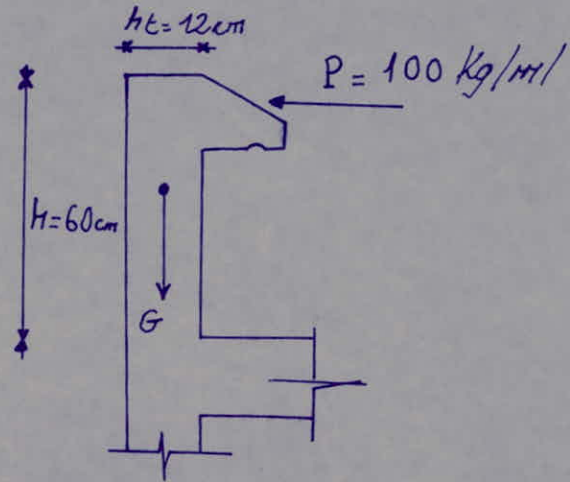
$$N = 0,9 \text{ m} \times 1,15 \times 5$$
$$= 0,9 \times 8 \times 1,15 \times 22,2 = 183,816 \text{ t.}$$

$$S = \frac{N}{\sigma_s} = \frac{10^3 \times 183,816}{81} = 2269,33$$

$$\sqrt{S} = 47,64 \text{ cm}$$

$$\text{nous on a : } 40 \times 60 = 2400 \text{ cm}^2$$

CALCUL DE L'ACROTÈRE



Le calcul se fera en flexion composée sous :

- L'effort normal: $N = G$
- Moment M pondéré: $1,2 \cdot P \cdot h_t$.

$$N = G = 2500 \times h \times h_t \times 1$$

On prend $b = 1m$ (une bande de 1m)

$$e = 0,12m \quad \text{et} \quad h_t = 0,60m$$

$$N = 2500 \times 0,12 \times 0,60 \times 1 = 180 \text{ Kg/m}$$

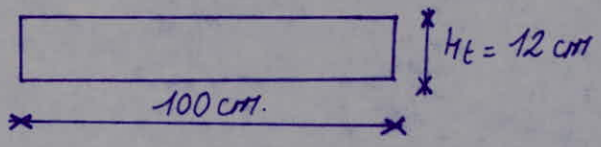
$$M = 1,2 \times 100 \times 0,60 \times 1 = 72 \text{ Kg/m}$$

avec: $M = N \cdot e$ où e est le centre de pression.

Il faut comparer e à $\frac{h_t}{6}$

- Si $e > \frac{h_t}{6}$: La section est donc partiellement comprimée.
- Si $e < \frac{h_t}{6}$: La section est donc entièrement comprimée.

Les armatures seront calculées au m.



$$e = \frac{M}{N} = \frac{72}{180} = 0,4m \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} e > e_0 = \frac{h_t}{6}$$

$$e_0 = \frac{h_t}{6} = \frac{0,12}{6} = 0,02m \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \text{Section partiellement comprimée.}$$

Calcul du moment par rapport aux aciers tendus

$M = N \times \lambda_A$, avec λ_A : Distance entre les aciers tendus et le centre de pression.

$$\lambda_A = e + \left(\frac{h_t}{2} - d \right) \quad \text{avec } d = 2 \text{ cm}$$

$e = h_t - d = 12 - 2 = 10 \text{ cm.}$

$$\lambda_A = 0,40 + \left(\frac{0,12}{2} - 0,02 \right) = 0,44 \text{ m} \rightarrow M_A = N \lambda_A = 79,20 \text{ kg.m.}$$

Calcul du moment résistant du Béton.

$$M_{rb} = b \cdot \frac{\sqrt{b'}}{2} \cdot y \cdot \left(h - \frac{y}{3} \right), \quad \text{avec } y = \frac{n \sqrt{b'}}{n \sqrt{b'} + \sqrt{a}}$$

Si $M_{rb} > M_A$: Les aciers comprimés ne sont pas nécessaires.

$$y = \frac{15 \cdot 135}{n \cdot 135 + 2800} \cdot 10 = 4,197 \text{ cm.}$$

$$M_{rb} = 2436,60 \text{ kg.m} > M_A = 79,20 \text{ kg.m} \Rightarrow A' = 0$$

Détermination des Armatures:

Le calcul se fera en flexion simple sous l'effet du moment fictif M_A . puis on réduit la section en flexion composée par la

$$\text{formule: } A = A_1 - \frac{N}{\sqrt{a}}$$

On utilisera pour cela la méthode de P. CHARON

$$\nu = \frac{15 M_A}{\sqrt{a} \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 79,20 \cdot 10^6}{2800 \cdot 100 \cdot 10^6} = 4,243 \cdot 10^{-3}$$

$$\nu = 0,00424 \text{ Abaque} \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9703 \\ k = 153 \end{cases}$$

$$A_1 = \frac{M_A}{\sqrt{a} \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{79,20 \cdot 10^6}{2800 \cdot 0,9703 \cdot 10} = 0,291 \text{ cm}^2$$

$$A = A_1 - \frac{N}{\sqrt{a}} = 0,291 - \frac{180}{2800} = 0,227 \text{ cm}^2$$

Le C.C.B.A 68 nous préconise la condition de non fragilité (art. 52):

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\sqrt{b'}}{\sigma_{cr}}$$

$$A = 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{v}_b}{v_{\text{crit}}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 10 \cdot \frac{5,9}{4200} = 0,969 \text{ cm}^2$$

$$0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{v}_b}{v_{\text{crit}}} > A \quad \text{alors } A = 0,969 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{4T6} \quad (\text{avec } e = 20 \text{ cm})$$

- Verification de la fissuration:

$$v_1 = \frac{k \cdot \eta}{\phi} \cdot \frac{\bar{w}_f}{1 + 10 \bar{w}_f} \quad \text{avec } \bar{w}_f = \frac{A}{B_f}$$

$$v_2 = 2,4 \sqrt{\frac{k \cdot \eta \cdot \bar{v}_b}{\phi}} \quad \text{Il faut verifier: } \bar{v}_f = \max(v_1, v_2) > \bar{v}_d = \frac{2}{3} v_{\text{crit}}$$

- * Fissuration préjudiciable: $k = 1 \cdot 10^6$
- * $\eta = 1,6$ (Acier tor)
- * $\phi = 6 \text{ mm}$
- * $B_f = 2 \cdot b \cdot d = 2 \cdot 100 \times 2 = 400 \text{ cm}^2$

$$\bar{w}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,13}{400} = 2,82 \cdot 10^{-3}$$

$$v_1 = \frac{1 \cdot 10^6 \cdot 1,6}{6} \cdot \frac{2,82 \cdot 10^{-3}}{1 + 10 \cdot 2,82 \cdot 10^{-3}} = 732,64 \text{ Kg/cm}^2$$

$$v_2 = 2,4 \sqrt{\frac{10^6 \cdot 1,6 \cdot 5,9}{6}} = 3010,38 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{v}_f = v_2 = 3010,38 > \bar{v}_d = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \implies \text{Verifiée.}$$

CALCUL des POUTRELLES

Notre plancher est à corps creux, on distinguera cependant le plancher des logements (16+5) et celui des bureaux et sous sols (20+5).

La disposition de nos poutrelles sera effectuée suivant la plus petite portée, afin de réduire les risques de flèche.

Le calcul des poutrelles se fera en deux étapes sous les sollicitations du 1^{er} genre (G+1,2P).

1^{er} étape.

Correspond à celle de l'avant coulage du béton (cà d celui de la table de compression); on considèrera que la poutrelle est simplement appuyée, soumise à son poids propre, à celui du hourdis et à la surcharge due à l'ouvrier.

2^{ème} étape.

Après coulage et durcissement de la table de compression la poutrelle sera assimilée à une poutre en T, continue reposant sur plusieurs appuis.

1. 1^{er} étape.

1.1. planchers à corps creux 20+5.

- * poids propre de la poutrelle → $0,12 \times 0,04 \times 2,5 = 12 \text{ kg/m.}$
 - * " du Corps Creux (20+5) → $110 \times 0,65 = 71,5 \text{ kg/m.}$
 - * surcharge due à la main d'œuvre → $100 \times 0,65 \times 1,2 = 78 \text{ kg/m}$
-
- $q = 161,5 \text{ kg/m.}$

1.2 planchers à corps creux 16+5.

- * poids du Corps creux (16+5) → $95 \times 0,65 = 61,75 \text{ kg/m}$ d'où $q = 151,75 \text{ kg/m}$

Le calcul se fera en section rectangulaire.

1.3 Moment en Travée.

*(20+5) → Mo = q * l^2 / 8 = 323 kg.m (1)

*(16+5) → Mo = q * l^2 / 8 = 303,5 kg.m (2)

1.4 Calcul de μ.

μ = 15 * M / (b * h^2 * σa)

avec b = 12 cm.

h = 4 cm

et σa = 2800 kgf/cm^2.

(1) → μ = 0,56 Tableau - CHARON → { K = 7, ε = 0,7727, α = 0,6818

(2) → μ = 0,5293 Tableau - CHARON → { K = 7,3, ε = 0,7758, α = 0,6726

1.5 Verification des contraintes

(1) → σb' = σa / K = 2800 / 7 = 400 kgf/cm^2 > σb' = 137 kgf/cm^2

(2) → σb' = σa / K = 2800 / 7,3 = 383,56 kgf/cm^2 > σb'

1.6 Conclusion

Un échaffaudage sera réalisé pour pallier l'incapacité des poutrelles à supporter les charges d'avant coulage de la table de compression.

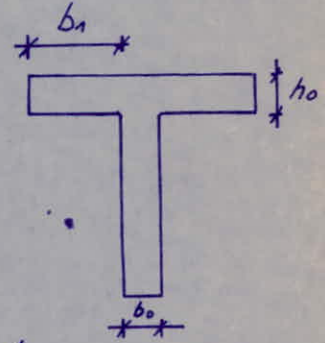
2. Etape d'après Coulage :

A cette étape la poutrelle est assimilée à une poutre en T.

La méthode utilisée pour le calcul de la poutelle est celle des 3 moments.

On déterminera en premier lieu la largeur de la table à faire intervenir dans les calculs. Les règles CEBA 68 à l'article 23.3 Fixent une largeur maximale définie de la manière suivante :

La largeur de hourdis qu'il y a lieu d'admettre comme faisant partie de la table de compression de chaque côté d'une nervure de poutre fléchie en T, à partir du parement de cette nervure, est limitée par la plus faible des valeurs indiquées ci-après :



$$b_1 \leq \min \begin{cases} L/2 \\ L/10 \\ (6 \div 8) h_0 \end{cases} \quad \text{avec}$$

L' = distance entre les faces voisines de deux nervures consécutives.
 L = portée de la poutre généralement comptée entre nus des appuis.
 h_0 = épaisseur du hourdis.

La largeur de notre section en T sera égale à :

$$b = 2b_1 + b_0.$$

Dans notre cas on a :

$$L' = 60 \text{ cm}, \quad L = 287,5 \text{ cm}; \quad h_0 = 5 \text{ cm}.$$

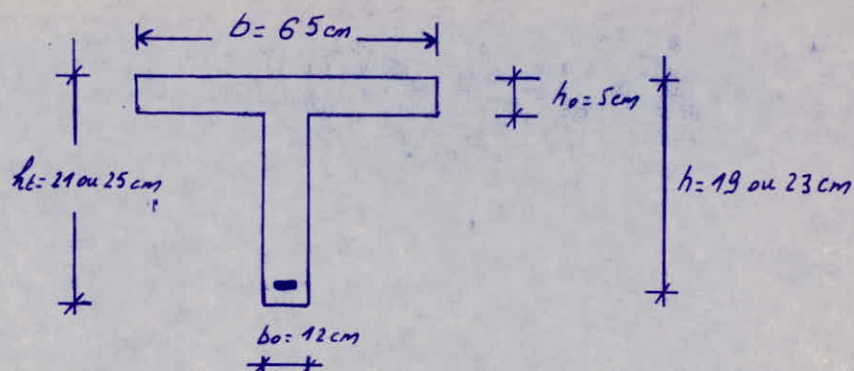
$$\begin{array}{l} \rightarrow b_1 \leq \min (30 \text{ cm}; 28,75 \text{ cm}; (30 \div 40) \text{ cm}) \rightarrow b_1 \leq 28,75 \text{ cm} \\ \text{d'où} \end{array}$$

$$b \leq 2 \times 28,75 + 12 = 69,5 \text{ cm}.$$

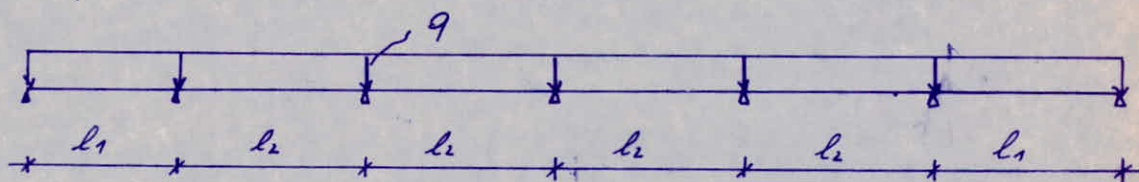
on prendra :

$$b = 65 \text{ cm}.$$

La section à étudier est la suivante :



Toutes les poutrelles reposent sur 7 appuis, soit le schéma statique suivant :



les moments aux appuis sont calculés à partir de la formule générale suivante :

$$M_i l_{i+1} + 2(l_{i+1} + l_{i2}) M_{i+1} + l_{i+2} M_{i+2} = -6 \left[\int_0^{l_{i+1}} \mu(x) \frac{x}{l_{i+1}} dx + \int_0^{l_{i+2}} \mu(x) \left(1 - \frac{x}{l_{i+2}}\right) dx \right]$$

en sachant que toutes les travées ont la même inertie d'où la simplification du terme EI au dénominateur pour les 2 termes de l'égalité.

Comme on a cinq travées, on établira 6 équations de ce genre, on obtient ainsi le système d'équations suivant :

$$\left. \begin{aligned} 14,3 M_1 + 4 M_2 &= -23,814 q \\ M_1 + 4 M_2 + M_3 &= -8 q \\ M_2 + 4 M_3 + M_4 &= -8 q \\ M_3 + 4 M_4 + M_5 &= -8 q \\ 4 M_4 + 14,3 M_5 &= -23,814 q \end{aligned} \right\} \longrightarrow \begin{aligned} M_1 &= -1,29 q \\ M_2 &= -1,35 q \\ M_3 &= -1,33 q \\ M_4 &= -1,35 q \\ M_5 &= -1,29 q \end{aligned}$$

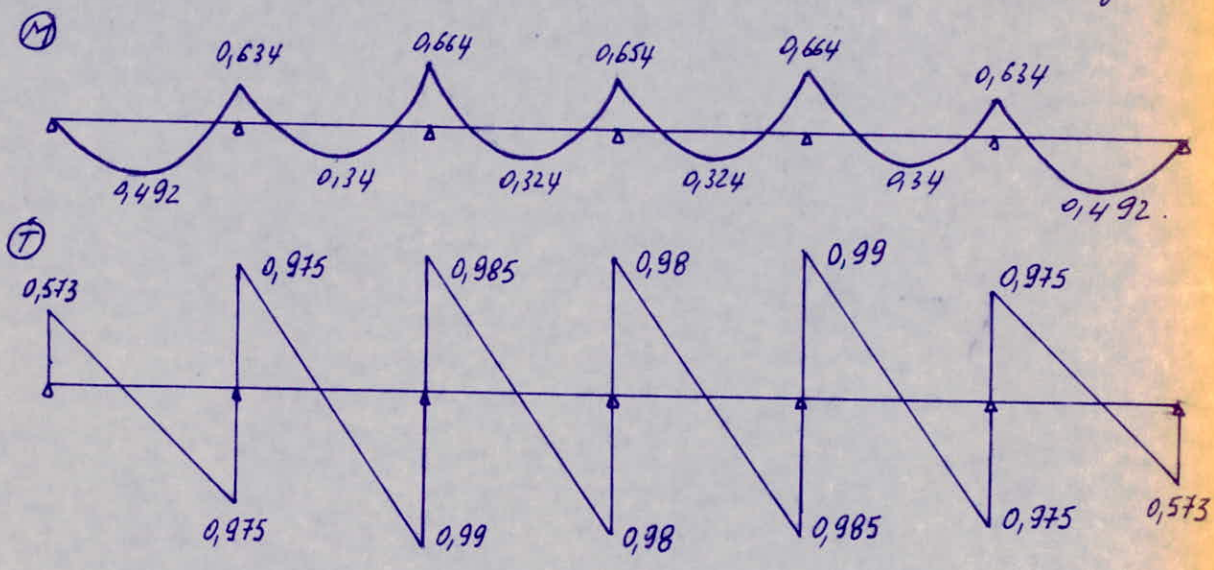
Suivant les différents plaecheu, on établira les moments aux appuis des poutrelles à partir des formules trouvées ci-dessus.

Plancher terrasse:

détermination de la charge q:

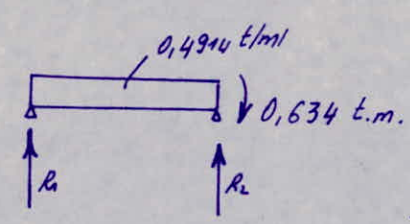
- * charge permanente G $\longrightarrow 636 \times 0,65 = 413,4 \text{ kg/ml}$
- * surcharge d'exploitation P (majorée de 20%) $\longrightarrow 1,2 \times 100 \times 0,65 = 78,0 \text{ kg/ml}$

$q = 491,4 \text{ kg/ml}$



Le calcul du moment en travée et de l'effort tranchant est fait à partir des Formules de RDM. on donnera ici un exemple de calcul:

Travée 1.



$$\Sigma F_y = 0 \Leftrightarrow R_1 + R_2 = qL = 0,4914 \times 3,15.$$

$$\Sigma M/A = 0 \Leftrightarrow R_1 \cdot 3,15 = 0,4914 \frac{3,15^2}{2} + 0,634$$

$$R_1 = 0,5724 \text{ t.}$$

$$M(x) = R_1 x - q \frac{x^2}{2}$$

on cherche l'abscisse de moment max

$$\frac{dM(x)}{dx} = 0 \Leftrightarrow R_1 - qx = 0 \Rightarrow x = R_1/q = 1,165.$$

$$M(x=1,165) = 0,492 \text{ t.m.}$$

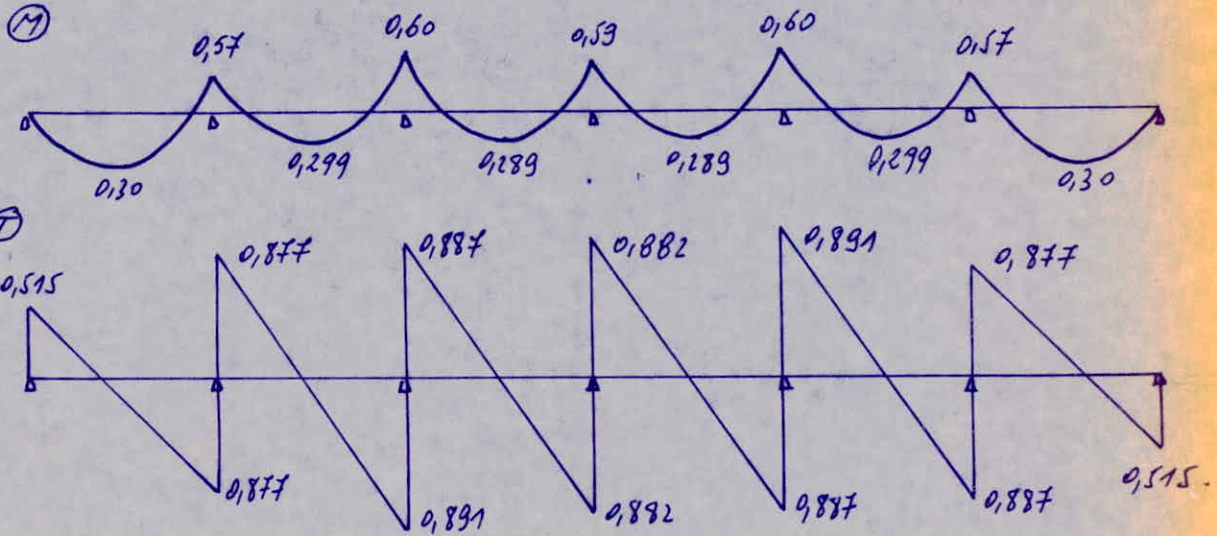
- * $T_1 = R_1 = 0,5727 \text{ t}$ et $T_2 = R_2 = 0,975 \text{ t.}$

Planches logement.

* charges permanentes $\longrightarrow 470 \times 0,65 = 305,5 \text{ kg/ml}$

* surcharges P. majeures $\longrightarrow 1,2 \times 175 \times 0,65 = 136,5 \text{ kg/ml}$

$q = 442 \text{ kg/ml.}$

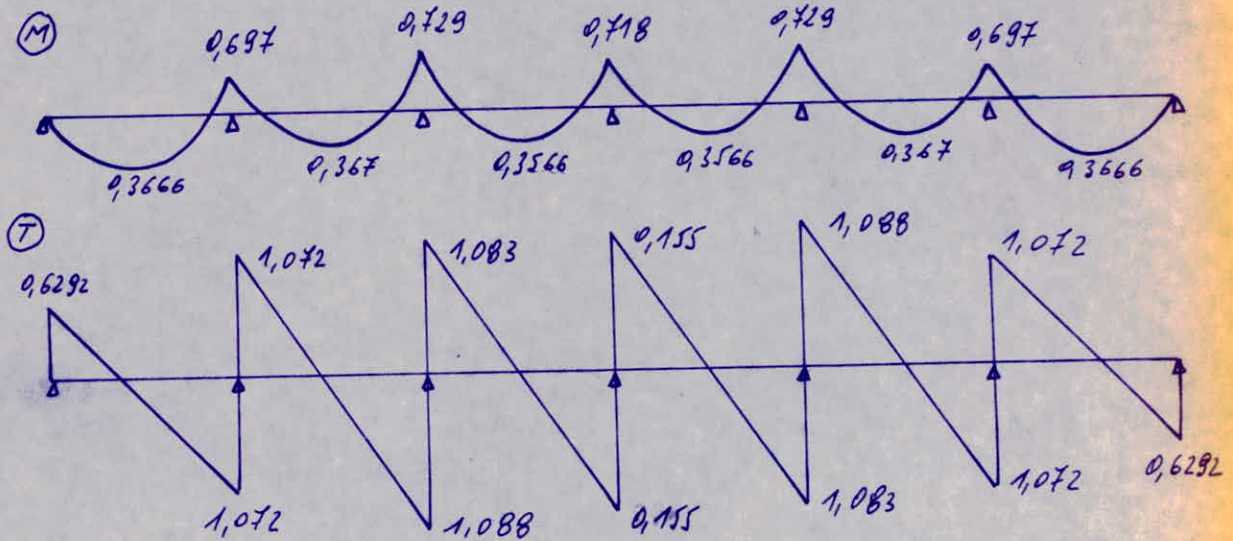


Planches bureaux.

* charges permanentes $\longrightarrow 530 \times 0,65 = 344,5 \text{ kg/ml.}$

* surcharges P. majeures. $\longrightarrow 1,2 \times 250 \times 0,65 = 195 \text{ kg/ml}$

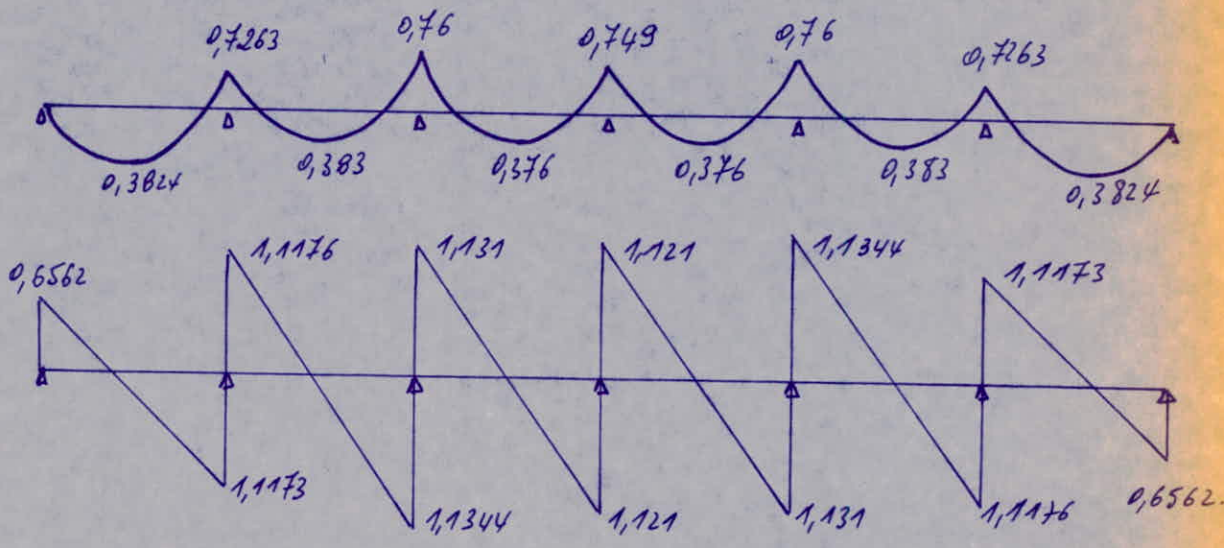
$q = 539,5 \text{ kg/ml}$



Planches Bureaux (Rez de chaussée).

* charges permanentes $\longrightarrow 565 \times 0,65 = 367,3 \text{ kg/ml}$
 * surcharges P. majees $\longrightarrow 1,2 \times 250 \times 0,65 = 196,0 \text{ kg/ml}$

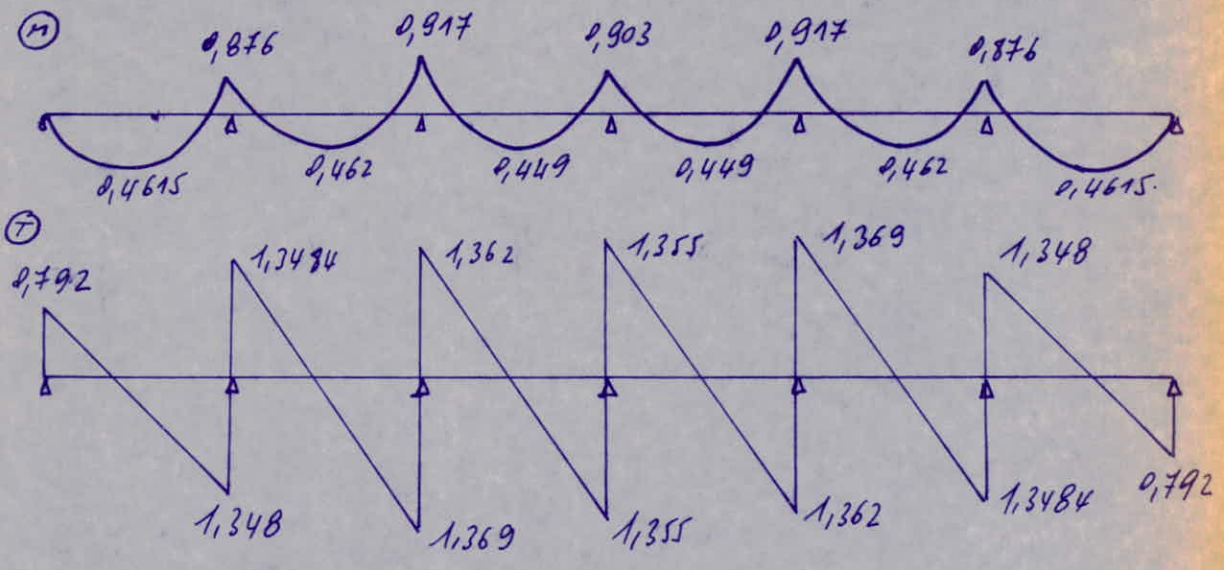
$q = 563,3 \text{ kg/ml.}$



Plancher sous sol.º

* charges permanentes $\longrightarrow 530 \times 0,65 = 344,5 \text{ kg/ml}$
 * surcharges P. majees $\longrightarrow 1,2 \times 400 \times 0,65 = 312 \text{ kg/ml}$

$q = 656,5 \text{ kg/ml}$



Détermination des armatures.

La première opération à effectuer pour le calcul d'une section en T est la détermination de la position de l'axe neutre :

$$y_1 = \alpha h.$$

* Si $y_1 \leq h_0 \Leftrightarrow \alpha h \leq h_0 \rightarrow \alpha \leq h_0/h$.

L'axe neutre tombe dans la table de compression \rightarrow Calcul en section rectangulaire.

* Si $y_1 > h_0 \Leftrightarrow \alpha > h_0/h \rightarrow$ l'axe neutre tombe dans la nervure \rightarrow Calcul en section en T.

On utilisera cependant la méthode de CHARON, qui consiste à calculer μ ($\mu = nM / \bar{\sigma}_a b h^2$) et à l'aide de tableaux on déterminera la valeur de α . Dans le cas où $\alpha \leq h_0/h$, ces mêmes tableaux nous donnent les valeurs de ϵ , K et \bar{w} .

Dans le cas contraire on utilisera le calcul relatif à une section en T comme indiqué par CHARON.

Pour tous les planchers, le calcul se fera pour les valeurs max du moment et de l'effort tranchant relatifs à chacun d'eux.

EFFORTS sous le 1^{er} genre sur Appui et en travée

	G+1,2P	TERRASSE	NIVEAUX 7,6 et 5	NIVEAUX 4 et 3	NIVEAU 2	NIVEAU 1
APPUIS	T_a	0,99	0,891	1,090	1,134	1,370
	M_a	0,664	0,600	0,730	0,760	0,920
TRAVÉE	M_t	0,492	0,300	0,367	0,383	0,462

* $\mu = \frac{\eta M}{\bar{\sigma}_a b h^2}$ avec $m=15$; $\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$
 $b = 65 \text{ cm}$
 $\rightarrow \mu = 8,24 \cdot \frac{M}{h^2} \cdot 10^{-5}$

* $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h}$

* $\alpha' = h_0/h$ avec $h_0 = 5 \text{ cm}$ et $h = 19$ et 23 cm .
 $\rightarrow \alpha' = 0,263$ et $\alpha' = 0,217$.

	Niv	M Lm	M	K	α	ϵ	$\bar{\sigma}_b'$	$\alpha' h$	A Calculé cm^2	A choisie cm^2	ϕ
FERRAILLAGE - TRAVÉES	8	0,482	0,0112	90,5	0,1422	0,9536	30,94		0,970	1,57	2T10
	7	0,300	0,0068	119,0	0,1119	0,9627	23,53		0,586	"	"
	6										
	5										
	4	0,367	0,0057	130,0	0,1034	0,9655	21,54		0,590	"	"
	3										
	2	0,383	0,00597	126,0	0,1064	0,9645	22,22		0,620	"	"
	1	0,462	0,0072	115,0	0,1154	0,9615	24,35		0,750	"	"

* Dans tous les cas on a trouvé $h_0/h > \alpha \rightarrow$ Calcul en section rectangulaire pour tous les niveaux.

* On remarquera aussi que pour tous les niveaux on a:

$\bar{\sigma}_b' < \bar{\sigma}_s'$

Calcul du Ferrillage sur appui.

La table de compression se trouvant dans la zone tendue, au point de vue calcul, nous avons une section rectangulaire de:

21×12 et de 25×12

on prendra: $d = 2 \text{ cm}$ d'où $h = 19 \text{ cm}$ et 23 cm .

	$M_{l.m}$	M	K	α	ϵ	$\bar{\sigma}_b'$	$A (cm^2)$ Calculée	$A (cm^2)$ choisie	ϕ
8	0,664	0,0152	76,5	0,1639	0,9454	36,6	1,32	1,57	2710
$\frac{7,6}{5}$	0,600	0,0137	81,0	0,1563	0,9479	34,57	1,19	"	"
$\frac{4,2}{3}$	0,730	0,0114	89,5	0,1435	0,9522	31,29	1,19	"	"
2	0,760	0,0118	88,0	0,1456	0,9515	31,82	1,24	"	"
1	0,920	0,0143	79,0	0,1596	0,9468	35,44	1,51	"	"

* on remarquera que :
 $\alpha < h/h$ et $\bar{\sigma}_s' < \bar{\sigma}_s'$

VERIFICATIONS :

Vérification des contraintes :

- Contrainte dans le béton comprimé : $\bar{\sigma}_b' = \theta y_n$.
- " " l'acier comprimé : $\bar{\sigma}_a' = n\theta(y_n - d')$
- " " " tendu : $\bar{\sigma}_a = n\theta(h_t - d - y_n)$

avec $\theta = M/I$

* y_n sera déterminé par la formule :

$$by_n^2/2n + (A+A')y_n - A'd' - A(h_t - d) = 0$$

et I par la formule :

$$I = by_n^3/3 + nA'(y_n - d')^2 + nA(h_t - d - y_n)^2$$

Dans notre cas on a pas d'acier comprimés.

→ $A' = 0$ et $d' = 0$

les formules deviennent ainsi :

$$* by_n^2/2n + Ay_n - A(h_t - d) = 0$$

$$* I = by_n^3/3 + nA(h_t - d - y_n)^2$$

les valeurs seront portées dans le tableau ci après.

NIV	Sections	y (cm)	I cm ⁴	σ_b' kgf/cm ²	τ_a kgf/cm ²	τ_a' kgf/cm ²	Conclusion
8	Appui	4,09	6717,9139	40,43	2210,56	0	$\sigma_b' < \bar{\sigma}_b'$ $\tau_a < \bar{\tau}_a$
	Travée	4,18	6146,14	45,16	2401,62	0	Vérifiées
7 6	Appui	4,09	6717,9139	36,53	1997,50	0	Vérifiées
	Travée	4,18	6146,14	40,81	2170,14	0	"
4	Appui	4,4608	10017,395	32,5073	2026,52	0	Vérifiées
	Travée	4,6485	9270,44	36,605	2167,63	0	"
2	Appui	4,4608	10017,395	33,8432	2109,80	0	Vérifiées
	Travée	4,6485	9270,44	38,109	2256,71	0	"
1	Appui	4,4608	10017,395	40,97	2553,97	0	Vérifiées
	Travée	4,6485	9270,44	46,32	2731,81	0	"

CONDITION de non FRAGILITÉ

$A_1 = 1,2 A_0$

$A_2 = 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} \cdot b \cdot h$

$A \geq \begin{cases} A_0 \\ \min(A_1, A_2) \end{cases}$

Calcul CEBA 68 art 52
(page XXIX)

Appui: $b = 12 \text{ cm}$ et $h = 19$ et 23 cm

$A_2 = 0,69 \times \frac{5,9}{4200} \times 12 \times 19 = 0,221 \text{ cm}^2$

$A_1 = 1,2 A_0 = 1,57 \times 1,2 = 1,884 \text{ cm}^2$

$A \geq \begin{cases} 1,57 \text{ cm}^2 \\ \min(0,221; 1,884) = 0,221 \end{cases}$

Vérifié.

Travée: $b = 65 \text{ cm}$; $h = 19$ et 23 cm .

$A_2 = 0,69 \times \frac{5,9 \times 65 \times 19}{4200} = 1,197 \text{ cm}^2$

$A_1 = 1,2 A_0 = 1,884 \text{ cm}^2$

$A \geq \begin{cases} 1,57 \text{ cm}^2 \\ \min(1,884; 1,197) = 1,197 \text{ cm}^2 \end{cases}$

Vérifié.

Condition de non fissuration.

La valeur maximale de la contrainte de traction des armatures $\bar{\sigma}_a$ est limitée à la plus grande des valeurs suivantes exprimées en bars :

$$\sigma_1 = K \frac{\eta}{\phi} \frac{\bar{w}_f}{1 + 10 \bar{w}_f} \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{\eta}{\phi} k \bar{\sigma}_b}$$

expressions sous lesquelles :

ϕ : désigne le diamètre nominal exprimé en millimètres de la plus grosse des barres tendues de la section d'enrobage

η : est un coefficient numérique, dit coefficient de fissuration, dont la valeur est égale à l'unité pour les ronds lisses bruts de laminage et est fixée par sa fiche d'identification pour chaque type d'armature à haute adhérence

$\bar{\sigma}_b$: désigne la contrainte de traction de référence du béton exprimée en bars.

k : désigne une grandeur exprimée en bars millimètres à laquelle on attribue les valeurs suivantes :

$k = 1,5 \cdot 10^6$ si la fissuration est peu nuisible et ne compromet ni la conservation des aciers, ni la durée de l'ouvrage.

$k = 10^6$ si la fissuration des zones tendues est préjudiciable

w_f : pourcentage de fissuration.

$w_f = \frac{A}{B_f}$ avec A : somme des aires de la section droite des barres tendues prises en compte à la section d'enrobage.

B_f : l'aire de la surface du béton tendu délimitée sous une section droite de la pièce par le contour de cette dernière et une ou éventuellement deux droites parallèles à l'axe neutre, et telle que cette aire contienne

toutes les barres tendues prises en compte dans le présent calcul et admette le même centre de gravité que les sections de ces armatures dans la section droite considérée.

Dans notre cas on a :

$$K = 1,5 \cdot 10^6 \text{ bars. mm.}$$

$$\eta = 1,6 \quad ; \quad \phi = 10 \text{ mm} \quad ; \quad \bar{\sigma}_s = 5,8 \text{ bars.}$$

$$B_p = 5 \text{ cm} \times 12 \text{ cm} = 60 \text{ cm}^2.$$

$$\bar{\omega}_p = \frac{1,57}{60} = 0,02617$$

$$\sigma_1 = 1,5 \cdot 10^6 \times \frac{1,6}{10} \times \frac{0,02617}{1 + 10 \times 0,02617} = 49780455 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 2,4 \sqrt{\frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6}{10} \times 5,8} = 2831,593 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 49780455 \text{ kgf/cm}^2$$

on a bien $\max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kgf/cm}^2$.
vérifiée.

Vérification de l'adhérence.

* calcul de la contrainte d'adhérence :

vérifions d'abord si les deux barres forment un paquet.

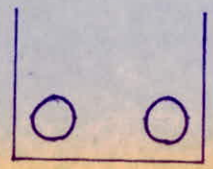
Deux barres forment un paquet si :

$$\frac{\pi \phi}{2} > d.$$

d : étant la distance entre entre les deux barres depuis leurs centres.

$$\pi \phi / 2 = 1,57 \text{ cm}$$

$$d = 7 \text{ cm} > \pi \phi / 2.$$



- 31 -

Les deux barres ne formant pas alors un paquet, elles sont considérées comme isolées.

↳ Contrainte d'adhérence et égale à τ_a

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

p = périmètre d'une barre.

n = nombre de barres.

z = bras de levier. ($z = 7/8 h$).

T = Effort tranchant max.

$$T_{\max} = 1,37t.$$

$$\tau_d = 1,37 / (2 \times \pi \times 1 \times \frac{7}{8} \times 19) = 0,0131183t / \text{cm}^2$$

$$\tau_d = 13,12 \text{ kg/cm}^2$$

Contrainte d'adhérence admissible (aciers enroulés)

$$\bar{\tau}_d = 2 \gamma_d \bar{\sigma}_b \quad \text{CCBA 68 art. 29,11}$$

$$\gamma_d = 1,5 \quad \text{aciers H.A.}$$

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

$$\bar{\tau}_d = 17,7 \text{ kgf/cm}^2$$

on a bien $\tau_d < \bar{\tau}_d$ Vérifié.

Vérification de la flèche.

Selon CCBA 68 art 58,4 pages 111-112, il est inutile de donner des justifications de flèche si les conditions ci après sont satisfaites :

$$* \frac{h_e}{l} \geq \frac{M_e}{15 M_0}$$

$$* \frac{A}{b_0 h} \leq \frac{36}{\sigma_{en}}$$

$$* \frac{h_e}{l} < \frac{1}{22,5}$$

h_e/l	M_e/AS_{T0}		A/b_0h	$36/\tau_{an}$		$\frac{1}{22,5}$		Conclusion
0,0666	0,0538	Vérifiée	0,00683	0,00874	Vérifiée	0,0444	Vérifiée	on ne procédera pas à la justification.
"	0,0365	"	"	"	"	"	"	"
0,0575	0,0227	"	0,00834	"	"	"	"	"
"	0,0366	"	"	"	"	"	"	"
0,073	0,0366	"	"	"	"	"	"	"

Pour tous les niveaux, les trois conditions précitées au dessus sont satisfaites, on ne procédera à la justification de la Pléche.

ARMATURES TRANSVERSALES. (CCBA 68 art 25)

Les armatures transversales seront calculées pour l'effort tranchant maximum. Ces armatures seront perpendiculaires à la ligne moyenne, pour cela on doit faire la vérification de cisaillement.

Contrainte tangente du plan neutre.

$$\tau_0 = T/b_0z$$

T_0 représente l'effort tranchant

b_0 " la largeur de la nervure

z " le bras de levier du caepile élastique

$$\tau_0 \leq 3,5 \bar{\sigma}_0 \quad \text{si } \sigma_0' < \bar{\sigma}_{00}'$$

$$\tau_0 \leq \left(4,5 - \frac{\sigma_0'}{\bar{\sigma}_{00}'}\right) \bar{\sigma}_0 \quad \text{si } \bar{\sigma}_0' \leq \sigma_0' \leq 2 \bar{\sigma}_{00}'$$

$$* z = \frac{7}{8} h$$

Les résultats seront portés dans le tableau suivant :

NIV	T_{max} (t)	z (m)	σ_b kg/cm ²	σ_b' kg/cm ²	$\bar{\sigma}_b'$		$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	Conclusion
	0,99	16,625	4,962	36,6	68,5	$\sigma_b' < \bar{\sigma}_b'$	$\bar{\sigma}_b = 3,5\bar{\sigma}_b' = 20,65$	$\sigma_b < \bar{\sigma}_b$
	0,891	"	4,4662	"	"	"	"	"
	1,090	20,125	4,5735	"	"	"	"	"
	1,134	"	4,6957	"	"	"	"	"
	1,370	"	5,6729	"	"	"	"	"

Calcul de la contrainte de traction admissible des armatures transversales :

$$\bar{\sigma}_{at} = \gamma_a \sigma_{an}$$

$$\gamma_a = 1 - \frac{\sigma_b}{9\sigma_b} = 1 - \frac{5,6729}{9 \times 5,9} = 0,8932.$$

Comme $\gamma_a > \frac{2}{3}$ on adoptera alors la valeur trouvée.

$$\sigma_{an} = 4200 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{at} = 2143,68 \text{ kgf/cm}^2$$

Nota: la section est considérée sans reprise de bétonnage.

Calcul des écartements des armatures.

détermination de A_t :

on choisira des $\phi 6$ FeE24.

$$A_t = 2 \times 0,28 = 0,56 \text{ cm}^2$$

la contrainte des aciers est donnée par la formule :

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{T \cdot t}{Z \cdot A_t} \quad \text{d'où} \quad t = \frac{\bar{\sigma}_{at} \cdot Z \cdot A_t}{T}$$

$$\text{on prendra : } \bar{\sigma}_{at} = \sigma_{at} = 2143,68 \text{ kgf/cm}^2$$

$$Z = \frac{7}{8} h \text{ avec } h = 19 \text{ cm.}$$

$$T = 1,37 \text{ tonnes. et } A_t = 0,56 \text{ cm}^2$$

$$t = 14,57 \text{ cm} \quad \text{on prendra} \quad t = 10 \text{ cm.}$$

d'après ECBA 68. on doit avoir

$$\bar{E} \leq \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 h = 0,2 \times 19 = 3,8 \text{ cm} \\ \left(1 - 0,3 \frac{\sigma_b}{\sigma_b}\right) h = \left(1 - 0,3 \times \frac{5,6729}{5,9}\right) \times 19 = 13,52 \text{ cm} \end{array} \right.$$

on a bien $t < \bar{E}$

Le premier plan d'armatures sera placé à une distance $t/2$ de

l'appui, les autres plans seront disposés conformément à la suite de CAQUOT.

TABLE de COMPRESSION:

Colon CCBA68 art 58.2. Quand l'écartement l_n entre axes des nervures est compris entre 50 et 80 cm, la section des armatures perpendiculaires aux nervures exprimée en cm^2/ml doit être au moins égale à :

$$0,02 l_n \frac{\sigma_{an}}{\sigma_{eu}} = \frac{43 l_n}{\sigma_{eu}} \quad (1)$$

Soit A_{\perp} cette expression (1)

Dans votre cas on a $l_n = 65 cm$.

Comme il s'agit de treillis soudés avec $\phi \leq 6 mm$

on a $\sigma_{an} = 5300 kgf/cm^2$.

→ $A_{\perp} \geq 0,53 cm^2$

Armatures parallèles aux nervures:

$$A_{\parallel} \geq \frac{A_{\perp}}{2} \quad \longrightarrow \quad A_{\parallel} \geq 0,27 cm^2$$

Les armatures parallèles aux nervures autre que les armatures supérieures des poutrelles, elles doivent avoir une section par mètre linéaire au moins égale à la moitié de celle des armatures perpendiculaire.

Le choix des armatures transversales portera sur : un treillis soudé (20x20) en $\phi 5$ soit $5\phi 5/ml$.

→ $A_{\perp} = 0,98 cm^2$ et $A_{\parallel} = 0,49 cm^2$

CALCUL DES ESCALIERS

I. INTRODUCTION : On a trois types d'escaliers à étudier.

2) Escaliers extérieurs:

On a prévu un joint de dilatation pour séparer notre structure des escaliers.

b) Escaliers intérieurs: On a 2 type.

- Le 1^{er} fait la liaison entre le 2^{ème} sous-sol et 2^{ème} étage.

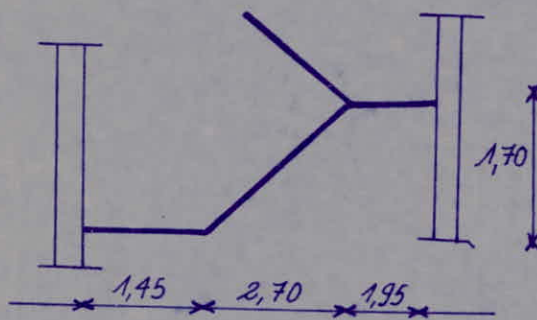
- Le 2nd se trouve au R.D.C, vu qu'on a un duplexe.
(c.a.d différence de niveau.)

Il relie la cote (+ 1.02) et la cote (1.80)

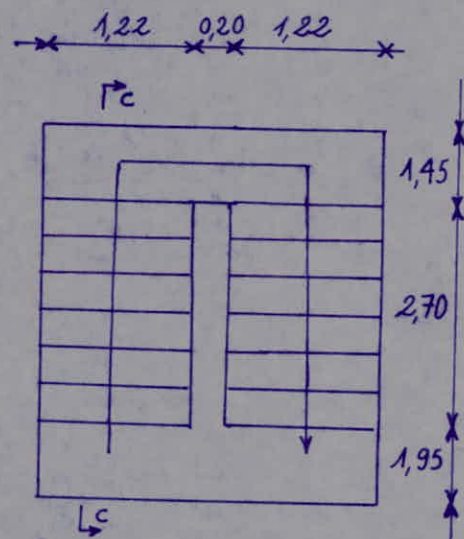
II CALCUL DES ESCALIERS

1) Escaliers extérieurs

2) Dimensionnement:

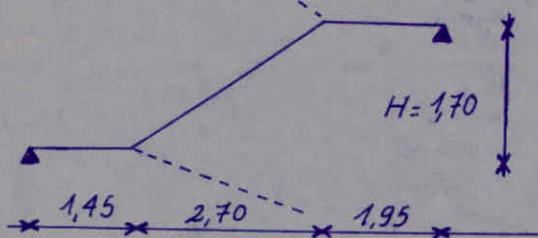


coupe. c.c



VUE EN PLAN

• schéma statique.



* Vérification de la formule de BLONDEL

$$0,60 \leq g + 2h \leq 0,60 \text{ m.}$$

g: largeur d'une marche.

h: hauteur d'une contre marche.

$$g + 2h = 0,30 + 2 \times 0,17 = 0,64 \text{ m.} \rightarrow \text{Vérifiée.}$$

or: $g = \frac{L}{n-1}$ et $h = \frac{H}{n}$

n: nombre de marche (n=10)

L: Longueur de la ligne de portée. (L=2,70 m)

H: Hauteur à monter (H=1,70 m)

* Épaisseur de la poutre:

L'épaisseur de la poutre doit vérifier la condition suivante:

$$\frac{l}{30} < e < \frac{l}{20}$$

avec. $l = \frac{L}{\cos \alpha}$

or: $\tan \alpha = \frac{H}{L} = \frac{1,70}{2,70} = 0,62963 \rightarrow \cos \alpha = 0,846$

alors: $l = \frac{L}{\cos \alpha} = \frac{2,70}{0,846} = 319,06 \text{ cm.}$

d'où $10,635 < e < 15,95 \text{ cm}$

On prend $\rightarrow e = 15 \text{ cm.}$

2) Évaluation des charges:

2) Escalier en BA coulé sur place avec un revêtement en carrelage.

- Hauteur à monter = 1,70 m

- Largeur de l'escalier = 1,22 m

- Épaisseur de la poutre: e = 15 cm.

* Charge permanente:

- Poids propre de la marche : $\frac{2500 \cdot 0,15}{\cos \alpha} = 443,14 \text{ Kg/m}^2$
 - Poids propre : $2200 \times \frac{r}{2} = 2200 \times \frac{0,17}{2} = 187 \text{ Kg/m}^2$
 - Revêtement (carrelage + mortier) : $= 80 \text{ Kg/m}^2$
 - Garde corps (serrurerie) : $= 40 \text{ Kg/m}^2$
- $G = 750,14 \text{ Kg/m}^2$

- * Surcharge: $P = 250 \text{ Kg/m}^2$
 $S = 1,2 \cdot P = 1,2 \cdot 250 = 350 \text{ Kg/m}^2$
 $q_1 = G + S = 1100 \text{ Kg/m}^2$

Pour un mètre de largeur :

$q_1 = 1100 \text{ Kg/ml}$

b) Palier

* Charge permanente:

- Poids propre du palier : $2500 \times 0,15 = 375 \text{ Kg/m}^2$
 - Revêtement (carrelage + Mortier) : $= 80 \text{ Kg/m}^2$
- $G = 455 \text{ Kg/m}^2$

- * Surcharge: $S = 350 \text{ Kg/m}^2$

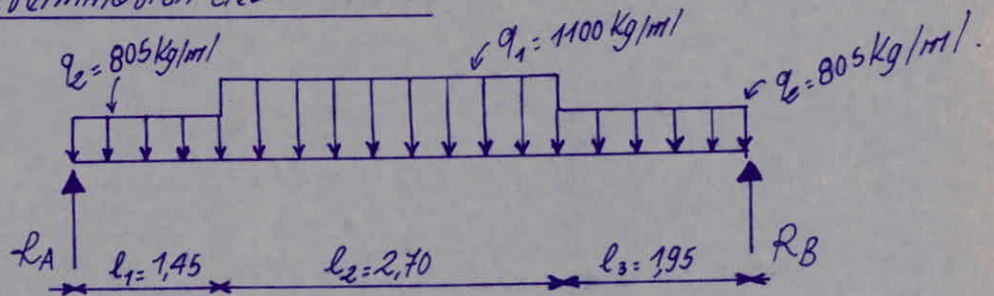
Charge sur le palier:

$q_2 = G + S = 805 \text{ Kg/m}^2$

Pour un mètre de largeur :

$q_2 = 805 \text{ Kg/ml}$

3) - Détermination des



2) Détermination des réactions :

$$\sum M/B = 0 \Rightarrow 6,1 \times R_A = q_2 \times 1,45 \times 5,375 + q_1 \times 2,70 \times 3,30 + q_2 \times \frac{(1,95)^2}{2}$$

$$6,10 \cdot R_A = 805(7,794 + 1,901) + 1100 \times 8,91 = 17605,475$$

$$R_A = \frac{17605,475}{6,10} = 2886,14 \text{ Kg.}$$

$$R_A = 2,89 \text{ t.}$$

$$\sum M/A = 0 \Rightarrow 6,1 \times R_B = q_1 \times 1,95 \times 5,125 + q_2 \times 2,70 \times 2,80 + q_1 \times \frac{(1,45)^2}{2}$$

$$6,10 \cdot R_B = 805(9,994 + 1,051) + 1100 \times 7,56 = 17207,024$$

$$R_B = \frac{17207,024}{6,10} = 2820,824 \text{ Kg}$$

$$R_B = 2,82 \text{ t.}$$

- $R_A = 2,89 \text{ t.}$
- $R_B = 2,82 \text{ t.}$

b) Efforts tranchants :

- $0 \leq x \leq 1,45$

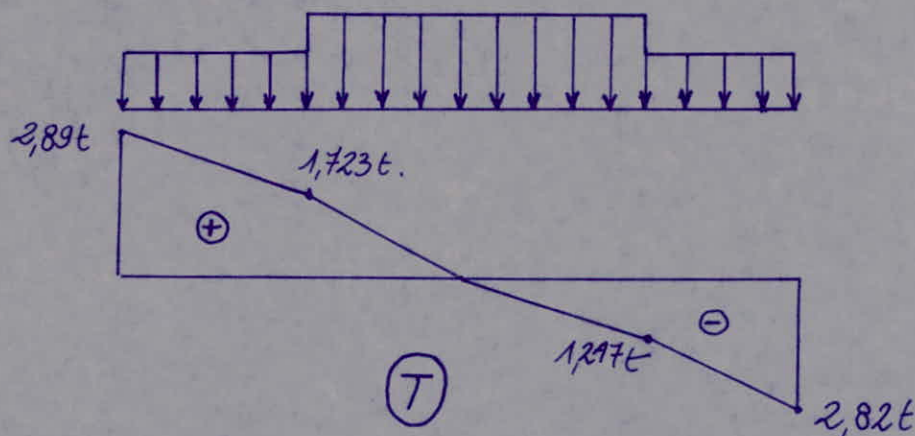
$$-T(x) = R_A - q_2 \cdot x \Rightarrow \begin{cases} T(0) = R_A = 2,89 \text{ t.} \\ T(1,45) = 1,723 \text{ t.} \end{cases}$$

- $1,45 \leq x \leq 4,15$

$$T(x) = R_A - q_2 \times 1,45 - q_1 \cdot (x - 1,45) \Rightarrow \begin{cases} T(1,45) = 1,723 \text{ t} \\ T(4,15) = -1,247 \text{ t.} \end{cases}$$

- $4,15 \leq x \leq 6,10$

$$T(x) = R_A - q_2 \times 1,45 - q_1 \times 2,70 - q_2 \cdot (x - 4,15) \Rightarrow \begin{cases} T(4,15) = -1,247 \text{ t} \\ T(6,10) = -R_B = -2,82 \text{ t} \end{cases}$$



c) Moment fléchissant :

• $0 \leq x \leq 1,45 \text{ m}$

$$M(x) = R_A \cdot x - q \frac{x^2}{2} \Rightarrow \begin{cases} M(0) = 0 \\ M(1,45) = 3,34 \text{ t} \end{cases}$$

• $1,45 \leq x \leq 4,15$

$$M(x) = R_A \cdot x - q_2 \cdot 1,45(x - 0,725) - q_1 \frac{(x - 1,45)^2}{2} \Rightarrow \begin{cases} M(1,45) = 3,34 \text{ t} \\ M(4,15) = 3,99 \text{ t} \end{cases}$$

• $4,15 \leq x \leq 6,1$

$$M(x) = R_A \cdot x - q_2 \cdot 1,45(x - 0,725) - q_1 \cdot 2,70(x - 2,80) - q_2 \frac{(x - 4,15)^2}{2} \Rightarrow \begin{cases} M(4,15) = 3,99 \text{ t} \\ M(6,1) = 0 \end{cases}$$

* Calcul du Moment Max :

$$M(x) = R_A \cdot x - q_2 \cdot 1,45(x - 0,725) - q_1 \frac{(x - 1,45)^2}{2}$$

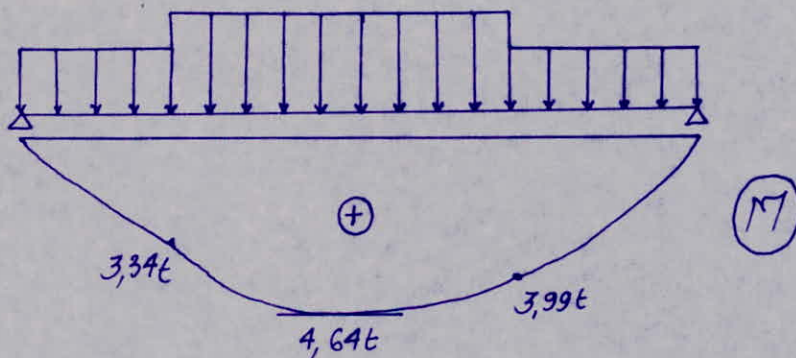
$$M'(x) = R_A - q_2 \cdot 1,45 - q_1 \cdot (x - 1,45) = 0$$

$$R_A - q_2 \cdot 1,45 + q_1 \cdot 1,45 - q_1 \cdot x = 0 \Rightarrow R_A + 1,45(q_1 - q_2)$$

$$q_1 \cdot x = R_A + 1,45(q_1 - q_2) \Rightarrow x = \frac{R_A + 1,45(q_1 - q_2)}{q_1}$$

$$x = \frac{-2,89 + 1,45(1,10 - 0,805)}{1,10} = 3,32 \text{ m}$$

$$M_{\text{max}} = M(3,32) = 4,642 \text{ t.m}$$



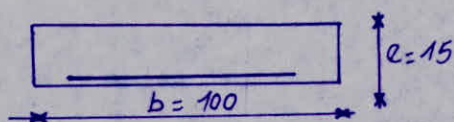
4) Ferraillage :

Et donné qu'on a un semi encastrement aux extrémités, le moments en travée et à l'appui sont donnés par :

$$M_t = 0,85 \cdot M_{\text{max}} = 3,944 \text{ t.m}$$

$$M_a = 0,30 \cdot M_{\text{max}} = 1,392 \text{ t.m}$$

2) Calcul de la section :



$$e = 15 \text{ cm}$$

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

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

a) Section en travée.

données:

$$M_t = 3,944 \text{ t.m} = 3,944 \cdot 10^5 \text{ Kg.cm}$$

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

$$d = 2 \text{ cm} \rightarrow h_t = e = 15 \text{ cm} \Rightarrow h = h_t - d = 13 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_s \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 3,944 \cdot 10^6}{2800 \cdot 100 \cdot (13)^2} = 0,125$$

$$\begin{cases} \epsilon = 0,8634 \\ \kappa = 21,60 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_s}{\kappa} = \frac{2800}{21,60} = 129,63 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_s \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{3,944 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8634 \cdot 13} = 12,55 \text{ cm}^2$$

On adopte: 7 T 16 = 14,07 cm².

b) Section en appui

données

$$M_o = 1,392 \text{ t.m}$$

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

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

$$\mu = \frac{15 \cdot M_t}{\bar{\sigma}_s \cdot b \cdot h^2} = \frac{1,392 \cdot 10^5}{2800 \cdot 100 \cdot (13)^2} = 0,0441$$

$$\begin{cases} \epsilon = 0,9111 \\ \kappa = 41,20 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{2800}{41,20} = 67,96 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_s \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1,392 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9111 \cdot 13} = 4,20 \text{ cm}^2$$

On adopte 4 T 12 = 4,52 cm².

5) Verifications

a) Condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,26 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{Verifiée.}$$

b) fissuration.

$$M_{\max} (\bar{\sigma}_{1f}, \bar{\sigma}_{2f}) \geq \bar{\sigma}_s = 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_{1f} = \kappa \frac{n}{\sigma} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f} ; \bar{\sigma}_{2f} = 2,4 \sqrt{\frac{n}{\sigma} \cdot \kappa \bar{\sigma}_b}$$

$$\eta = 1,6$$

$$\varnothing = 16 \text{ mm}$$

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

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}, \text{ avec } B_f = 2db = 2,2 \times 100 = 400 \text{ cm}^2$$

$$\frac{I_f}{B_f} = \frac{14,07}{400} = 0,0352$$

$$\bar{\sigma}_f = \frac{1,5 \cdot 10^6 \times 1,6}{16} \cdot \frac{0,0352}{1 + 10 \cdot 0,0352} = 3905,32 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma} = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

c) Effort tranchant:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} \leq \bar{\tau}_b = 1,15 \bar{v}_b$$

$$T_{\max} = R_A = 2,89 \text{ t}$$

$$\tau_b = \frac{2,89 \times 10^3}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 13} = 2,54 < 6,79 \text{ kg/cm}^2$$

Les armatures transversales ne sont pas nécessaires mais on des armatures de répartition.

$$A_t = \frac{A}{4} = \frac{14,07}{4} = 3,52 \text{ cm}^2$$

$$\text{On adopte } 5T10 = 3,92 \text{ cm}^2$$

d) Condition aux appuis:

$$T_{\text{appui}} = R_A = 2,89 \text{ t} \quad \text{et} \quad M_0 = -1,392 \text{ t.m}$$

$$\frac{T + M/z}{\bar{v}_0} = \frac{2,89 \cdot 10^3 - \frac{1,392 \cdot 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 13}}{2800} < 0$$

L'ancrage des armatures inférieures ne sera pas nécessaire.

e) Ecartement des aciers:

$$\bullet \text{ pour les aciers principaux: } t \leq \begin{cases} 3ht = 3 \times 15 = 45 \text{ cm} \\ 33 \text{ cm} \end{cases}$$

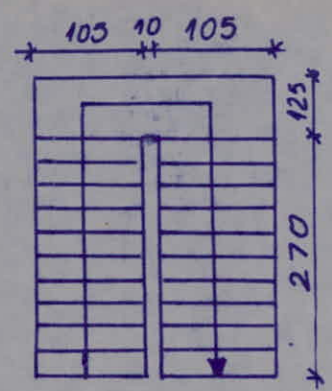
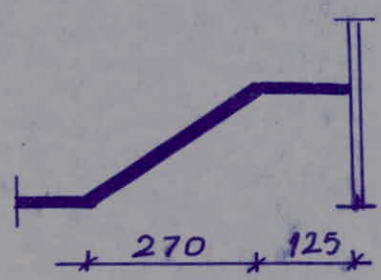
$$\text{On prend } t = \frac{100}{7} = 14 \text{ cm}$$

$$\bullet \text{ Armatures de répartition: } t \leq \begin{cases} 4ht = 60 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

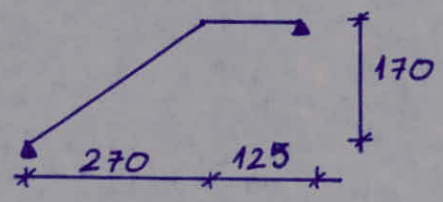
$$t = \frac{100}{5} = 20 \text{ cm}$$

B. Escalier interieur

1. Dimensionnement :



• Schema Statique :



2. Epaisseur de la pailleasse

$e = 12 \text{ cm}$

3. Evaluation des charges et Surcharges :

a) Pailleasse : $e = 12 \text{ cm}$.

- Hauteur à monter = 1.70 m.
- Largeur de l'escalier = 1.05 m.

* charge permanente :

- poids propre de la pailleasse :	$\frac{2500 \times 0,12}{\cos \alpha}$	= 355,0 kg/m ²
- poids propre de la marche :		= 187 --
- Revetement		= 140 --
- Enduit en sous face		= 20 --
- Garde Corps (serrurerie)		= 40 --
		<hr/>
		$G = 742 \text{ kg/m}^2$

* Surcharge : $P = 250 \text{ kg/m}^2$.

$S = 1,2 \cdot P = 350 \text{ kg/m}^2$

* charge totale :

pour 1m de largeur : $q_1 = G + S = 742 + 350 = 1092 \text{ kg/m}$

$q_1 = 1092 \text{ kg/ml}$

b. Palier : $e = 14 \text{ cm}$.

* charge permanente :

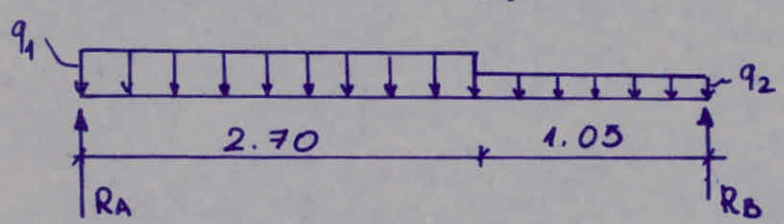
- poids propre du palier : $2500 \times 0,14 = 350 \text{ kg/m}^2$
 - Revêtement : $= 140 \text{ -- --}$
 - Enduit en sous face : $= 20 \text{ -- --}$
- $$G = 510 \text{ kg/m}^2$$

* Surcharge :

$$S = 350 \text{ kg/m}^2$$

pour 1m de largeur : $q_2 = 860 \text{ kg/ml}$.

4- Détermination des efforts :



$$\Sigma M/A = 0 : R_B \cdot 3,75 = q_1 \cdot 2,7 \cdot 1,35 + q_2 \cdot 1,05 \cdot 3,225$$

$$R_B = \frac{6892,515}{3,75} = 1838 \text{ kg}$$

$$\Sigma M/B = 0 : R_A \cdot 3,75 = q_1 \cdot 2,7 \cdot 2,4 + q_2 \cdot 1,05 \cdot 0,525$$

$$R_A = \frac{7550,235}{3,75} = 2013,4 \text{ kg}$$

d) Efforts tranchants :

- $T(x) = R_A - q_1 \cdot x$ pour $0 \leq x \leq 2,70$
 $T(0) = R_A = 2013,4 \text{ kg}$; $T(2,70) = -935 \text{ kg}$
- $T(x) = R_A - q_1 \cdot 2,7 - q_2 \cdot (x - 2,7)$; pour $2,7 \leq x \leq 3,75$
 $T(2,7) = -935 \text{ kg}$; $T(3,75) = R_B = -1830 \text{ kg}$.

b) Moments fléchissants :

- $M(x) = R_A \cdot x - q_1 \cdot \frac{x^2}{2}$ pour $0 \leq x \leq 2,70$
 $M(0) = 0$; $M(2,7) = 1455,84 \text{ kg.m}$.
- $M(x) = R_A \cdot x - q_1 \cdot 2,7 \cdot (x - 1,35) - q_2 \cdot \frac{(x - 2,7)^2}{2}$
pour $x \in [2,7 ; 3,75]$
 $M(2,7) = 1455,84 \text{ kg.m}$; $M(3,75) = 0$

$$M'(x) = R_1 - q_1 \cdot 2,7 - q_2 \cdot (x - 2,7) = 0$$

$$\text{Soit : } x = \frac{R_1 + 2,7(q_2 - q_1)}{q_2} = 1,613 \text{ m}$$

$$M_{\max} = M(1,6) = 1964,31 \text{ kg.m}$$

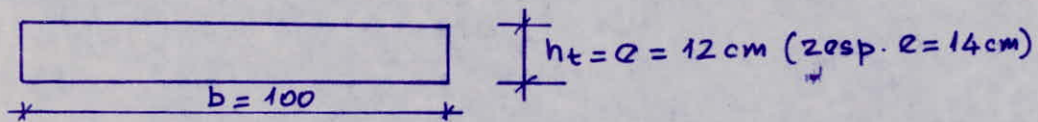
5. Ferraillage :

étant donné qu'on a un semi-encastrement aux extrémités, Les Moments en travée et à l'appui sont donnés par :

$$\bullet M_t = 0,85 M_{\max} = 1964,3 \times 0,85 = 1669,66 \text{ kg.m}$$

$$\bullet M_a = 0,40 M_{\max} = 1964,3 \times 0,40 = 785,72 \text{ kg.m}$$

Calcul de La Section :



Section en travée :

données :

$$\bullet M_t = 1669,66 \text{ kg.m}$$

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

$$\bullet d = 2 \text{ cm} \rightarrow h = h_t - d = 12 - 2 = 10 \text{ cm}$$

$$\bullet \text{Moment résistant : } M_{rb} = k_0 \cdot b \cdot h^2$$

$$\text{avec : } k_0 = \frac{1}{2} \bar{\sigma}_b \cdot \bar{\alpha} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3}\right)$$

$$\bar{\alpha} = 0,45044 \rightarrow \bar{\sigma} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} = 0,84985 \rightarrow k_0 = 29,285 \text{ kg/cm}^2$$

$$M_{rb} = 29,285 \cdot 100 \cdot 10^2 = 2,9285 \cdot 10^5 \text{ kg.cm}$$

$$\text{donc } M_{rb} = 2,93 \text{ t.m} > M_{ext} = 1,67 \text{ t.m} \rightarrow A' = 0$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_b \cdot \bar{\sigma} \cdot h} = \frac{1,67 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8598 \cdot 10} = 7,02 \text{ cm}^2$$

on adopte 9T10/ml (7,06 cm²).

Section en appui

données :

$$\bullet M_a = 785,72 \text{ kg.m}$$

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

$$\bullet h = 10 \text{ cm}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_b \cdot \bar{\sigma} \cdot h} = \frac{0,785 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8598 \cdot 10} = 3,264 \text{ cm}^2$$

on adopte : 7T8/ml (3,51 cm²).

6. Vérfications :a) Condition de non fragilité :

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} = 0,69 \cdot 100 \cdot 10 \cdot \frac{5,9}{4200} =$$

- Vérifiée -

b) fissuration :

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

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 3905,32 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2.$$

- Vérifiée -

c) Effort tranchant :

$$\bar{\tau}_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} \leq \bar{\tau}_b \quad ; \quad T_{\max} = R_A = 2013,4 \text{ kg.}$$

$$\bar{\tau}_b = \frac{2013,4}{100 \cdot \frac{7}{8} \cdot 10} = 2,3 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 7,2 \text{ kg/cm}^2$$

Les Armatures transversales ne sont pas nécessaires, mais on prévoit des armatures de répartition :

$$A_t = \frac{7,02}{4} = 1,8 \text{ cm}^2 \quad (4T8 = 2,01 \text{ cm}^2)$$

d) Condition aux appuis :

$$T_{\text{appui}} = R_A = 2013,4 \text{ kg} \quad \text{et} \quad M_a = -785,72 \text{ kg.m}$$

$$\frac{T}{\bar{\tau}_a} + \frac{M}{z \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{2013,4 - 785,72 \times 10^3 / 10,5}{2800} < 0$$

L'ancrage des armatures inférieures ne sera pas nécessaires.

e) Ecartement des aciers :

$$\cdot \text{ pour les aciers principaux : } t \leq \begin{cases} 3h_t = 42 \text{ cm} \\ 33 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\text{on adopte : } t = \frac{100}{9} = 11 \text{ cm}$$

$$\text{et : } t = \frac{100}{7} = 14 \text{ cm.}$$

$$\cdot \text{ Armatures de répartition : } t \leq \begin{cases} 4h_t = 56 \text{ cm} \\ 45 \text{ cm} \end{cases}$$

$$t = \frac{100}{4} = 25 \text{ cm}$$

Compte tenu de la non satisfaction des conditions de l'article 3.2.1.1 du RPA 81 page 11 par notre structure, la méthode statique équivalente ne peut être utilisée pour le calcul des forces sismiques.

On calculera en premier lieu la période T de vibration de notre structure, par la suite on passera à l'évaluation des charges sismiques.

I CALCUL de la PERIODE "T"

La méthode utilisée pour le calcul de la période "T" est celle d'Holzer transformée

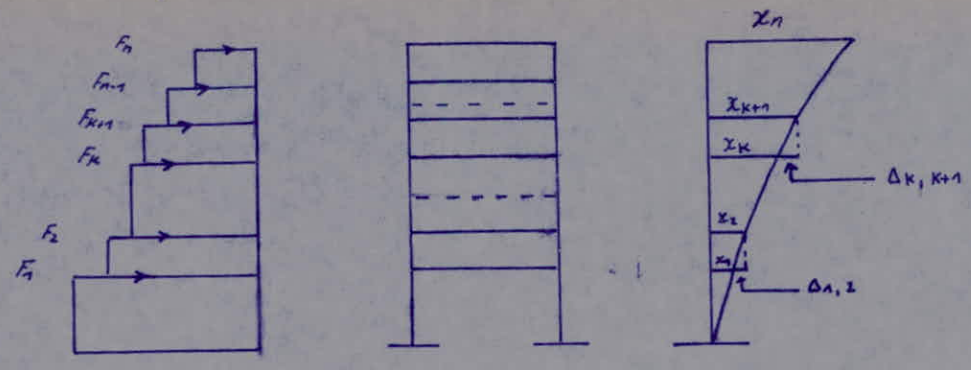
Cette méthode est utilisée dans le calcul dynamique des machines-outils, grâce, à l'introduction de la notion de rigidité relative de niveau, il a été possible de l'appliquer au calcul dynamique des structures de bâtiments.

Soit un Portique quelconque à S rangées de poteaux et m étages, à chaque niveau se trouve concentrée la masse m_k relative à l'étage k ($m_k = \text{poids mort} + \{0,25 \text{ ou } 0,9\}$ des surcharges).

Si par un moyen quelconque on a imposé un choc à la structure, celle-ci exécutera un mouvement oscillatoire de part et d'autre de sa position d'équilibre. Ce mouvement s'effectuera selon la 1^{ère} forme de vibration (forme fondamentale) ainsi tout point de la structure aura une impulsion ω_1 , une fréquence f_1 donc une période T_1 .

Prenons une rangée de poteaux (1 portique) et représentons l'une des déformées extrêmes qu'elle subit, celle-ci est obtenue pour des déplacements maximaux,

la déformée sous l'ou l'allure indiquée ci après



à chaque niveau k et sur chaque masse m_k agira une force F_k dont la valeur max est donnée par :

$$F_k = m_k \omega_1^2 x_k \quad (1)$$

à l'aide de ces forces on peut tracer le diagramme des efforts tranchants (comme indiqué ci dessus)

Tout déplacement de niveau peut être exprimé en fonction du déplacement du niveau supérieur si on connaît le déplacement relatif, d'où on a :

$$x_k = x_{k+1} - \Delta_{k,k+1} \quad (2)$$

Sachant que $\Delta_{k,k+1}$ peut être exprimé par :

$$\Delta_{k,k+1} = \frac{T_{k,k+1}}{R_{k+1,k}}$$

où $T_{k,k+1}$ est la somme des forces agissant au dessous du Niveau

$$T_{k,k+1} = \sum_{l=k+1}^n F_l = \sum_{l=k+1}^n m_l \omega_1^2 x_l = \omega_1^2 \sum_{l=k+1}^n m_l x_l$$

$$\Delta_{k,k+1} = \frac{\omega_1^2}{R_{k+1,k}} \sum m_l x_l$$

ainsi on aura :

$$x_k = x_{k+1} - \frac{\omega_1^2}{R_{k+1,k}} \sum m_l x_l$$

On peut remplacer les amplitudes "x" par les ordonnées principales "φ" Car la déformée dynamique, correspondant au mode "i" de vibration est proportionnelle au vecteur propre respectif:

$$\phi_k = \phi_{k+1} - \frac{\omega_i^2}{R_{k+1, k}} \sum_{n=k+1}^n m_n x_n \quad (3)$$

Grâce à cette relation on peut calculer la pulsation ω_i et la forme propre de n'importe quel mode de vibration et ceci à partir d'un processus d'itérations.

On choisit la dernière amplitude arbitrairement. On choisit généralement "φ_{n,i} = 1,00", à partir de là on commence notre opération d'itération, ainsi nous déterminons les différents φ_{n,i} depuis le sommet jusqu'à la base, sachant que φ_{0,i} doit être nulle (pas de déplacement à la base) on répète les itérations jusqu'à l'obtention de "φ_{0,i} = 0"

Nous pouvons cependant déterminer ω_i pour laquelle la variation des ordonnées φ_{k,i} se trouve en coïncidence avec le mode choisi. Cette coïncidence se traduit comme suit:

- * Pour le 1^{er} mode toutes les ordonnées doivent être positives.
- * Pour le 2^{ème} mode on doit avoir deux changements de signe etc...

Pour une commodité de calcul on introduit la notation: $\omega_i^2 = \xi_i \frac{R_0}{m_0}$

avec ξ_i: caractéristique de pulsation

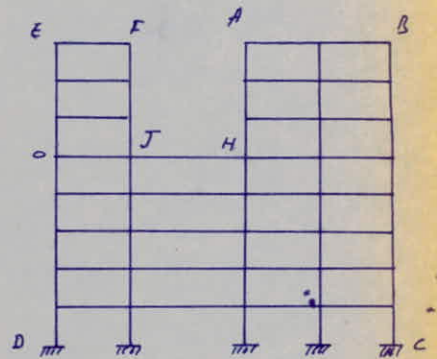
$$R_0 = \frac{12 EI_0}{l_0^3}$$

I₀, l₀: valeurs de référence arbitrairement choisies afin d'appliquer les rigidités relatives.

On choisira un portique dans chaque sens, pour lesquels on établira des tableaux de valeurs qui seront définis et expliqués plus bas.

A. Portique Longitudinal.

En raison de la discontinuité des poutres aux niveaux supérieurs 8, 6 et 4 on aura amené à se composer notre structure en 2 parties:



ABCDH et EFJO, cette dernière

partie sera considérée encastrée à la première.

Sous l'effet sismique, le Portique ABCDH aura une impulsion qui le fera osciller de part et d'autre de sa position d'équilibre, sa modélisation sera celle d'une console encastrée à sa base. avec concentration de masses des planchers à chaque niveau. Quant au bloc EFJO, il aura une oscillation avec déplacement à la base. On se bornera cependant à l'étudier comme s'il subissait une impulsion provenant directement du sol tout comme le portique ABCDH. et ceci en raison d'un manque de documentation qui a rendu l'étude précitée complexe, cependant on retiendra qu'une telle considération nous met dans le cas séismique; sa modélisation sera celle du Portique ABCDH. seulement qu'on a 3 masses au lieu de 8 masses.

A1. Bloc ABCDH.

1.1 Premier Tableau.

Dans ce premier tableau on calculera les rapports :

$$\gamma_{jk} = \frac{l_{jk}}{l_0} \quad ; \quad K_{jk} = \frac{I_{jk}}{I_0} \quad \text{et} \quad S_{jk} = \frac{K_{jk}}{\gamma_{jk}}$$

où l_{jk} : représente la distance entre j et k.

I_{jk} : moment d'inertie effectif du poteau se trouvant entre les niveaux j et k.

K_{jk} : rigidité relative du poteau dans le cas où les nœuds "k" et "j" exécutent seulement un mouvement de translation sans exécuter aucune rotation (hypothèse des poutres parfaitement rigides).

S_{jk} : rigidité conventionnelle du poteau situé entre les niveaux j et k.

I_0, l_0 : valeurs de référence, dans notre cas elles correspondent au poteau "1" du niveau 8.

* $l_0 = 3^m 40$

* $I_0 = \frac{hb^3}{12} = \frac{0,4 \times 0,6^3}{12} = 72 \cdot 10^{-4} m^4$

$$I_0 = 72 \cdot 10^{-4} m^4$$

$$l_0 = 3^m 40$$

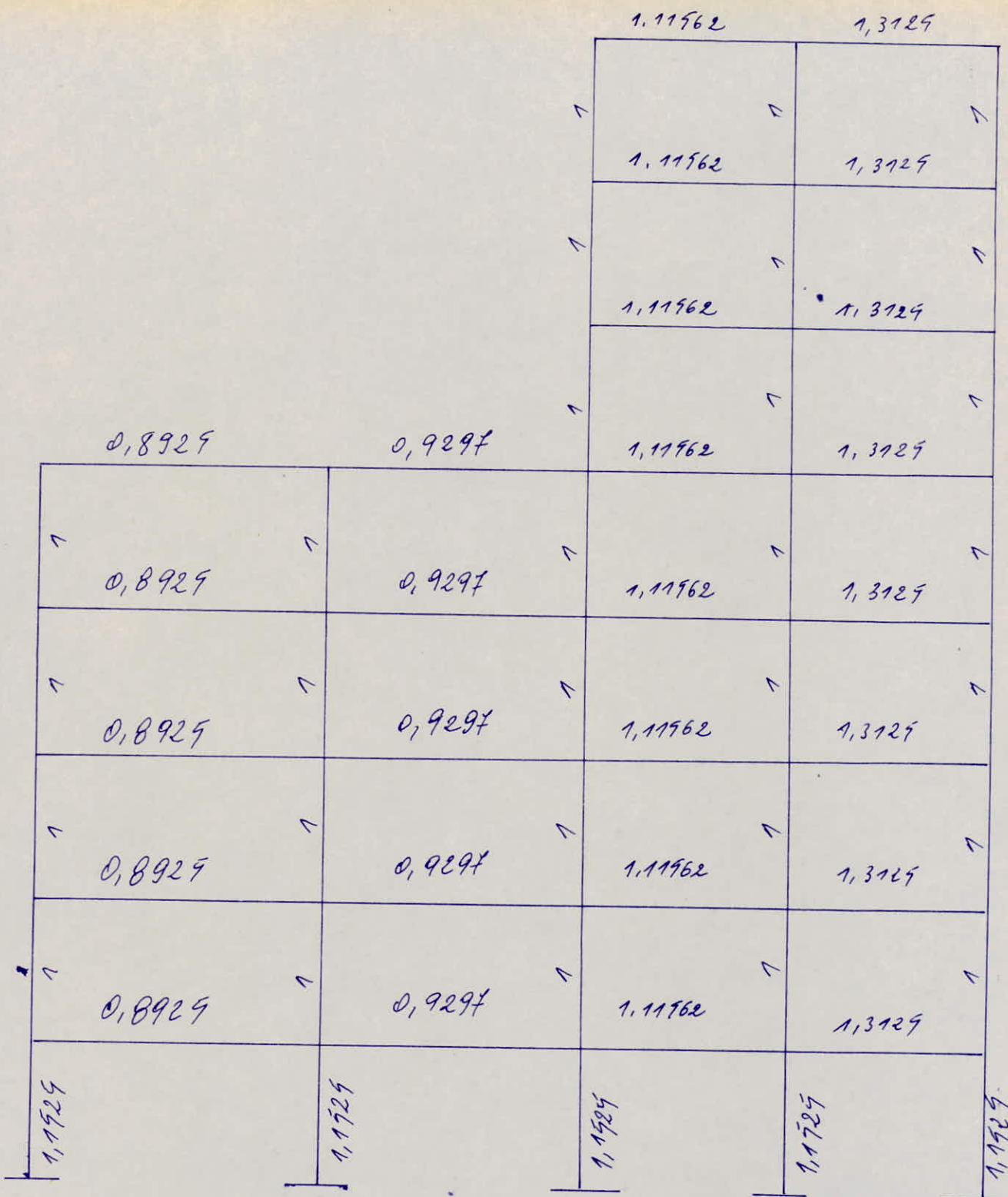
1.2 Deuxième Tableau.

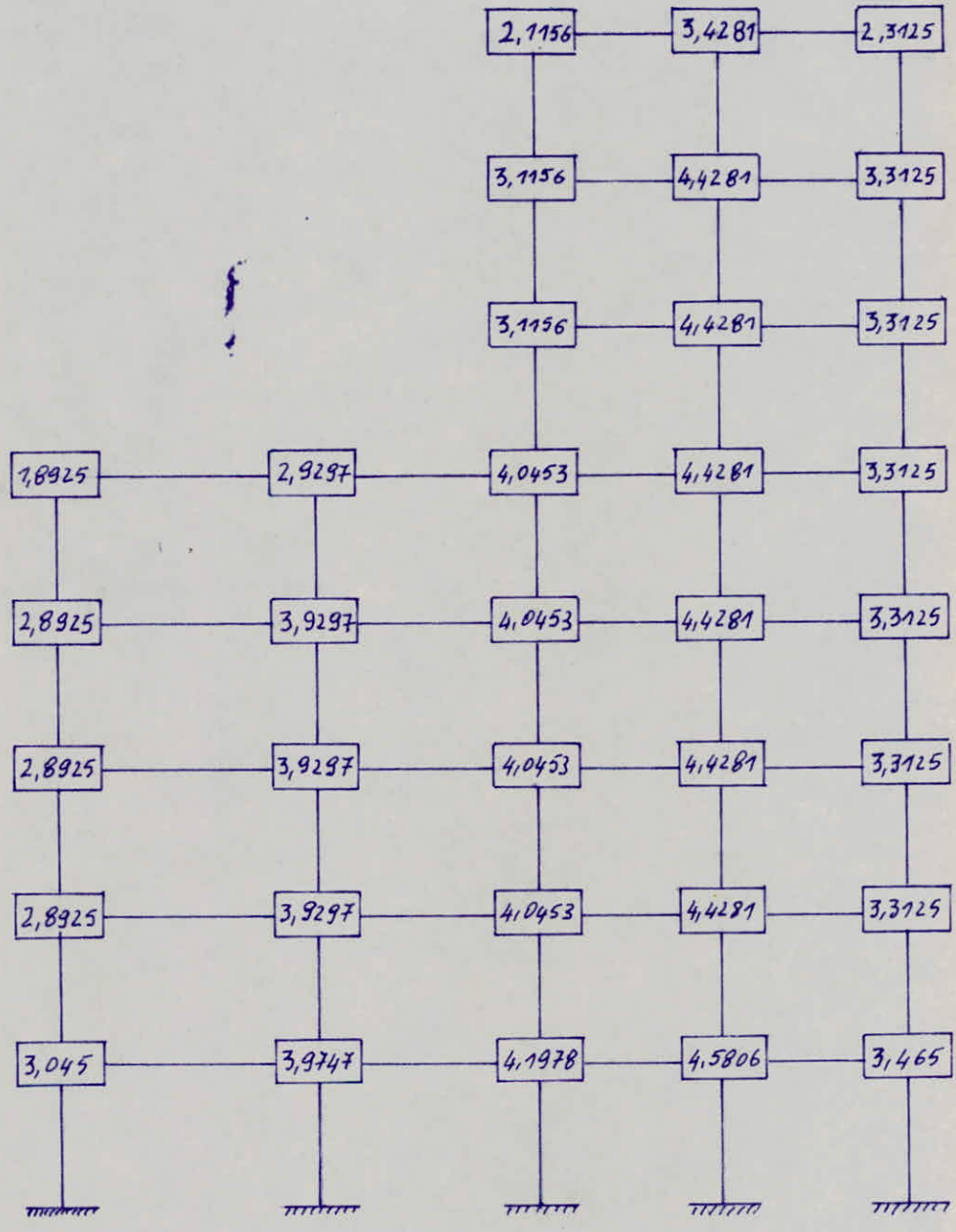
Idem au 1^{er} tableau à la seule différence qu'il s'agit de Poutres et non de Poteaux.

* Valeurs de référence : $I_0 = 72 \cdot 10^{-4} m^4$ et $l_0 = 3^m 40$.

Juste après l'établissement de ces deux tableaux, on calculera la somme des S pour chaque nœud, ce qui nous permettra de calculer les coefficients de distribution de Cross et aléj.

La somme des S (ΣS) sera portée sur le schéma statique du portique qui suivra les deux premiers tableaux.



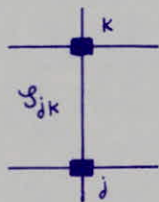

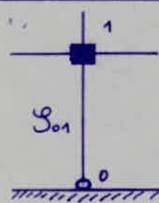


CALCUL de $\Sigma \varphi$ pour CHAQUE NOEUD
PORTIQUE LONGITUDINAL. (Bloc ABCDOH)

1.4 Coefficients de correction.

C'est un facteur par lequel on introduit l'influence de la rotation des nœuds (k) et (j) due à la flexibilité des poutres.

Le calcul de ces facteurs se fait à partir du tableau établi par IFRIM.

Schéma.	Coefficient de correction.
	$A_{kj}^{(s)} = 1 - 0,75 (dkj + djk - djk \cdot dkj)$
	$A_{1,0}^{(s)} = 1 - 0,75 d_{1,0}$
	$A_{1,0}^{(s)} = 0,25 (1 - d_{1,0})$

Les valeurs de ces facteurs seront portées dans le troisième tableau ci après.

1.5 Troisième Tableau.

C'est le dernier tableau de valeurs avant l'étape des itérations qui nous permettra de calculer ψ_i donc w_i . A cette étape de calcul on déterminera la rigidité totale de Niveau 0

$$R_{kj} = \sum_{s=1}^m R_{kj}^{(s)} = \zeta_{kj} R_0$$

où $R_{kj}^{(s)}$ = représente la rigidité relative de niveau.

$$R_{kj}^{(s)}(\infty) = \frac{12 E I_{jk}^{(s)}}{l_{jk}^3} = \frac{G_{jk}^{(s)}}{\eta_{jk}^2} R_0$$

Sans tenir compte de la rotation des nœuds.

En tenant compte de la rotation des nœuds, on introduit le coefficient de correction $A_{kj}^{(s)}$

$$R_{kj}^{(s)} = A_{kj}^{(s)} R_{kj}^{(s)}(\infty) = \eta_{kj}^{(s)} R_0$$

$$\eta_{kj}^{(s)} = \frac{G_{jk}^{(s)}}{\eta_{jk}^2} A_{kj}^{(s)} \quad \text{et} \quad R_0 = \frac{12 E I_0}{l_0^3} \rightarrow R_0 = 8385,97 \text{ t/m}$$

Niveau	Poteaux	A_{jk}	G_{jk}	η_{jk}	η_{jk}^2	η_{jk}	$R_k^{(s)}$	R_k^x
8	37-34	0,51854	1,00	1,00	0,51854	1,727	14482,57	101377,99
	38-35	0,66126	"	"	0,66126			
	39-36	0,54718	"	"	0,54718			
7	34-31	0,59582	"	"	0,59582	1,9108	16023,91	112167,38
	35-32	0,6995	"	"	0,6995			
	36-33	0,615508	"	"	0,615508			
6	31-28	0,63339	"	"	0,63339	1,9484	16339,22	114374,57
	32-29	0,6995	"	"	0,6995			
	33-30	0,615508	"	"	0,615508			
5	26-21	0,48142	"	"	0,48142	3,0898	25910,97	181376,79
	27-22	0,618293	"	"	0,618293			
	28-23	0,67503	"	"	0,67503			
	29-24	0,6995	"	"	0,6995			
	30-25	0,615508	"	"	0,615508			
4 et 3	21-16 16-11	0,571062	"	"	0,571062	3,228	27069,91	189489,38
	22-17 17-12	0,6669	"	"	0,6669			
	23-18 18-13	0,67503	"	"	0,67503			
	24-19 19-14	0,6669	"	"	0,6669			
	25-20 20-15	0,615508	"	"	0,615508			
2	11-6	0,57956	"	"	0,57956	3,2745	27292,307	191046,15
	12-7	0,6685	"	"	0,6685			
	13-8	0,68011	"	"	0,68011			
	14-9	0,70388	"	"	0,70388			
	15-10	0,62247	"	"	0,62247			
1	6-1	1,096202	1,1525	0,8677	1,096202	5,9005	49481,42	346369,91
	7-2	1,19785	"	"	1,19785			
	8-3	1,215607	"	"	1,215607			
	9-4	1,24189	"	"	1,24189			
	10-5	1,1489	"	"	1,1489			

1.6 Etape des itérations

On commence notre processus itératif par une valeur de φ_i choisie arbitrairement. On applique la relation "3" déjà établie au début de cette étude; à partir du dernier niveau "8", pour lequel on prend $\phi_{8,i} = 1,0000$ dans la dernière colonne du tableau on obtient une valeur correspondant au déplacement relatif du niveau "8" par rapport au niveau "7". Cette valeur sera retranchée de $\phi_{8,i}$ ainsi on obtiendra $\phi_{7,i}$, on recommence la série de calcul qui nous amènera toujours à la dernière colonne du tableau où figurera cette fois-ci la valeur du déplacement relatif du niveau "7" par rapport au niveau "6", cette valeur à son tour sera retranchée de $\phi_{7,i}$ on obtient alors $\phi_{6,i}$ et ainsi de suite jusqu'à $\phi_{0,i}$

Deux éventualités peuvent cependant apparaître au cours de cette dernière itération

- a- $\phi_{0,i} \neq 0$ ($\phi_{0,i} > 0$ ou $\phi_{0,i} < 0$)
- b- $\phi_{0,i} = 0$ on arrête les itérations.

* Si $\phi_{0,i} \neq 0$

a₁) $\phi_{0,i} < 0$ cela veut dire que φ_i choisie est plus grande on recommence le processus itératif en prenant une valeur inférieure à celle choisie.

a₂) $\phi_{0,i} > 0$ cela veut dire que φ_i choisie est plus petite que la valeur réelle, on recommence le processus itératif en prenant une valeur supérieure à celle choisie.

Ainsi en procédant par tâtonnement on établit les tableaux de valeurs, ci après, relatifs aux différents modes

ϵ_1	n	$\alpha_{k=m_k/m_0}$	$\alpha_k \epsilon_1$	$\phi_{k,1}$	$\alpha_k \epsilon_1 \phi_{k,1}$	$\sum \alpha_k \epsilon_1 \phi_{k,1}$	η_k	$\frac{1}{2} \sum \alpha_k \epsilon_1 \phi_{k,1}$
0,600	8	1,000	0,6	1,000	0,6	0,6	12,089	0,049632
	7	1,033132	0,6198792	0,9903681	0,9891134	1,1891134	13,376	0,088899
	6	0,99509	0,597054	0,8614691	0,9143436	1,703457	13,6388	0,1248979
	5	1,75728	1,054368	0,7369712	0,7766171	2,4800741	21,6283	0,146668
	4	2,134293	1,2805518	0,6219032	0,7963793	3,2764534	22,996	0,1450015
	3	2,19428	1,292556	0,4769017	0,6164222	3,8928755	22,996	0,1722816
	2	2,193624	1,316144	0,3046201	0,4009332	4,2958084	22,7816	0,188477
	1	2,97996	1,547976	0,161437	0,1797867	4,4735954	41,303	0,1083176
	0				0,0078314			
0,607	8	1,000	0,607	1,000	0,607	0,607	12,089	0,09021
	7	1,033132	0,627111	0,94979	0,5956233	1,2026233	13,376	0,089909
	6	0,99509	0,6040196	0,89988	0,5193844	1,7220077	13,6388	0,126298
	5	1,79728	1,066669	0,733622	0,7829319	2,5045399	21,6283	0,1197992
	4	2,134293	1,2954916	0,6178228	0,800384	3,3049238	22,996	0,1462619
	3	2,19426	1,3076398	0,471967	0,6166309	3,9219944	22,996	0,1739508
	2	2,193624	1,3319298	0,2980106	0,3968099	4,3183643	22,7816	0,1895549
	1	2,97996	1,5660397	0,1084556	0,1698454	4,4882097	41,303	0,1086655
	0				-0,0002018			

On adoptera la valeur de $\epsilon_1 = 0,607$

$\omega_1 = \sqrt{\epsilon_1} \sqrt{R_0/m_0} = 11,884$ Sachant que $R_0 = 8389,97 \text{ ebf}$ et $m_0 = \frac{360,44}{g}$

$T_1 = 2\pi/\omega_1 = 0,529 \text{ s}$ $T_1 = 0,529 \text{ s}$ $m_0 = 36,044 \text{ tcf}$

1.6.2 2^{eme} Mode.

ϵ_2	Niv	α_k	$\alpha_k \epsilon_2$	ϕ_k	$\epsilon_2 \alpha_k \phi_k$	$\sum \epsilon_2 \alpha_k \phi_k$	η_k	$\frac{1}{2} \sum \epsilon_2 \alpha_k \phi_k$
3,45	8	1,000	3,45	1,000		3,45	12,089	0,2893834
	7	1,033132	3,5643054	0,7146166		5,9971118	13,376	0,4483487
	6	0,99509	3,4330605	0,2662679		6,9112257	13,6388	0,5067327
	5	1,75728	6,062616	-0,2404648		5,4533803	21,6283	0,252141
	4	2,134253	7,3637729	-0,4926057		1,8262392	22,996	0,0808214
	3	2,15426	7,432197	-0,5734271		-2,4355836	22,996	-0,1077883
	2	2,193624	7,5680028	-0,4656388		-5,9595393	22,7816	-0,2615994
	1	2,57996	8,900862	-0,2040444		-7,7757102	44,303	-0,1882602
	0				-0,0157842			

φ_2	n	$\alpha_k = m_k/m_0$	$\alpha_k \varphi_2$	$\phi_{k,2}$	$\alpha_k \phi_{k,2} \varphi_2$	$\sum \alpha_k \varphi_2 \phi_{k,2}$	$\frac{1}{n} \sum \alpha_k \varphi_2 \phi_{k,2}$
3,48	8		3,48	1,000		3,48	0,287865
	7		3,5952994	0,712739		6,0403389	0,4515803
	6		3,4629132	0,2605547		6,9426167	0,5090343
	5		6,1153344	-0,2484796		5,4230808	0,25074
	4		7,4272004	-0,4992197		1,7152764	0,0759106
	3		7,4968248	-0,5751303		-2,5963745	
	2		7,6338115	-0,4602261		-6,1096539	-0,2681837
	1		8,9782808	-0,1920424		-7,8338607	0,1896681
	0			-0,0023743			
3,485	8		3,485	1,000	3,489	3,489	0,2882786
	7		3,600465	0,7117214		6,047528	0,4521178
	6		3,4678887	0,2596036		6,9478043	0,5094146
	5		6,1241208	-0,249811		5,4179374	0,250502
	4		7,4378717	-0,500313		1,6966676	0,0750871
	3		7,5075961	-0,5754001		-2,6232037	-0,1160915
	2		7,6447796	-0,4593086		-6,1345163	-0,269275
	1		8,9911606	-0,1900339		-7,8431382	-0,1898927
	0			-0,0001408			

on adoptera la valeur de $\varphi_2 =$

$$\omega_2 = \sqrt{\varphi_2} \sqrt{k_0/m_0} = 28,475$$

$$T_2 = 2\pi/\omega_2 = 0,221s$$

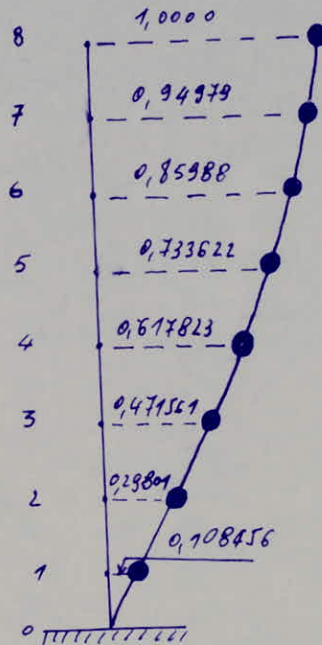
$$T_2 = 0,221s$$

1.6.3 3^{eme} Mode

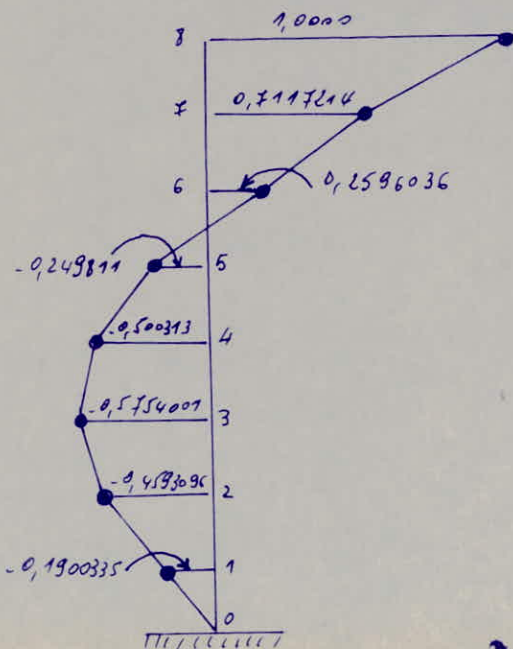
φ_3	n	$\alpha_k = m_k/m_0$	$\alpha_k \varphi_3$	$\phi_{k,3}$	$\alpha_k \phi_{k,3} \varphi_3$	$\sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$	$\frac{1}{n} \sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$
9,58	8	1,00	9,58	1,00	9,58	9,58	0,792456
	7	1,033132	9,8974046	0,207944		11,634147	0,8697718
	6	0,99509	9,5329622	-0,6622337		5,3210984	0,3901442
	5	1,75728	16,834742	-1,0523779		-12,395412	-0,57331108
	4	2,134253	20,446144	-0,4792671		-22,194576	-0,9822347
	3	2,15426	20,637811	0,5029676		-11,814425	-0,5828547
	2	2,193624	21,039979	1,0258224		9,7677271	0,4287551
	1	2,57996	24,716017	0,5970673		24,524852	0,5937789
	0			0,0032883			

φ_3	n	$\alpha_k = m_k/m_0$	$\alpha_k \xi_3$	$\phi_{k,3}$	$\alpha_k \phi_{k,3} \varphi_3$	$\sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$	$\frac{1}{n} \sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$
9,595	8	1,000	9,595	1,000	9,595	9,595	0,7937
	7	1,03312	9,9129	0,206303		11,64005	0,8702
	6	0,99509	9,5479	-0,66392		5,30106	0,3887
	5	1,75728	16,8611	-1,05259		-12,4468	-0,5755
	4	2,134253	20,4782	-0,477105		-22,21703	-0,98323
	3	2,15426	20,6701	0,50612		-11,7554	-0,52024
	2	2,193624	21,0478	1,026366		9,8474	0,43225
	1	2,57996	24,7547	0,594115		24,5545	0,5945
	0			-0,000392			

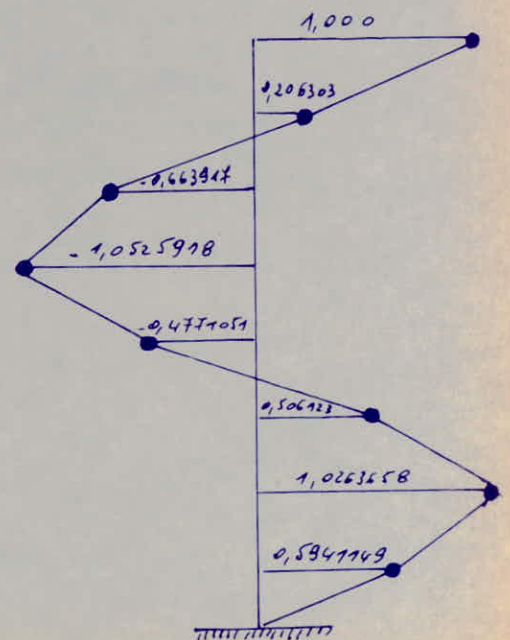
$\varphi_3 = 9,595 \rightarrow \omega_3 = 47,25 \rightarrow \bar{\xi}_3 = 0,1335$



Forma propre du 1^{er} Mode

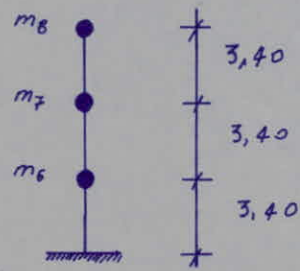
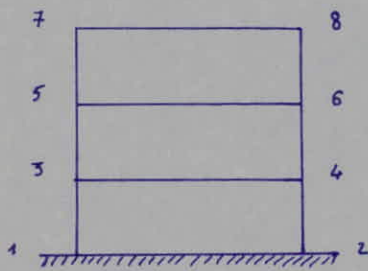


Forma propre du 2^{eme} mode



Forma propre du 3^{em} mode

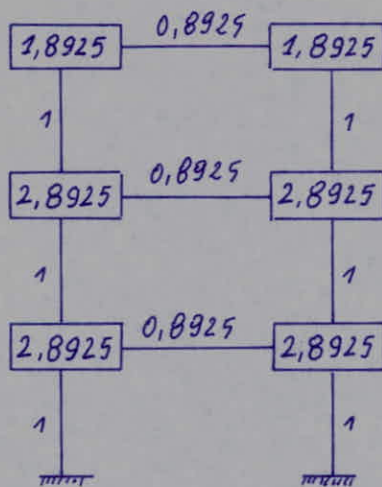
Les étapes de calcul sont identiques à celles du bloc ABCDOH.



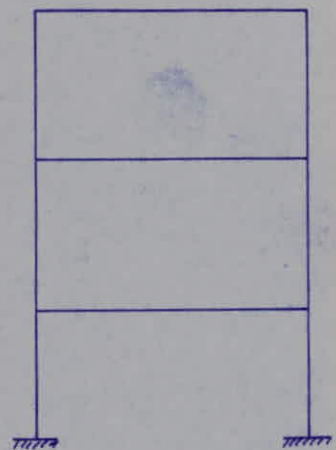
2.1 Calcul de φ .

	Baies	I (m ⁴)	l (m)	$K = I/I_0$	$\lambda = l/l_0$	$\varphi = K/\lambda$
POTEAUX	1-3	$72 \cdot 10^{-4}$	3,40	1	1	1
	3-5	"	"	"	"	"
	5-7	"	"	"	"	"
	2-4	"	"	"	"	"
	4-6	"	"	"	"	"
	6-8	"	"	"	"	"
POUTRES	7-8	$63 \cdot 10^{-4}$	7,50	1,96879	2,2059	0,8929
	5-6	"	"	"	"	"
	3-4	"	"	"	"	"

2.2 Calcul des d_{jk} et d'_{jk} à partir de φ_{ij} et $\Sigma \varphi$.



$\Sigma \varphi$



d_{ij}, d_{jk} et d'_{ij}, d'_{jk} .

2.3 Calcul des coefficients de correction A_{jk} .

$A_{7,5} = 0,48142$; $A_{5,3} = 0,57106$ et $A_{13} = 0,74071$.

	poteaux	A_{jk}	g_{jk}	η_{jk}	ζ_{jk}	ζ_k	$R_k^{(s)}$	R_k^x
3	5-7	0,48142	1,00	1,00	0,48142	0,9628	3588,5816	25120,071
	6-8	0,48142	"	"	0,48142			
2	3-5	0,57106	"	"	0,57106	1,1421	4256,7953	29797,567
	4-6	0,57106	"	"	0,57106			
1	1-3	0,74071	"	"	0,74071	1,4814	5527,3918	38649,743
	2-4	0,74071	"	"	0,74071			

2.5 Calcul des périodes, relatives des différents modes

2.5.1 Mode Fondamental

φ_i	η	$\alpha_k = m/m_0$	$\alpha_k \varphi_1$	$\phi_{k,1}$	$\alpha_k \phi_{k,1} \varphi_1$	$\sum \alpha_k \varphi_1 \phi_{k,1}$	$\frac{1}{2} \sum \alpha_k \varphi_1 \phi_{k,1}$
1,775	3	1,0000	1,7750	1,0000	1,7750	1,7750	0,26335
	2	0,9792	1,73812	0,736641	1,280367	3,059267	0,382167
	1	0,8638	1,533209	0,394474	0,543482	3,598889	0,3470
	0			0,007427			
	3	1,0000	1,777	1,0000	1,7770	1,7770	0,263696
	2	0,97922	1,740074	0,73684	1,28129	3,05829	0,382933
	1	0,86378	1,534937	0,3938108	0,543077	3,6013703	0,3472898
	0			0,006921			
1,790	3	1,0000	1,7900	1,0000	1,79	1,79	0,2696
	2	0,97922	1,7928	0,7344	1,2873	3,0774	0,38491
	1	0,86378	1,5462	0,3499	0,5404	3,6177	0,3489
	0			0,00064			

on adoptera ainsi la valeur $\varphi_1 = 1,79$ d'où on a

$w_1 = \sqrt{\varphi_1} \sqrt{R_0/m_0} = 24,624$ sachant que $R_0 = 8385,97 \text{ t/m}$

et $m_0 = 247,56 \text{ t/m}$

$T_1 = 2\pi/w_1 = 0,255 \text{ s}$

$T_1 = 0,255 \text{ s}$

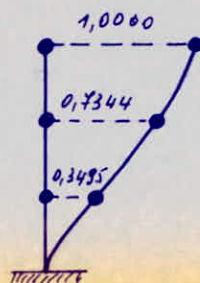


schéma de la forme propre du mode fondamental

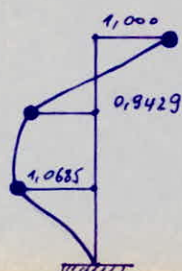
φ_2	n	$\alpha_k = m/m_0$	$\alpha_k \varphi_2$	$\phi_{k,2}$	$\alpha_k \phi_{k,2} \varphi_2$	$\sum \alpha_k \varphi_2 \phi_{k,2}$	$\frac{1}{2} \sum \alpha_k \varphi_2 \phi_{k,2}$
13,100	3	1,0000	13,1000	1,0000	13,1000	13,1000	1,943669
	2		12,82778	-0,94366	-12,1031	0,994873	0,12444
	1		11,31552	-1,0681	-12,08615	-11,09128	-1,06996
	0			0,00146			
13,090	3	1,0000	13,09	1,000	13,09	13,09	1,9422
	2		12,81799	-0,94218	-12,07687	1,01313	0,12672
	1		11,30688	-1,068904	-12,08997	-11,07284	-1,0678
	0			-0,00112			
13,095	3	1,000	13,095	1,0000	13,095	13,095	1,94292
	2		12,8229	-0,9429	-12,09099	1,00401	0,12558
	1		11,3112	-1,06890	-12,08607	-11,0821	-1,0687
	0			0,000169			

$\varphi_2 = 13,095 \rightarrow \omega_2 = 66,60 \rightarrow T_2 = 0,094 \text{ s}$

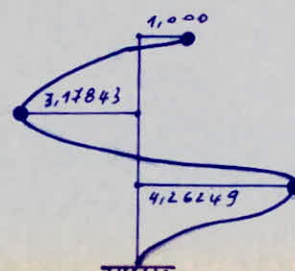
2.5.3 3^{ème} Mode.

φ_3	n	$\alpha_k = m/m_0$	$\alpha_k \varphi_3$	$\phi_{k,3}$	$\alpha_k \phi_{k,3} \varphi_3$	$\sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$	$\frac{1}{2} \sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$
28,170	3	1,0000	28,1700	1,0000	28,1700	28,1700	4,17962
	2			-3,1796		-59,5387	-7,44714
	1			4,26754		44,3014	4,27210
	0			-0,00458			
28,165	3		28,165	1,0000	28,165	28,165	4,17888
	2		27,5797	-3,17888	-87,6726	-59,90764	-7,4433
	1		24,3284	4,26438	103,7493	44,23763	4,26999
	0			-0,00198			
28,162	3		28,162	1,0000	28,162	28,162	4,17843
	2		27,57679	-3,17843	-87,65103	-59,48903	-7,44093
	1		24,32977	4,26249	103,68842	44,19939	4,26227
	0			0,00023			

$\varphi_3 = 28,162 \rightarrow \omega_3 = 97,67 \rightarrow T_3 = 0,064 \text{ s}$



Forme Propre du 2^{ème} mode



Forme propre du 3^{ème} mode.

B. Portique Transversal.

Contrairement au portique longitudinal, le portique transversal ne présente aucune irrégularité;

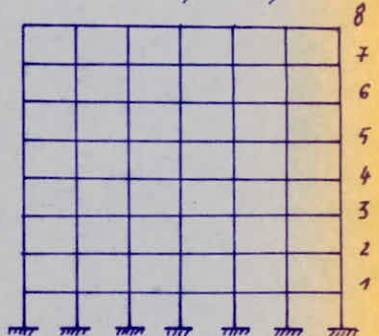
Les étapes de calcul sont identiques à celles du portique longitudinal.

* Valeurs de références :

$$l_0 = 3\text{m}40$$

$$I_0 = bh^3/12 = 0,6 \times 0,4^3/12 = 32 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$$

$I_0 = 32 \cdot 10^{-4} \text{m}^4$



Les différents résultats seront portés sur les tableaux et schémas des portiques suivants.

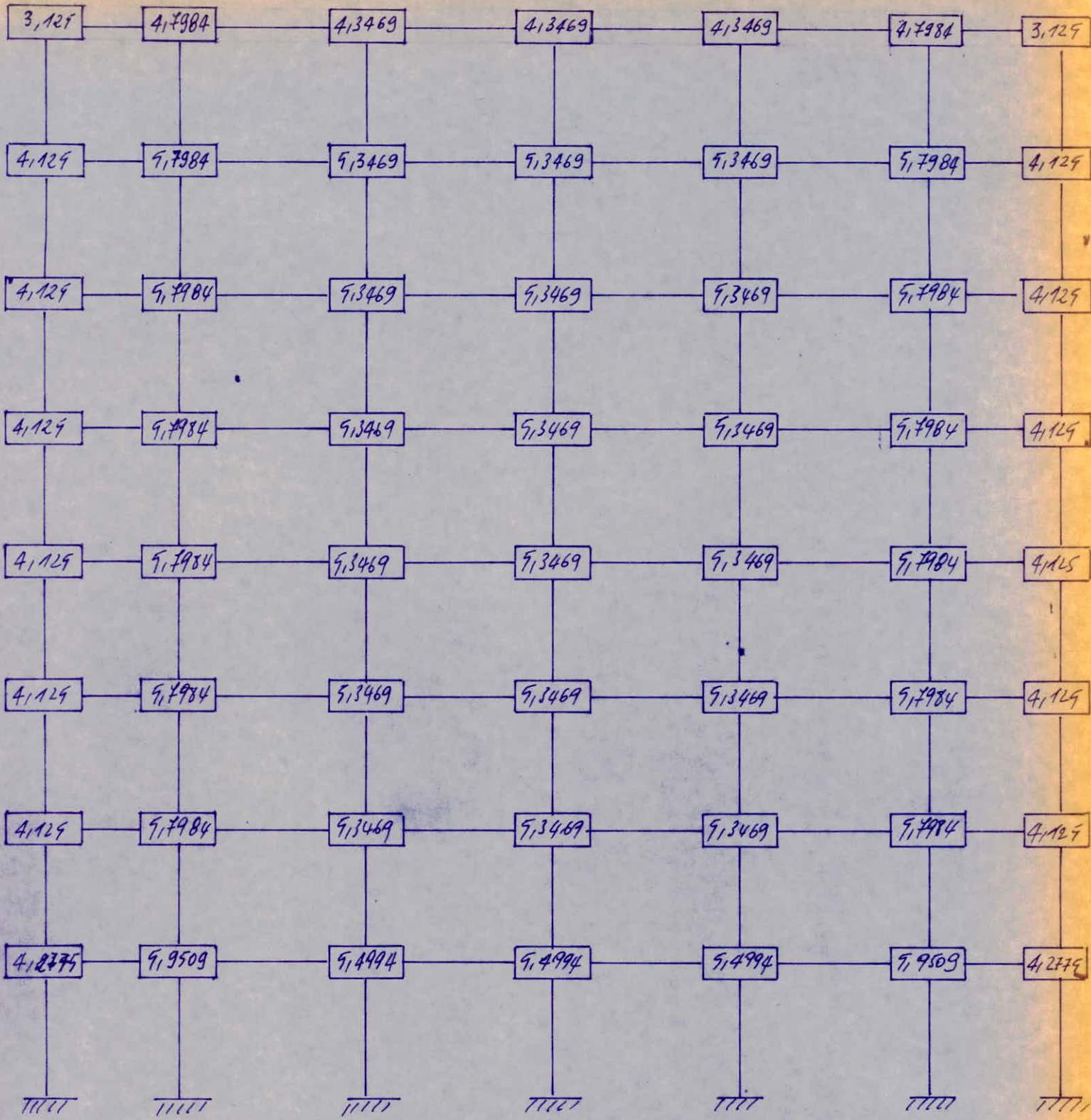
N	P.T	$I \cdot 10^{-4} [cm^4]$	$l [m]$	$K = I/I_0$	$\lambda = l/l_0$	$\varphi = K/\lambda$
8	57-50	32	3,40	1	1	1
	58-51	"	"	"	"	"
	59-52	"	"	"	"	"
	60-53	"	"	"	"	"
	61-54	"	"	"	"	"
	62-55	"	"	"	"	"
	63-56	"	"	"	"	"
7	50-43	"	"	"	"	"
	51-44	"	"	"	"	"
	52-45	"	"	"	"	"
	53-46	"	"	"	"	"
	54-47	"	"	"	"	"
	55-48	"	"	"	"	"
	56-49	"	"	"	"	"
6	43-36	"	"	"	"	"
	44-37	"	"	"	"	"
	45-38	"	"	"	"	"
	46-39	"	"	"	"	"
	47-40	"	"	"	"	"
	48-41	"	"	"	"	"
	49-42	"	"	"	"	"
5	36-29	"	"	"	"	"
	37-30	"	"	"	"	"
	38-31	"	"	"	"	"
	39-32	"	"	"	"	"
	40-33	"	"	"	"	"
	41-34	"	"	"	"	"
	42-35	"	"	"	"	"
4	29-22	"	"	"	"	"
	30-23	"	"	"	"	"
	31-24	"	"	"	"	"
	32-25	"	"	"	"	"
	33-26	"	"	"	"	"
	34-27	"	"	"	"	"
	35-28	"	"	"	"	"
3	22-15	"	"	"	"	"
	23-16	"	"	"	"	"
	24-17	"	"	"	"	"
	25-18	"	"	"	"	"
	26-19	"	"	"	"	"
	27-20	"	"	"	"	"
	28-21	"	"	"	"	"
2	15-8	"	"	"	"	"
	16-9	"	"	"	"	"
	17-10	"	"	"	"	"
	18-11	"	"	"	"	"
	19-12	"	"	"	"	"
	20-13	"	"	"	"	"
	21-14	"	"	"	"	"
1	8-1	"	2,95	"	0,8677	1,525
	9-2	"	"	"	"	"
	10-3	"	"	"	"	"
	11-4	"	"	"	"	"
	12-5	"	"	"	"	"
	13-6	"	"	"	"	"
	14-7	"	"	"	"	"

1.2 CALCUL De φ (POUTRES)

§	Barres	$I \times 10^{-4} [cm^4]$	$l [cm]$	$K = I/I_0$	$\lambda = l/l_0$	$\varphi = K/\lambda$
8	57-58	63	3,15	1,96875	0,92647	2,125
	58-59	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	59-60	"	"	"	"	"
	60-61	"	"	"	"	"
	61-62	"	"	"	"	"
	62-63	"	3,15	"	0,92647	2,125
7	50-51	"	3,15	"	0,92647	2,125
	51-52	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	52-53	"	"	"	"	"
	53-54	"	"	"	"	"
	54-55	"	"	"	"	"
	55-56	"	3,15	"	0,92647	2,125
6	43-44	"	3,15	"	0,92647	2,125
	44-45	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	45-46	"	"	"	"	"
	46-47	"	"	"	"	"
	47-48	"	"	"	"	"
	48-49	"	3,15	"	0,92647	2,125
5	36-37	"	3,15	"	0,92647	2,125
	37-38	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	38-39	"	"	"	"	"
	39-40	"	"	"	"	"
	40-41	"	"	"	"	"
	41-42	"	3,15	"	0,92647	2,125
4	29-30	"	3,15	"	0,92647	2,125
	30-31	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	31-32	"	"	"	"	"
	32-33	"	"	"	"	"
	33-34	"	"	"	"	"
	34-35	"	3,15	"	0,92647	2,125
3	22-23	"	3,15	"	0,92647	2,125
	23-24	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	24-25	"	"	"	"	"
	25-26	"	"	"	"	"
	26-27	"	"	"	"	"
	27-28	"	3,15	"	0,92647	2,125
2	15-16	"	3,15	"	0,92647	2,125
	16-17	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	17-18	"	"	"	"	"
	18-19	"	"	"	"	"
	19-20	"	"	"	"	"
	20-22	"	3,15	"	0,92647	2,125
1	8-9	"	3,15	"	0,92647	2,125
	9-10	"	4,00	"	1,17647	1,67344
	10-11	"	"	"	"	"
	11-12	"	"	"	"	"
	12-13	"	"	"	"	"
	13-14	"	3,15	"	0,92647	2,125

	57 2.125	58 1.67344	59 1.67344	60 1.67344	61 1.67344	62 2.125	63
1							
	50 2.125	51 1.67344	52 1.67344	53 1.67344	54 1.67344	55 2.125	56
1							
	43 2.125	44 1.67344	45 1.67344	46 1.67344	47 1.67344	48 2.125	49
1							
	36 2.125	37 1.67344	38 1.67344	39 1.67344	40 1.67344	41 2.125	42
1							
	29 2.125	30 1.67344	31 1.67344	32 1.67344	33 1.67344	34 2.125	35
1							
	22 2.125	23 1.67344	24 1.67344	25 1.67344	26 1.67344	27 2.125	28
1							
	15 2.125	16 1.67344	17 1.67344	18 1.67344	19 1.67344	20 2.125	21
1							
	8 2.125	9 1.67344	10 1.67344	11 1.67344	12 1.67344	13 2.125	14
1							
1.1525	1.1525	1.1525	1.1525	1.1525	1.1525	1.1525	1.1525
1	2	3	4	5	6	7	

⊕ dans chaque élément.



$\Sigma \varphi$ dans chaque nœud

1.3 CALCUL des RIGIDITÉS Relatives et totales de Niveau. - 70 -

N _y	Barnes	coef de Correction A_{jk}	Rigidité rel R_{jk}	λ_{jk}	coef de Rigidité totale $R_{jk} = R_{jk} \cdot A_{jk} / \lambda_{jk}$	coef de Rigidité totale $R_{jk} = R_{jk}$	Rig. de niveau $R_{jk} \cdot R_0 = R_{kj}$	Rigidité totale de niveau R_{jk}
8	57-50	0,6364	1	1	0,6364	4,9139	18314,587	91572,94
	50-51	0,7413	"	"	0,7413			
	59-52	0,7195	"	"	0,7195			
	60-53	"	"	"	0,7195			
	61-54	"	"	"	0,7195			
	62-55	0,7413	"	"	0,7413			
	63-56	0,6364	"	"	0,6364			
7	50-43	0,6809	"	"	0,6809	5,1253	19102,495	95512,48
	51-44	0,7636	"	"	0,7636			
	52-45	0,7457	"	"	0,7457			
	53-46	"	"	"	"			
	54-47	"	"	"	"			
	55-48	0,7636	"	"	0,7636			
	56-49	0,6809	"	"	0,6809			
6	43-36	0,6809	"	"	0,6809	5,1253	19102,495	95512,48
	44-37	0,7636	"	"	0,7636			
	45-38	0,7457	"	"	0,7457			
	46-39	"	"	"	"			
	47-40	"	"	"	"			
	48-41	0,7636	"	"	0,7636			
	49-42	0,6809	"	"	0,6809			
5	36-29	0,6809	"	"	0,6809	5,1253	19102,495	95512,48
	37-30	0,7636	"	"	0,7636			
	38-31	0,7457	"	"	0,7457			
	39-32	"	"	"	"			
	40-33	"	"	"	"			
	41-34	0,7636	"	"	0,7636			
	42-35	0,6809	"	"	0,6809			
4	29-22	0,6809	"	"	0,6809	5,1253	19102,495	95512,48
	30-23	0,7636	"	"	0,7636			
	31-24	0,7457	"	"	0,7457			
	32-24	"	"	"	"			
	33-26	"	"	"	"			
	34-27	0,7636	"	"	0,7636			
	35-28	0,6809	"	"	0,6809			
3	22-15	0,6809	"	"	0,6809	5,1253	19102,495	95512,48
	23-16	0,7636	"	"	0,7636			
	24-17	0,7457	"	"	0,7457			
	25-18	"	"	"	"			
	26-19	"	"	"	"			
	27-20	0,7636	"	"	0,7636			
	28-21	0,6809	"	"	0,6809			
2	15-8	0,6854	"	"	0,6854	5,1501	19194,927	95974,64
	16-9	0,7663	"	"	0,7663			
	17-10	0,7489	"	"	0,7489			
	18-11	"	"	"	"			
	19-12	"	"	"	"			
	20-13	0,7663	"	"	0,7663			
	21-14	0,6854	"	"	0,6854			
1	8-1	0,8017	1,525	0,8677	1,2272	8,9413	33325,1	166625,51
	9-2	0,8547	"	"	1,3083			
	10-3	0,8428	"	"	1,2901			
	11-4	"	"	"	"			
	12-5	"	"	"	"			
	13-6	0,8547	"	"	1,3083			
	14-7	0,8017	"	"	1,2272			

1.4 Etape des itérations.

1.4.1 Mode Fondamental.

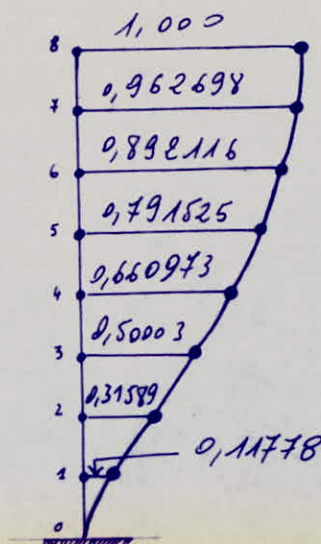
φ_1	n	$\alpha_k = m_k/m_0$	$\alpha_k \varphi_3$	$\phi_{k,3}$	$\alpha_k \phi_{k,3} \varphi_3$	$\sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$	$\frac{1}{n} \sum \alpha_k \varphi_3 \phi_{k,3}$
0,915	8	1,000		1,000		0,915	0,037241
	7	1,011266		0,962759		1,80585	0,070468
	6	0,940589		0,892291		2,57379	0,100435
	5	1,0584085		0,791856		3,34066	0,13036
	4	1,2854589		0,661497		4,118706	0,160721
	3	1,2975069		0,500776		4,713236	0,18392
	2	1,3212185		0,316856		5,09629	0,19791
	1	1,5539088		0,118945		5,265407	0,11778
	0			0,001168			
0,9165	8	1,000		1,000		0,9165	0,037302
	7	1,011266		0,962698		1,80875	0,070581
	6	0,940589		0,892116		2,57780	0,100591
	5	1,0584085		0,791525		3,345805	0,130553
	4	1,2854589		0,660973		4,12431	0,160939
	3	1,2975069		0,50003		4,71893	0,184143
	2	1,3212185		0,315890		5,10145	0,198111
	1	1,5539088		0,117780		5,269182	0,117862
	0			-0,000082			

On adoptera $\varphi_1 = 0,9165 \rightarrow \omega_1 = \sqrt{\varphi_1} \sqrt{R_0/m_0}$ avec $R_0 = 3727,099 \text{ kg/m}$

on trouve : $\omega_1 = 7,555 \text{ rad/s}$.

et $m_0 = \frac{590,44}{9} = 59,844$

$T_1 = 2\pi/\omega_1 = 0,832 \text{ s}$ $T_1 = 0,832 \text{ s}$



FORME PROPRE
du
MODE FONDAMENTAL

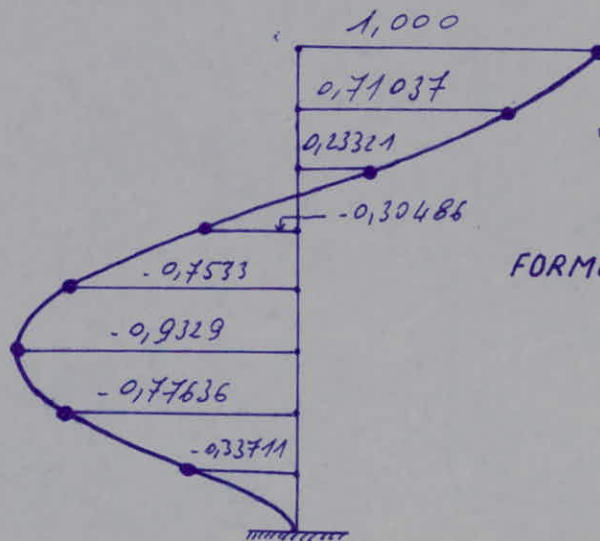
φ_2	n	α_k	$\alpha_k \varphi$	ϕ_k	$\alpha_k \varphi \phi_k$	$\sum \alpha_k \varphi \phi_k$	$\frac{1}{n} \sum \alpha_k \varphi \phi_k$
7,12	8	1,000	7,12	1,000	7,12	7,12	0,2898
	7	1,011266		0,71021		12,2337	0,4774
	6	0,940589		0,232827		13,7929	0,5382
	5	1,0584085		-0,30540		11,4914	0,4484
	4	1,2854589		-0,75382		4,5921	0,1792
	3	1,2975069		-0,93302		-4,0273	-0,1572
	2	1,3212185		-0,77586		-11,3259	-0,44196
	1	1,5539068		-0,33390		-15,0201	0,33564
	0			0,00174			
7,116	8	1,000	7,116	1,000		7,116	0,2896
	7	1,011266		0,71037		12,2279	0,4477
	6	0,940589		0,23321		13,7889	0,5381
	5	1,0584085		-0,30486		11,4928	0,4485
	4	1,2854589		-0,7533		4,6018	0,1796
	3	1,2975069		-0,9329		-4,0118	-0,1565
	2	1,3212185		-0,77635		-11,3109	-0,4393
	1	1,5539068		-0,337108		-15,0385	-0,336383
	0			-0,00025			

On adoptera $\varphi_2 = 7,116 \rightarrow \omega_2 = \sqrt{\varphi_2} \sqrt{R_0/m_0}$

on trouve : $\omega_2 = 21,052 \text{ rad/s}$

$$T_2 = 2\pi/\omega_2 = 0,298 \text{ s}$$

$$T_2 = 0,298 \text{ s}$$



FORME PROPRE du
2^{eme} MODE

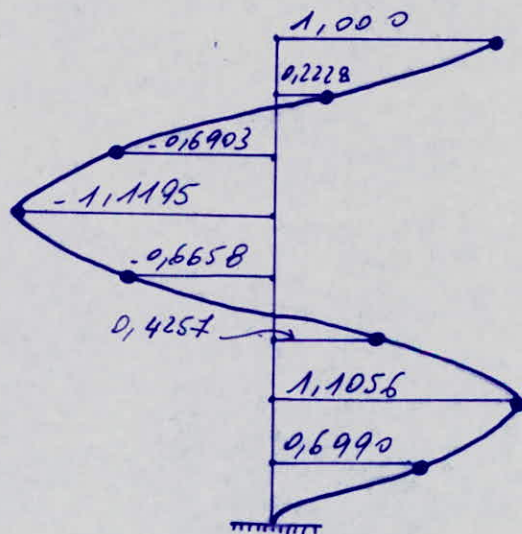
φ_3	m	φ_k	$\varphi_k \varphi$	Φ_k	$\alpha_k \varphi \Phi_k$	$\Sigma \alpha_k \varphi \Phi_k$	$\frac{1}{n} \Sigma \alpha_k \varphi \Phi_k$
19,11	8	1,000	19,11	1,000	19,11	19,11	0,7778
	7	1,011266		0,2222		23,4042	0,9133
	6	0,940589		-0,69107		10,9824	0,4286
	5	0,584085		-1,11963		-11,6635	-0,4551
	4	1,2854589		-0,66449		-27,9869	-1,092
	3	1,2975069		0,42761		-17,3841	-0,67837
	2	1,3212185		1,105977		10,5401	0,4093
	1	1,5539068		0,69666		31,2276	0,6985
	0			-0,001841			
19,096	8	1,000	19,096	1,000	19,096	19,096	0,7772
	7	1,011266		0,2228		23,3981	0,9130
	6	0,940589		-0,6903		10,9999	0,4292
	5	0,584085		-1,1195		-11,6268	-0,4537
	4	1,2854589		-0,6658		-27,9707	-1,0915
	3	1,2975069		0,4257		-17,4237	-0,6799
	2	1,3212185		1,1056		10,4702	0,4066
	1	1,5539068		0,6990		31,2113	0,6981
	0			0,00084			

On adapte $\varphi_3 = 19,096 \rightarrow \omega_3 = \sqrt{\varphi_3} \sqrt{201m_0}$

on trouve $\omega_3 = 34,486 \text{ rad/s}$

$T_3 = 2\pi / \omega_3 = 0,182 \text{ s}$

$T_3 = 0,182 \text{ s}$



FORME PROPRE
du
3^{eme} MODE.

A Portique Longitudinal.

A₁ Bloc ABCD O H.

L'évaluation des forces sismiques sera faite par la méthode préconisée par le R.P.A 81 article 3.3 (pages 14-29)

Cette méthode consiste à calculer d'abord la force latérale totale V ou effort tranchant à la base que l'on distribuera selon la formule, 3-7c RPA 81, que l'on verra ci dessous

1. Force sismique minimum.

Le bâtiment sera conçu et construit pour résister aux forces sismiques horizontales totales agissant non simultanément dans la direction de chacun des axes principaux de la structure conformément à la relation :

$$V = ADB\varphi W.$$

où W = poids total de la construction

V = Force latérale totale ou effort tranchant à la base
 A, D, B, φ seront définis et calculés dans ce qui suit :

1.2 Calcul des Facteurs A, D, B, φ .

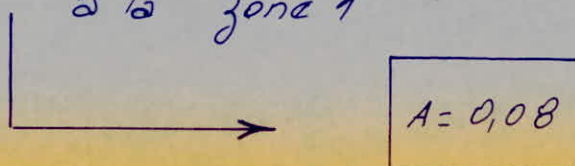
1.2.1. Coefficient d'accélération de zone "A"

Ce coefficient est tiré du tableau 1 (RPA 81 page 16), il dépend du groupe d'usage et de la zone sismique

* Notre ouvrage est à caractère administratif et d'habitation

Ce qui correspond au "groupe 2."

* Son lieu d'implantation est Annaba : ce qui correspond à la "zone 1"



1.2.2 Facteur d'amplification dynamique moyen "D_i": - 75 -

Il sera déterminé à partir du diagramme de la Figure 4 du RPA 81 (page 17). Il dépend de la période du bâtiment et du type de sol. A chaque période T_i correspondra un facteur D_i, T_i étant déterminée au préalable. Dans notre cas on aura uniquement T₁ correspondant au mode fondamental.

* T₁ = 0,529 s → D₁ = 1,926

Nota: notre sol est meuble.

1.2.3. Calcul du facteur de Comportement de la structure "B":

Il dépend du type de la structure et de la nature de ses contreventements. La valeur de B est tirée du tableau 3.2 (RPA 81)

* portiques auto-stables → B = 1/4.

1.2.4. Calcul du Facteur de Qualité du système de contreventement:

Il est fonction de l'hyperstaticité et de la surabondance du système, de ses asymétries en plan, de sa régularité en élévation et de la qualité du contrôle pendant la construction.

La valeur de Q est donnée par la formule 3.5 du RPA 81 (p.24):

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^{q=6} P_q \quad \text{où} \quad P_q = \text{pénalité qui dépend de l'observation ou non du critère de qualité } q.$$

q	CRITÈRE	Valeur P _q	
		Critère observé	Critère non observé
1	Condition minimale des files Porteuses.	0	
2	Surabondance en plan.	0	
3	Symétrie en plan.		0,1
4	Régularité en élévation.		0,1
5	Contrôle de la qualité des matériaux.		0,1
6	Contrôle de la qualité de la construction		0,1

→ Σ P_q = 0,4 → Q = 1,4

1.3 Evaluation du poids total de la construction "W": - 76 -

C'est le poids propre de la structure, le poids des remplissages, des revêtements, les équipements fixes etc...
on trouve : $W = 4991,226$ tonnes.

1.4 Calcul de V

$$V = 0,08 \times 1,926 \times \frac{1}{4} \times 1,4 \times 4991,226$$

$$V = 269,167 \text{ t}$$

2. Distribution des Forces latérales

La force latérale totale V doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon les relations suivantes.

$$V = F_e + \sum_{i=1}^n F_i \quad \text{où } F_i : \text{force concentrée au sommet de la structure}$$

$$F_e = 0,07 T.V \quad (\text{si } T \leq 0,7A \rightarrow F_e = 0)$$

$$\text{avec } F_e < 0,25V.$$

Dans notre cas on a $T < 0,7A \rightarrow F_e = 0$

Il en résulte :

$$V = \sum_{i=1}^n F_i$$

avec $F_i = V \frac{W_i h_i}{\sum W_i h_i}$ ainsi on établira le tableau ci-après.

Niveau	h_k (m)	W_i (t)	$W_i h_i$ t.m	$\sum W_i h_i$ t.m	F_i (t)	F_i cumulée (t)
8	2,8	360,440	1009,232	13556,971	20,038	20,038
7	"	372,382	1042,670	"	20,702	40,74
6	"	358,670	1004,280	"	19,939	60,679
5	"	633,394	1773,503	"	35,212	95,891
4	"	769,270	2153,960	"	42,766	138,657
3	"	776,480	2174,140	"	43,166	181,823
2	"	790,67	2213,880	"	43,959	229,778
1	2,35	929,92	2185,312	"	43,388	269,166

A₂ / Bloc EFJO

L'évaluation des forces sismiques sera identique à celle du bloc ABCDDH. à la seule différence des coefficients sismiques D, Q et W.

2.1. Calcul de D.

$T_n = 0,255s \longrightarrow D_n = 2.$

2.2. Calcul de Q.

q	CRITÈRE	Valeur P _q	
		Critère observé	Critère non observé
1	Condition minimale des files Portées	0	
2	Surabondance au plan	0	
3	Symétrie au plan	0	
4	Régularité en élévation	0	
5	Contrôle de la qualité des matériaux		0,1
6	Contrôle de la qualité de la construction		0,1

$\Sigma P_q = 0,2 \longrightarrow Q = 1,2$

2.3. Calcul de W.

$W = 247,56 + 242,411 + 213,842 = 703,813 t.$

$W = 703,813 t$

2.4. Calcul de V.

$V = 0,08 \times 2 \times \frac{1}{4} \times 1,2 \times 703,813 = 33,783 t$

2.5. Distribution des Forces latérales

la Force latérale totale V doit être distribuée sur la hauteur de la structure selon les relations suivantes.

$V = F_b + \Sigma F_i$ avec $F_b = 0$ car $T < 0,7s$.

$F_i = V \cdot W_i h_i / \Sigma W_i h_i$

on établit ainsi le tableau de valeurs suivant:

N_i relatif	h_k	$w_i(t)$	$w_i h_i t_m$	$\sum w_i h_i t_m$	$F_i(t)$	$F_i \text{ cumulae}(t)$
8	2,8	247,56	693,168	1970,677	11,883	11,883
7	"	242,411	678,751	"	11,636	23,519
6	"	213,842	598,758	"	10,264	33,783

B. Portique Transversal.

L'évaluation des Forces sismiques sera faite par la méthode simplifiée d'analyse modale préconisée par le R.P.A B1 à l'annexe 3 page A.3.1.

Ce choix n'est pas aléatoire, il est dû au fait que notre structure est flexible avec $T \geq 0,7s$; Cette méthode nous permet une approche précise.

L'une des caractéristiques de cette méthode est la prise en compte des modes supérieurs (2^{ème} et 3^{ème}) et ceci par la superposition des réponses de la structure correspondant aux différents modes. Dans notre cas il s'agira du 1^{er}, 2^{ème} et 3^{ème} mode.

Ainsi la sollicitation totale agissant à chaque niveau résultera de la combinaison des réponses modales; Reste cependant à définir la nature de cette combinaison. Sachant que les différents modes ne sont pas en phase, une addition arithmétique des modes conduirait à des valeurs de réponse assez élevées, afin de tenir compte de cette différence de phase, on procédera à une superposition Quadratique.

Nous aurons cependant à calculer la Force sismique suivante:

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

avec

k : représentant l'indice de l'étage.

i : " le mode de vibration

F_{ki} : " la Force sismique de calcul (du mode i)

1 Détermination de la Force sismique de calcul:

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

avec:

Γ_i : Facteur de Contribution.

w_k : Poids revenant au plancher k .

ϕ_{ki} : Composante du vecteur propre.

A : Coefficient d'accélération de zone.

D_i : Facteur d'amplification dynamique moyen.

B : " de Comportement de la structure.

Q : " de Qualité du système de contreventement.

2. Calcul du Facteur de Contribution Γ_i .

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^m w_k \phi_{ki}}{\sum_{k=1}^m w_k \phi_{ki}^2} \quad m = \text{nombre total d'étages.}$$

Les résultats figurent dans les tableaux ci-après.

w_k	1 ^{er} MODE				2 ^{ème} MODE				3 ^{ème} MODE			
	ϕ_{k1}	ϕ_{k1}^2	$w_k \phi_{k1}$	$w_k \phi_{k1}^2$	ϕ_{k2}	ϕ_{k2}^2	$w_k \phi_{k2}$	$w_k \phi_{k2}^2$	ϕ_{k3}	ϕ_{k3}^2	$w_k \phi_{k3}$	$w_k \phi_{k3}^2$
598,44	1,00	1,00	598,44	598,44	1,00	1,00	598,44	598,44	1,000	1,00	598,44	598,44
605,182	0,8627		582,6075	560,8751	0,7104		429,905	305,3929	0,1227		134,8200	30,0347
562,886	0,8921		412,9480	368,3975	0,2332		131,2718	30,6142	-0,6903		-388,5405	258,1959
631,394	0,7915		501,3472	396,8288	-0,3049		-193,0965	88,8674	-1,1195		-709,0865	793,8245
763,27	0,6610		508,4667	336,0828	-0,7573		-579,5173	436,5700	-0,6658		-512,1800	341,0095
776,27	0,5000		388,2656	194,562	-0,9329		-724,3829	635,7811	0,4257		330,5281	140,6976
790,67	0,3159		249,7651	78,8984	-0,7764		-613,8458	476,5631	1,1056		874,1513	966,4468
909,92	0,1178		109,5260	12,89997	-0,5571		-313,4835	105,6778	0,69898		689,9973	454,3364

	1 ^{er} MODE	2 ^{ème} MODE	3 ^{ème} MODE
$\sum w_k \phi_k$	3351,3661	-1264,7032	1027,1298
$\sum w_k \phi_k^2$	2546,9846	2687,9065	3592,9855
Γ_i	1,31582	-0,47052	0,20587

3. Force de calcul F_{ki} .

$$F_{ki} = \Gamma_i (A D_i B Q) w_k \phi_{ki}$$

Sous l'action des forces horizontales, préalablement calculées, notre structure subira des déformations horizontales (déplacements horizontaux).

Afin d'éviter les désordres dans les éléments de remplissage, l'augmentation des contraintes dans le système de contreventement et permettre un déplacement sans contact préjudiciable avec les constructions avoisinantes. Il est indispensable de limiter ces déplacements horizontaux.

Ainsi, selon le R.P.A 81 art 3.3.7.1 page 31, les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 0,0075 de la hauteur de l'étage.

1. Calcul des déplacements relatifs d'étage

Selon le R.P.A 81 art 3.3.7.1 page 31, le déplacement calculé à partir des forces latérales spécifiées doit être multiplié par $1,0/2B$ pour obtenir le déplacement relatif; $1,0/2B$ doit être inférieur à 1. ($1,0/2B < 1$).

$$\delta_K = \frac{T_K}{R_K} \cdot \frac{1}{2B}$$

δ_K : déplacement du Niveau K / Niveau K.

T_K : effort tranchant du niveau K

($T_K = \sum_{i=K}^{i=n} F_i$) \rightarrow n: nombre d'étages.

R_K : rigidité du niveau K.

B: facteur de comportement de la structure.

Dans notre cas on aura:

$$B = 1/4 \rightarrow 2B = 1/2.$$

$$\delta_K = \frac{2 T_K}{R_K}$$

PORTIOUE LONGITUDINAL

NIV	T_k (tf)	R_k (tf/m)	δ_k (cm)	$\bar{\delta}_k$ (cm)
8	20,04	101377,99	0,04	2,55
7	40,74	112167,38	0,073	"
6	60,68	114374,50	0,106	"
5	95,892	181376,79	0,106	"
4	138,66	189489,38	0,146	"
3	181,83	"	0,196	"
2	225,79	191046,15	0,236	"
1	269,18	346369,91	0,155	"

PORTIOUE TRANSVERSAL

NIV	T_k (tf)	R_k (tf/m)	δ_k (cm)	$\bar{\delta}_k$ (cm)
8	38,56	91572,94	0,0842	2,55
7	74,05	95512,48	0,0775	"
6	103,552	"	0,2168	"
5	134,022	"	0,2806	"
4	167,601	"	0,351	"
3	197,261	"	0,4131	"
2	221,151	95974,64	0,4609	"
1	234,041	166625,51	0,1404	"

Calcul du Centre de Torsion et du Centre de Gravité

On supposera qu'à chaque niveau et dans chaque direction que la résultante des forces horizontales a une excentricité par rapport au Centre de torsion égale à la plus grande des 2 valeurs :

- 5% de la plus grande dimension du bâtiment à ce niveau.
- Excentricité théorique.

1. Centre de Torsion :

Les coordonnées du Centre de torsion sont données en fonction des moments d'inertie des éléments constituant l'ossature et de la distance qui sépare les éléments à un système d'axe arbitraire :

$$x_T = \frac{\sum I_{x_i} \cdot x_i}{\sum I_{x_i}}$$

$$y_T = \frac{\sum I_{y_i} \cdot y_i}{\sum I_{y_i}}$$

Niveau	$I_{x_i} (m^4)$	$x_i (m)$	$I_{y_i} (m^4)$	$y_i (m)$	$\sum I_{x_i}$	$\sum I_{y_i}$	$\sum I_{x_i} \cdot x_i$	$\sum I_{y_i} \cdot y_i$
8,7,6	0,0224	11,10	0,0216	23,15	0,0672	0,1512	0,38304	1,70424
				19,15				
				15,15				
				11,15				
				7,15				
				3,15				
$x_T = 5,7 m$					$y_T = 11,15 m$			
8,7,6	0,0224	7,50	0,0144	23,15	0,0448	0,1008	0,168	1,13616
				19,15				
				15,15				
				11,15				
				7,15				
				3,15				
$x_T = 3,75 m$					$y_T = 11,15 m$			
5,4,3,2	0,0224	25,8	0,036	23,15	0,112	0,252	1,53888	2,8404
				19,15				
				15,15				
				11,15				
				7,15				
				3,15				
$x_T = 13,74 m$					$y_T = 11,15 m$			

Niveau	$I_{xi} (m^4)$	$x_i (m)$	$I_{yi} (m^4)$	$y_i (m)$	ΣI_{xi}	ΣI_{yi}	$\Sigma I_{xi} \cdot x_i$	$\Sigma I_{yi} \cdot y_i$
1er Sous Sol (1)	0,0224	25,8	0,036	23,15	0,425	861,964	5,19363	10519,194
		20,7		19,15				
		14,7		15,15				
		7,5		11,15				
		0		7,15				
		12,9		3,15				
		12,9	395,078	0				
		7,35	71,556	23,15				
				19,15				
	$X_T = 12,22 \text{ m}$							

2. Centre de Gravité :

Les Coordonnées du Centre de Gravité sont données par :

$$x_G = \frac{\sum F_i \cdot x_i}{\sum F_i} ; \quad y_G = \frac{\sum F_i \cdot y_i}{\sum F_i}$$

Comme notre bâtiment est symétrique par rapport à x alors $y_G = Y_T$

par rapport à y ; on a relevé les abscisses suivantes :

Niveau Terrasse ; niveau 7 , niveau 6 :

Bloc A : $x_G = 5,55 \text{ m}$ ($y_G = 11,15 \text{ m}$)

Bloc B : $x_G = 4,85 \text{ m}$ ($y_G = 11,15 \text{ m}$)

Niveaux : 5, 4, 3, 2, 1

$x_G = 12,9 \text{ m}$; $y_G = 11,15 \text{ m}$

3. Excentricité : "e"

$e = 0,05 \cdot L$; avec $L = \max(l_x, l_y) = \max(25,8, 22,3)$

$e = 0,05 \times 25,8 = 1,29 \text{ m}$

Niveaux	B, 7, 6		5, 4, 3, 2	1
	A	B		
$e_{in} = \begin{cases} x_G - X_T \\ y_G - Y_T \end{cases}$	$e_x = 0,15$ $e_y = 0,12$	$e_x = 0,9$ $e_y = 0,12$	$e_x = 0,84$ $e_y = 0,12$	$e_x = -0,68$ $e_y = 1,05$
$e' = 0,05 \cdot L$	1,29	1,29	1,29	1,29
$e = \max(e_i)$	1,29	1,29	1,29	1,29

DISTRIBUTION des EFFORTS SISMIQUES Sur les PORTIQUES

L'effort sismique total s'applique au centre de gravité "Gk" de l'étage "k"

En raison de l'existence de la rotation du plancher autour du centre de torsion "Ck", la force sismique Fk appliquée en G est équivalente à :

Fk (appliquée en Ck) + un couple de torsion (Mk = Fk ek)

Mk représentera l'augmentation de l'effort dans les portiques.

* Sous l'action de Fkx (sens transversal) on a un effort de niveau (k) sur le portique (i) qui sera :

a) Dans les portiques transversaux :

$$F_{kx}^{(i)} = F_{kx} \cdot \frac{R_{kx}^i}{R_{kx}} + F_{kx} \cdot \frac{R_{kx}^i y_k^i}{R_{k\theta}} \cdot e_{yk}$$

b) Dans les portiques longitudinaux :

$$F_{ky}^{(i)} = F_{kx} \cdot \frac{R_{ky}^{(i)} x_k^{(i)}}{R_{k\theta}} \cdot a_{yk}$$

* Sous l'action de Fky (sens longitudinal) : on aura les mêmes expressions

Les expressions des forces à retenir sont les suivantes :

$$F_{kx}^i = F_{kx} \cdot \frac{R_{kx}^i}{R_{kx}} + F_{kx} \cdot \frac{R_{kx}^i y_k^{(i)}}{R_{k\theta}} \cdot a_{yk}$$

$$F_{ky}^j = F_{ky} \cdot \frac{R_{ky}^j}{R_{ky}} + F_{ky} \cdot \frac{R_{ky}^j x_k^j}{R_{k\theta}} \cdot a_{xk}$$

Ce choix des expressions est dû aux deux remarques ci après :

1. D'après le RPA 81 art 33.1. : Tout bâtiment sera conçu et construit pour résister aux forces sismiques horizontales totales agissant non simultanément dans la direction de chacun des axes principaux de la structure.

2. on a toujours :

$$F_{Kx} \cdot \frac{R_{Ky}^{(i)} x_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Yk} < F_{Ky} \frac{R_{Ky}^{(j)}}{R_{Ky}} + F_{Ky} \cdot \frac{R_{Ky}^{(i)} x_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Xk}$$

$$F_{Ky} \cdot \frac{R_{Kx}^{(i)} y_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Xk} < F_{Kx} \frac{R_{Kx}^{(i)}}{R_{Kx}} + F_{Kx} \cdot \frac{R_{Kx}^{(i)} y_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Yk}$$

Les termes,

$$F_{Ky} \cdot \frac{R_{Ky}^{(j)} x_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Xk} \text{ et } F_{Kx} \cdot \frac{R_{Kx}^{(i)} y_k^{(i)}}{R_{K0}} \cdot \alpha_{Yk}$$

des expressions retenues, ne seront tenus en compte que s'ils sont positifs, dans le cas contraire ils seront négligés.

Calcul de R_{K0}.

Le moment de torsion est équilibré par les portiques transversaux "x" et longitudinaux "y"

$$R_{K0} = \sum_{i=1} R_{Kx}^i [y_k^i]^2 + \sum_{j=1} R_{Ky}^j [x_k^j]^2$$

Les résultats seront résumés dans les tableaux ci après.

		1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	6	7
8	X _k	-3,75	3,75	-5,7	0,3	5,4	Y _k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X _k ²	14,0625	14,063	32,49	0,09	29,16	Y _k ²	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R _{Ky}	18314,6	18314,6	18314,6	18314,6	18314,6	R _{Kx}	14482,6	14482,6	14482,6	14482,6	14482,6	14482,6	14482,6
	Σ	1645840,361					Σ	5918229,818						
	R _{K0}	7564070,178					R _{K0}	7564070,178						
7	X _k	-3,75	3,75	-5,7	0,3	5,4	Y _k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X _k ²	14,063	14,063	32,49	0,09	29,16	Y _k ²	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R _{Ky}	18102,5	18102,5	18102,5	18102,5	18102,5	R _{Kx}	16023,9	16023,9	16023,9	16023,9	16023,9	16023,9	16023,9
	Σ	1716645,713					Σ	6548090,702						
	R _{K0}	8264736,415					R _{K0}	8264736,415						
6	X _k	-3,75	3,75	-5,7	0,3	5,4	Y _k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X _k ²	14,063	14,063	32,49	0,09	29,16	Y _k ²	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R _{Ky}	18102,5	18102,5	18102,5	18102,5	18102,5	R _{Kx}	16339,22	16339,22	16339,22	16339,22	16339,22	16339,22	16339,22
	Σ	1716645,713					Σ	6548090,702						
	R _{K0}	8264736,415					R _{K0}	8264736,415						

Niv	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5	6	7.	
5	X_k	-13,74	-6,24	0,96	5,04	10,14	Y_k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X_k^2	188,788	38,938	0,9216	25,402	102,820	Y_k^2	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R_{ky}	19102,495	19102,495	19102,495	19102,495	19104,495	R_{kx}	25910,97	25910,97	25910,97	25910,97	25910,97	25910,97	25910,97
	Σ	6817069,186					Σ	10588388,34						
	R_{k0}	17405457,52												
4	X_k	-13,74	-6,24	0,96	5,04	10,14	Y_k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X_k^2	188,788	38,938	0,9216	25,402	102,820	Y_k^2	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R_{ky}	19102,495	19102,495	19102,495	19102,495	19102,495	R_{kx}	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91
	Σ	6817069,186					Σ	11061983,37						
	R_{k0}	1789052,56												
3	X_k	-13,74	-6,24	0,96	5,04	10,14	Y_k	11,15	8	4	0	-4	-8	-11,15
	X_k^2	188,788	38,938	0,9216	25,402	102,820	Y_k^2	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R_{ky}	19102,495	19102,495	19102,495	19102,495	19102,495	R_{kx}	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91	27069,91
	Σ	6817069,186					Σ	11061983,37						
	R_{k0}	1789052,56												
2	X_k	-13,74	-6,24	0,96	5,04	10,14	Y_k	11,15	8	4	0	-4	8	-11,15
	X_k^2	188,788	38,938	0,9216	25,402	102,820	Y_k^2	124,323	64	16	0	16	64	124,323
	R_{ky}	19194,93	19194,93	19194,93	19194,93	19194,93	R_{kx}	27923,31	27923,31	27923,31	27923,31	27923,31	27923,31	27923,31
	Σ	6850055,209					Σ	11152864,79						
	R_{k0}	18002920,00												
1	X_k	-19,22	-4,72	2,48	8,48	13,58	Y_k	10,10	6,95	2,95	-1,05	-5,05	-9,05	-12,2
	X_k^2	149,33	22,28	6,15	71,91	184,142	Y_k^2	102,01	48,30	8,70	1,10	25,5	81,9	148,84
	R_{ky}	33325,1	33325,1	33325,1	33325,1	33325,1	R_{kx}	49471,4	49471,4	49471,4	49471,4	49471,4	49471,4	49471,4
	Σ	14466092,66					Σ	20601589,22						
	R_{k0}	35067681,88												

PORTIQUE LONGITUDINAL.

NIV	F_{Kx} (t.f)	R_{Kx} (t.f/m)	$R_{K\theta}$ (t.f.m)	Cy (m)	Portique	$R_{Kx}^{(i)}$ (t.f/m)	x (m)	F_{Kx}^i (t.f)
8	20,04	101377,99	7564070,978	1,29	1	14482,57	11,15	3,430
					2	"	8	3,260
					3	"	4	3,016
					4	"	0	2,863
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
7	40,74	112167,38	8264736,415	1,29	1	16023,91	11,15	6,992
					2	"	8	6,640
					3	"	4	6,230
					4	"	0	5,820
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
6	60,68	11437,57	8264736,415	1,29	1	25910,97	11,15	10,394
					2	"	8	9,910
					3	"	4	9,290
					4	"	0	8,670
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
5	95,892	181376,79	17405457,52	1,29	1	27069,91	11,15	15,82
					2	"	8	15,17
					3	"	4	14,44
					4	"	0	13,70
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"

PORTIQUE LONGITUDINAL (suite)

NiY	F _{Kx} (tf)	R _{Kx} (tf/m)	R _{Kθ} (tf/m)	Δy (m)	Portique	R _{Kx} ⁽¹⁾ (tf/m)	y _K ⁽¹⁾ (m)	F _{Kx} ⁱ (tf)
4	138,66	189489,38	17879052,56	1,29	1	27069,91	11,15	22,83
					2	"	8	21,98
					3	"	4	20,89
					4	"	0	19,81
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
3	181,83	189489,38	189489,38	1,29	1	27069,91	11,15	29,94
					2	"	8	28,82
					3	"	4	27,40
					4	"	0	25,98
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
2	225,79	191046,15	18002920	1,29	1	27292,307	11,15	37,18
					2	"	8	35,79
					3	"	4	34,02
					4	"	0	32,26
					5	"	-4	"
					6	"	-8	"
					7	"	-11,15	"
1	269,18	346369,91	35067681,88	1,29	1	49481,42	10,10	43,40
					2	"	6,95	41,86
					3	"	2,95	39,90
					4	"	-1,05	38,45
					5	"	-5,05	"
					6	"	-9,05	"
					7	"	-12,20	"

NIV	F_{Kx} (tf)	R_{Kx} (tf/m)	$R_{K\theta}$ (tf.m)	d_y (m)	Portique	R_{Kx}^i (tf/m)	$y_k^{(i)}$ (m)	F_{Kx}^i (tf)
8	38,56	91572,94	7564070,178	1,29	1	18314,587	-3,75	7,712
					2	"	3,75	8,164
					3	"	-5,70	7,712
					4	"	0,30	7,748
					5	"	5,40	8,360
7	74,05	95512,48	8264736,45	1,29	1	19102,495	-3,75	14,810
					2	"	3,75	15,639
					3	"	-5,70	14,810
					4	"	0,30	14,876
					5	"	5,40	16,003
6	103,552	95512,48	8264736,45	1,29	1	19102,495	-3,75	20,71
					2	"	3,75	21,87
					3	"	-5,70	20,71
					4	"	0,30	20,803
					5	"	5,40	22,38
5	134,022	95512,48	17405457,52	1,29	1	19102,495	-13,74	26,80
					2	"	-6,24	26,80
					3	"	0,96	26,99
					4	"	5,04	27,76
					5	"	19,14	28,73
4	167,801	95512,48	17879052,56	1,29	1	19102,495	-13,74	33,52
					2	"	-6,24	"
					3	"	0,96	33,74
					4	"	5,04	34,68
					5	"	19,14	35,86
3	197,261	95512,48	17879052,56	1,29	1	19102,495	-13,74	39,45
					2	"	-6,24	39,45
					3	"	0,96	39,71
					4	"	5,04	40,82
					5	"	19,14	40,21
2	221,151	95974,64	18002920	1,29	1	19194,927	-13,74	44,23
					2	"	-6,24	"
					3	"	0,96	44,52
					4	"	5,04	45,76
					5	"	19,14	47,31
1	233,97	166625,51	3506761,88	1,29	1	33325,1	-12,22	46,79
					2	"	-4,72	"
					3	"	2,48	47,51
					4	"	8,48	49,23
					5	"	13,58	50,69

CALCUL des EFFORTS M, N, T dans les PORTIQUES

Dûs aux charges Verticales

La méthode utilisée pour le calcul des efforts dans les portiques sous les charges verticales (G et P) est celle de CAQUOT

Nous tenons cependant à présenter cette méthode, notamment son domaine d'application et son principe.

1. Méthode de CAQUOT (Annexe "A" du CCBA 68)

1.1. Domaine d'application.

- * Ne s'applique pas à des poutres isolées
- * S'applique essentiellement à des éléments de planchers constitués de nervures et de poutres associées à des hourdis.
- * Elle concerne uniquement les poutres solidaires des poteaux qui les supportent.
- * Les moments d'inertie des poteaux sont supposés constants.
- * Il n'est pas tenu compte des déplacements horizontaux relatifs des planchers.

1.2 Principe de la méthode.

1.2.1 Moments d'appui

Le principe consiste à considérer chaque croisement poutres et poteaux (nœud) et de calculer les moments de continuité dans les sections, des nus d'appuis, considérées comme sections dangereuses. L'évaluation de ces moments se fait en tenant compte que des charges des travées encadrant l'appui considéré (travée de gauche, indice "w" et travée de droite, indice "e"), et de la résistance offerte par des tronçons inférieur et supérieur des poteaux aboutissant au nœud considéré (tronçon inférieur "s", et tronçon supérieur indice "n")

On détache de chaque côté des appuis, des travées fictives que l'on désignera par $l'w$ ou $l'e$ selon qu'on est à gauche ou à droite du nœud, elles sont égales à :

a- pour les travées intermédiaires

$$l'w = 0,8 lw \quad \text{et} \quad l'e = 0,8 le.$$

lw, le : désignent les portées libres des travées de gauche et de droite.

b- pour les travées de rive

Les longueurs $l'w$ et $l'e$ des travées fictives de rive sont prises à égales à :

$$l'w = \chi_i lw \quad \text{et} \quad l'e = \chi_j le \quad \text{avec} \quad 0,8 \leq \chi_i, \chi_j \leq 1$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \chi_i = 0,8 \quad \text{pour} \quad K_{s_i} + K_{n_i} \geq 1,5 K_{en} \\ \chi_i = 1 - \frac{K_{s_i} + K_{n_i}}{7,5 K_{en}} \quad \text{pour} \quad K_{s_i} + K_{n_i} < 1,5 K_{en} \end{array} \right.$$

et

$$\left\{ \begin{array}{l} \chi_n = 0,8 \quad \text{pour} \quad K_{s_n} + K_{n_n} \geq 1,5 K_{wn} \\ \chi_n = 1 - \frac{K_{s_n} + K_{n_n}}{7,5 K_{wn}} \quad \text{pour} \quad K_{s_n} + K_{n_n} < 1,5 K_{wn} \end{array} \right.$$

On détache de même au dessus et au dessous de chaque nœud des tronçons fictifs de poteaux de hauteur h'_n et h'_s selon qu'il s'agit du poteau au dessus ou au dessous du nœud. Elles sont égales à :

$$h'_n = 0,9 h_n \quad \text{si le nœud considéré appartient à l'avant dernière planche.}$$

$$h'_n = 0,8 h_n \quad \text{Dans les autres cas}$$

$$h'_s = 0,8 h_s \quad \text{Dans tous les cas sauf lorsque les poteaux seraient articulés sur leurs fondations.}$$

On désigne par :

- * q_w : la charge uniformément répartie par unité de longueur sur la travée de gauche (q_e sur celle de droite)
- * Q_w : Une charge concentrée appliquée sur la travée de gauche à la distance a_w du nu de l'appui (Q_e, Q_e pour la travée de droite)

On pose :

$$M'_w = \frac{q_w l_w^2}{8,9} + l'_w \sum k_w Q_w$$

$$M'_e = \frac{q_e l_e^2}{8,9} + l'_e \sum k_e Q_e$$

où k_w et k_e sont données par une échelle fonctionnelle en fonction des rapports $(\frac{a_w}{l'_w}, \frac{Q_e}{l'_e})$ " Voir CCBA pages 141, 143, 146 "

1.2.1.2 Raideurs Caractéristiques.

On désigne par I_w, I_e, I_s et I_n respectivement les moments d'inertie de la travée de gauche, de la travée de droite, du poteau inférieur et du poteau supérieur c'est à dire les moments d'inertie des éléments formant le nœud

On pose :

$$K_w = \frac{I_w}{l'_w} ; \quad K_e = \frac{I_e}{l'_e} ; \quad K_s = \frac{I_s}{h'_s} ; \quad K_n = \frac{I_n}{h'_n}$$

$$\text{et } D = K_w + K_e + K_s + K_n.$$

1.2.1.3. Moments Dans les sections dangereuses.

Les moments sont donnés en valeurs absolues par les formules suivantes :

a. Au nu de l'appui dans la travée gauche :

$$M_w = M'_e \frac{k_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{k_w}{D}\right)$$

b. Au nu de l'appui dans la travée de droite :

$$M_e = M'_w \frac{k_e}{D} + M'_e \left(1 - \frac{k_e}{D}\right)$$

c. Au nu inférieur des poutres dans le poteau inférieur :

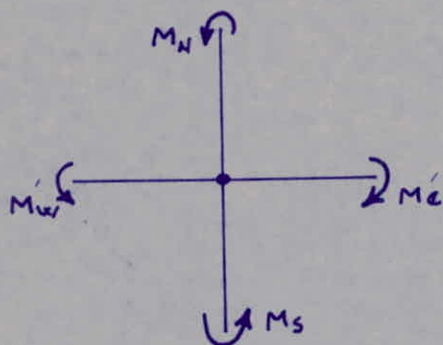
$$M_s = \frac{k_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

d. Au nu supérieur du plancher dans le poteau supérieur :

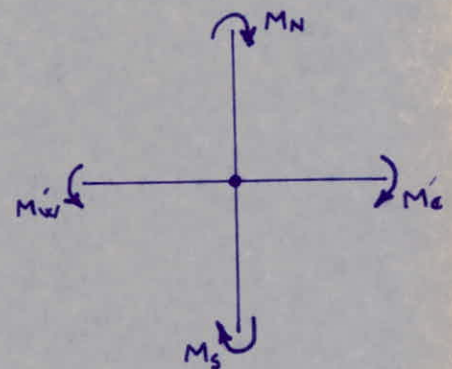
$$M_N = \frac{k_N}{D} (M'_e - M'_w)$$

Remarques :

- * Pour les travées, les moments M_e et M_w sont négatifs.
- * Pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des deux valeurs absolues M'_e ou M'_w . La face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé, comme indiqué dans les schémas ci après.



Cas où $M'_e > M'_w$



Cas où $M'_w > M'_e$

a1. Travée de Rive.

Dans notre cas on a une travée de rive sans console, on distinguera les nœuds de Rive "2" et "6" des niveaux "1" "2" et les nœuds "1" et "4" des niveaux supérieurs.

Nœud 1

$$M_{e1} = (1 - K_e/D_1) M'_{e1}$$

$$M_{s1} = M'_{e1} K_{s1}/D_1$$

$$M_{N1} = M'_{e1} K_{N1}/D_1$$

$$\text{avec : } M'_{e1} = (q_e l_e^2 / 8,5) \text{ nœuds}_1 + (l_e \sum k_e Q_e) \text{ nœuds}_1$$

$$D_1 = K_{e1} + K_{s1} + K_{N1}$$

$$K_{e1} = I_{e1} / l_{e1} ; K_{s1} = I_{s1} / h_{s1} \text{ et } K_{N1} = I_{N1} / h_{N1}$$

$$l_{e1} = 0,8 l_{e1} ; h_{s1} = 0,8 h_{s1} \text{ et } h_{N1} = 0,9 h_{N1} \text{ ou } 0,8 h_{N1}$$

Nœud 2

$$M_{e2} = (1 - K_{e2}/D_2) M'_{e2}$$

$$M_{s2} = M'_{e2} K_{s2}/D_2$$

$$M_{N2} = M'_{e2} K_{N2}/D_2$$

$$\text{avec : } M'_{e2} = (q_e l_e^2 / 8,5) \text{ nœuds}_2 + (l_e \sum k_e Q_e) \text{ nœuds}_2$$

$$D_2 = K_{e2} + K_{s2} + K_{N2}$$

$$K_{e2} = I_{e2} / l_{e2} ; K_{s2} = I_{s2} / h_{s2} \text{ et } K_{N2} = I_{N2} / h_{N2}$$

$$l_{e2} = 0,8 l_{e2} ; h_{s2} = 0,8 h_{s2} \text{ et } h_{N2} = 0,9 h_{N2} \text{ ou } 0,8 h_{N2}$$

- Nœud 6

$$M_{w6} = (1 - K_{w6}/D_6) M'_{w6}$$

$$M_{s6} = M'_{w6} K_{s6}/D_6$$

$$M_{N6} = M'_{w6} K_{N6}/D_6$$

$$\text{avec : } M'_{w6} = (q_w l_w^2 / 8,5) \text{ nœuds}_6 + (l_w \sum k_w Q_w) \text{ nœuds}_6$$

$$D_6 = K_{w6} + K_{s6} + K_{N6}$$

$$K_{w6} = I_{w6} / l_{w6} ; K_{s6} = I_{s6} / h_{s6} \text{ et } K_{N6} = I_{N6} / h_{N6}$$

$$l_{w6} = 0,8 l_{w6} ; h_{s6} = 0,8 h_{s6} \text{ et } h_{N6} = 0,9 h_{N6} \text{ ou } 0,8 h_{N6}$$

Nœud 7 : idem au nœud 6 avec la seule différence de l'indice 7 au lieu de 6.

α_2 - Nœuds Voisins de Rive.

* Nœud 2.

$$l'w_2 = \chi_1 l w_2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_1 = 0,8 & \text{pour } K_{s1} + K_{n1} \geq 1,5 K_{e1} \\ \chi_1 = 1 - \frac{K_{s1} + K_{n1}}{1,5 K_{e1}} & \text{" " } < 1,5 K_{e1} \end{cases}$$

K_{e1}, K_{s1}, K_{n1} préalablement établis.

* Nœud 3.

$$l'w_3 = \chi_2 l w_3 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_2 = 0,8 & \text{pour } K_{s2} + K_{n2} \geq 1,5 K_{e2} \\ \chi_2 = 1 - \frac{K_{s2} + K_{n2}}{1,5 K_{e2}} & \text{" " } < 1,5 K_{e2} \end{cases}$$

* Nœud 7

$$l'e_6 = \chi_7 l e_6 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_7 = 0,8 & \text{pour } K_{s7} + K_{n7} \geq 1,5 K_{w7} \\ \chi_7 = 1 - \frac{K_{s7} + K_{n7}}{1,5 K_{w7}} & \text{" " } < 1,5 K_{w7} \end{cases}$$

* Nœud 6

$$l'e_5 = \chi_6 l e_5 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \chi_6 = 0,8 & \text{pour } K_{s6} + K_{n6} \geq 1,5 K_{w6} \\ \chi_6 = 1 - \frac{K_{s6} + K_{n6}}{1,5 K_{w6}} & \text{" " } < 1,5 K_{w6} \end{cases}$$

Pour tous les cas on a trouvé :

$$K_{si} + K_{ni} < 1,5 (K_{wi}, K_{ei})$$

d'où le calcul, pour chaque niveau et pour chaque nœud de rive, de χ ; ainsi ont été établies $l'w_2, l'w_3, l'e_5, l'e_6$ des travées Fictives.

On déterminera en premier lieu les différentes charges et surcharges revenant aux travées de chaque portique, Par la suite on établit des tableaux qui réunissent les caractéristiques géométriques des portiques et d'autres tableaux qui réunissent $M'w, M'e, M_{w1}, M_{e1}, M_N$ et M_S .

Portique transversal 1-1.

Niveaux	CHARGES PERMANENTES G						SURCHARGES P
	éléments	masse linéaire de chaque él ^e (t/ml)	Travées	q (t/ml)	Charges Concentrées (k)	Travées	q (t/ml)
8	* poutres * planches * acrotère	$2,5 \times 0,35 \times 0,60 = 0,525$ $0,636 \times 0,65/2 = 0,2067$ 0,18	Toutes	0,912			$0,1 \times 0,65/2$ 0,033
7 et 6	* poutres * planches * façades	0,525 $0,47 \times 0,65/2 = 0,153$ 1,134 et 0,176	1-2; 2-3 3-4; 4-5 5-6 6-7	$0,525 + 0,153$ $+ 1,134 =$ 1,812 $0,525 + 0,153$ $+ 0,176 =$ 0,854			$0,175 \times 0,65/2$ 0,057
5	* poutres * planches * façades	0,525 0,153 1,134 et 0,242.	1-2; 2-3 3-4; 4-5 5-6 6-7	1,812 $0,525 +$ $0,153 +$ $0,242 =$ 0,92			$0,175 \times 0,65/2$ 0,057
4 et 3	* poutres * planches * façades	0,525 $0,53 \times 0,65/2 = 0,1723$ 1,134.	1-2; 2-3; 3-4; 4-5; 6-7 5-6	$0,525 +$ $0,172 =$ 0,697 $0,697 +$ $1,134 =$ 1,831	0,37 0,37.	1-2; 6-7 4 charges 2-3; 3-4; 4-5 5 charges	$0,29 \times 0,65/2$ 0,082
2	* poutres * planches * façades Voile	0,525 $0,565 \times 0,65/2 = 0,184.$ $0,3 \times 2,2 \times 2,8 = 1,85$	2-3 3-4 4-5 6-7 5-6	$0,525 +$ $0,184 +$ $1,85 =$ 2,56 $0,525 + 0,184$ $=$ 0,71 0,697 1,831	0,37	4-5 5 charges 6-7 4 charges	$0,29 \times 0,65/2$ 0,082

Portique transversal 2-2.

Niveaux	CHARGES PERMANENTES G			SURCHARGES P	
	éléments	masse linéaire de chaque él ^é (t/ml)	Travées	Q (t/ml)	Q (t/ml)
8	* poutres	0,525	Toutes	1,312	0,1 (0,65/2 + 0,9) = 0,123.
	* planches	$0,636 \times 0,65/2 = 0,207$			
	* Console dalle Forme de pente gravillon étanchéité	$\left. \begin{matrix} 0,27 \\ 0,31 \end{matrix} \right\} 0,58$			
7 et 6	* poutres	0,525	3-4, 4-5 5-6	0,525 + 0,153 = 0,547 = 1,223	0,175 (0,65/2 + 0,9) = 0,214
	* planches	$0,47 \times 0,65/2 = 0,153$			
	* Console dalle Forme de pente cloisons	$\left. \begin{matrix} 0,27 \\ 0,20 \\ 0,075 \end{matrix} \right\} 0,547$	1-2; 2-3 6-7	1,223 + 1,134 = 2,357	
	* façades	1,134.			
5	* poutres	0,525		0,525 + 0,306 = 0,831	0,175 x 0,65 = 0,114.
	* planches	$0,47 \times 0,65 = 0,306$			
4 et 3	* poutres	0,525		0,525 + 0,345 = 0,87.	0,25 x 0,65 = 0,163.
	* planches	$0,53 \times 0,65 = 0,345$			
2	* poutres	0,525		0,525 + 0,367 = 0,892	0,163
	* planches	$0,565 \times 0,65 = 0,3673$			
1	* poutres	0,525		0,892	0,4 x 0,65 = 0,26.
	* planches	$0,565 \times 0,65 = 0,3673$			

Portique transversal 4-4.

Niveaux	CHARGES PERMANENTES G			SURCHARGES P	
	éléments	masse linéaire de chaque él ^é (t/ml)	Travées	g (t/ml)	q (t/ml)
8	* poutres	0,929		0,938	0,1 x 0,69 = 0,069
	* plancher	0,636 x 0,69 = 0,413			
7 6 et 5	* poutres	0,929		0,831	0,179 x 0,69 = 0,114
	* plancher	0,47 x 0,69 = 1,88			
4 et 3	* poutres	0,929		0,87	0,29 x 0,69 = 0,163
	* plancher	0,93 x 0,69 = 0,3449			
2	* poutres	0,929		0,892	0,29 x 0,69 = 0,163
	* plancher	0,969 x 0,69 = 0,367			
1	* poutres	0,929		0,892	0,40 x 0,69 = 0,26
	* plancher	0,969 x 0,69 = 0,367			

Portique Longitudinal III-III

	CHARGES PERMANENTES G			Surcharges P	
	éléments	masse linéaire de chaque él ^é (t/ml)	Travées	g (t/ml)	q (t/ml)
8	* poutres	0,929		3,069	0,1 x 4 = 0,40
	* plancher	0,636 x 4 = 2,944			
7 et 6	* poutres	0,929		3,939	0,179 x 4 = 0,70
	* plancher * façades	0,47 x 4 = 1,88 1,134			
5	* poutres	0,929		2,409	0,179 x 4 = 0,70
	* plancher	0,47 x 4 = 1,88			
4 et 3	* poutres	0,929		2,649	0,29 x 4 = 1,00
	* plancher	0,93 x 4 = 2,22			
2	* poutres	0,929		2,789	0,29 x 4 = 1,00
	* plancher	0,969 x 4 = 2,26			
1	* poutres	0,929		2,789	0,4 x 4,0 = 1,16
	* plancher	0,969 x 4 = 2,26			

PORTIQUE III III. Caractères géométriques

SPATE	N	Lw (m)	Le (m)	Hm (m)	Hs (m)	Iw · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	Ie · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	Im · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	Is · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	L'w (m)	L'e (m)	H'm (m)	H's (m)	Kw 10 ⁻⁴	Ke 10 ⁻⁴	Ks 10 ⁻⁴	Km ² 10 ⁻⁴	D · 10 ⁻⁴
8	1		6,9		2,8		63	-	72		5,52		2,24		11,41		32,14	43,56
	2	6,9			"	63			"	5,52			"	11,41			"	"
	3		5,4		"		63		"		4,32		"		14,58		"	46,73
	4	5,4	4,5		"	63	63		"	4,32	3,6		"	14,58	17,5		"	64,23
	5	4,5			"	63			"	3,6			"	17,5			"	49,64
7	1		6,9	2,8	"		63	72	"		5,52	2,52	"		11,41	25,57	"	71,86
	2	6,9		"	"	63		"	"	5,52		"	"	11,41		"	"	72,13
	3		5,4	"	"		63	"	"		4,32	"	"		14,58	"	"	75,3
	4	5,4	4,5	"	"	63	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	92,8
	5	4,5		"	"	63		"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	78,21
6	1		6,9	"	"		63	"	"		5,52	2,24	"		11,41	32,14	"	75,72
	2	6,9		"	"	63		"	"	5,52		"	"	11,41		"	"	75,699
	3		5,4	"	"		63	"	"		4,32	"	"		14,58	"	"	78,87
	4	5,4	4,5	"	"	63	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	96,37
	5	4,5		"	"	63		"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	81,79
5	1		6,9	"	"		63	"	"		5,52	"	"		11,41	"	"	75,7
	2	6,9	6,6	"	"	63	"	"	"	5,52	5,28	"	"	11,41	11,93	"	"	87,63
	3	6,6	5,4	"	"	"	"	"	"	5,28	4,32	"	"	11,93	14,58	"	"	80,8
	4	5,4	4,5	"	"	"	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	96,37
	5	4,5		"	"	"	"	"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	81,79

PORTIQUE III III. Caractère géométrique

ETAGE	USAGES	L _w (m)	L _e (m)	H _m (m)	H _s (m)	I _w · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	I _e · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	I _m · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	I _s · 10 ⁻⁴ (m ⁴)	L' _w (m)	L' _e (m)	H' _m (m)	H' _s (m)	K _w 10 ⁻⁴	K _e 10 ⁻⁴	K _s 10 ⁻⁴	K _m 10 ⁻⁴	D · 10 ⁻⁴
4	1		6,9	2,8	2,8	-	63	72	72		5,52	2,24	2,24		11,4	32,14	32,14	75,7
	2	6,9	6,6	"	"	63	"	"	"	5,52	5,28	"	"	11,41	11,93	"	"	87,63
	3	6,6	5,4	"	"	"	"	"	"	5,28	4,32	"	"	11,93	14,58	"	"	90,8
	4	5,4	4,5	"	"	"	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	96,37
	5	4,5		"	"	"	"	"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	81,79
3	1		6,9	"	"	63	63	"	"		5,52	"	"		11,4	"	"	75,7
	2	6,9	6,6	"	"	"	"	"	"	5,52	5,28	"	"	11,41	11,93	"	"	87,63
	3	6,6	5,4	"	"	"	"	"	"	5,28	4,32	"	"	11,93	14,58	"	"	90,8
	4	5,4	4,5	"	"	"	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	96,37
	5	4,5		"	"	"	"	"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	81,79
2	1		6,9	"	"		63	"	"		5,52	"	"		11,41	"	"	75,7
	2	6,9	6,6	"	"	63	"	"	"	5,52	5,28	"	"	11,41	11,93	"	"	87,63
	3	6,6	5,4	"	"	"	"	"	"	5,28	4,32	"	"	11,93	14,58	"	"	90,8
	4	5,4	4,5	"	"	"	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	96,37
	5	4,5		"	"	"	"	"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	81,79
1	1		6,9	"	2,35		63	"	"		5,52	"	1,88		11,41	38,3	"	81,85
	2	6,9	6,6	"	"	63	"	"	"	5,52	5,28	"	"	11,41	11,93	"	"	93,79
	3	6,6	5,4	"	"	"	"	"	"	5,28	4,32	"	"	11,93	14,58	"	"	96,96
	4	5,4	4,5	"	"	"	"	"	"	4,32	3,6	"	"	14,58	17,5	"	"	102,52
	5	4,5		"	"	"	"	"	"	3,6		"	"	17,5		"	"	87,94

PORTIQUES TRANSVERSAU. Caracteristiques geometriques.

N°	Noeud	Lw (m)	Le (m)	Hn (m)	Hs (m)	Iw · 10 ¹⁰ [cm ⁴]	Ie · 10 ¹⁰ [cm ⁴]	Ia · 10 ¹⁰ [cm ⁴]	Ix · 10 ¹⁰ [cm ⁴]	L'w (cm)	L'e (cm)	H'n (cm)	H's (cm)	Kw · 10 ⁻⁶ [cm ²]	Ke · 10 ⁻⁴ [cm ²]	Ks · 10 ⁻⁴	Ka · 10 ⁻⁴ [cm ²]	D · 10 ⁻⁴	
4	1		2,75	2,8	2,8		63	32	32		2,2	2,24	2,24		28,64	14,29	14,29	57,21	
	2	2,75	3,6	"	"	63	"	"	"	2,38	2,88	"	"	26,42	21,88	"	"	76,87	
	3	3,6	"	"	"	"	"	"	"	2,88	"	"	"	21,88	"	"	"	72,32	
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	"	2,75	"	"	"	"	"	"	"	2,38	"	"	"	26,42	"	"	"	76,87
	7	2,75		"	"	"	"	"	"	2,2		"	"		28,64		"	57,21	
3	1		2,75	"	"	"	63	"	"		2,2	"	"		28,64	"	"	57,21	
	2	2,75	3,6	"	"	63	"	"	"	2,38	2,88	"	"	26,42	21,88	"	"	76,87	
	3	3,6	"	"	"	"	"	"	"	2,88	"	"	"	21,88	"	"	"	72,32	
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	"	2,75	"	"	"	"	"	"	"	2,38	"	"	"	26,42	"	"	"	76,87
	7	2,75		"	"	"	"	"	"	2,2		"	"		28,64		"	57,21	
2	1		2,75	"	"		63	"	"		2,2	"	"		28,64	"	"	57,21	
	2	2,75	3,6	"	"	63	"	"	"	2,38	2,88	"	"	26,42	21,88	"	"	76,87	
	3	3,6	"	"	"	"	"	"	"	2,88	"	"	"	21,88	"	"	"	72,32	
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	"	2,75	"	"	"	"	"	"	"	2,38	"	"	"	26,42	"	"	"	76,87
	7	2,75		"	"	"	"	"	"	2,2		"	"		28,64		"	57,21	
1	1		2,75	"	2,35		63	"	"		2,2	"	1,88		28,64	17,02	"	59,94	
	2	2,75	3,6	"	"	63	"	"	"	2,38	2,88	"	"	26,42	21,88	"	"	80,001	
	3	3,6	"	"	"	"	"	"	"	2,88	"	"	"	21,88	"	"	"	75,06	
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	"	2,75	"	"	"	"	"	"	"	2,38	"	"	"	26,42	"	"	"	80,001
	7	2,75		"	"	"	"	"	"	2,2		"	"		28,64		"	59,94	

PORTIQUE 2.2 - Sous G

Muscle	Niveau	q _w (t/m)	q _e (t/m)	l' _w (m)	l' _e (m)	M' _w (t·m)	M' _e (t·m)	M _w (t·m)	M _e (t·m)	M _D (t·m)	M _S (t·m)
8	1		1,312		2,2		0,747		0,249		0,249
	2	1,312	"	2,57	2,88	1,017	1,28	1,123	1,185		0,062
	3	"	"	2,88	"	1,28	"	1,280	1,28		0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	6	"	"	"	2,57	"	1,017	1,185	1,123		0,062
	7	"		"			0,747		0,249		-0,249
7	1		1,223		2,2		0,696		0,338	0,159	0,179
	2	1,223	"	2,41	2,88	0,832	0,93	0,958	1,088	0,061	0,069
	3	"	2,357	2,88	"	1,193	2,30	1,536	1,958	0,199	0,223
	4	2,357	"	"	"	2,30	"	2,30	2,3	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	1,223	"	2,41	0,832	0,832	1,0880	0,958	0,069	0,061
	7	1,223		2,2		0,696		0,338		-0,179	-0,159
6	1		1,223		2,2		0,696		0,358	0,174	0,174
	2	1,223	"	2,38	2,88	0,818	1,193	0,947	1,087	0,0698	0,0698
	3	"	2,357	2,88	"	1,193	2,3	1,528	1,965	0,219	0,219
	4	2,357	"	"	"	2,30	"	2,30	2,3	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	1,223	"	2,38	1,193	0,818	1,087	0,947	0,0698	0,0698
	7	1,223		2,2		0,696		0,348		-0,174	0,174
5	1		0,831		2,2		0,473		0,236	0,118	0,047
	2	0,831	"	2,38	2,88	0,555	0,810	0,643	0,738	0,047	0,047
	3	"	"	2,88	"	0,810	"	0,810	0,810	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,555	0,738	0,643	-0,047	0,047
	7	"		2,2		0,473		0,236		0,118	0,118

PORTIQUE 2.2 Sous G

Etage	Profil	q_w (t/m)	q_e (t/m)	l'_w (m)	l'_e (m)	M'_w (t.m)	M'_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
4	1		0,8695		2,2	0,582	0,495		0,247	0,124	
	2	0,8695	"	2,38	2,88	0,582	0,849	0,673	0,773	0,0496	
	3	"	"	2,88	"	0,849	"	0,849	0,849	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,582	0,773	0,673	-0,0496	-0,0496
	7	"		2,2		0,495		0,247		0,124	0,124
3	1		0,8695		2,2		0,495		0,247	"	"
	2	0,8695	"	2,38	2,88	0,582	0,849	0,673	0,773	0,0496	0,0496
	3	"	"	2,88	"	0,849	"	0,849	0,849	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,582	0,773	0,673	-0,0496	-0,0496
	7	"		2,2		0,495		0,247		0,124	0,124
2	1	0,9993	0,9993		2,2		0,569		0,284	0,142	0,142
	2	0,9993	0,8923	2,38	2,88	0,668	0,871	0,737	0,813	0,0376	0,0376
	3	0,892		2,88	"	0,871	"	0,871	0,871	0	0
	4	"		"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"		"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"		"	2,2	"	0,595	0,792	0,69	-0,051	-0,051
	7	"		2,2		0,508		0,254		0,127	0,127
1	1										
	2		0,8923		2,88		0,871		0,513	0,234	0,279
	3	0,8923	"	2,916	"	0,993	"	0,8807	0,877	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	0,871	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,39	"	0,579	0,791	0,677	-0,052	-0,062
	7	"		2,2		0,508		0,265		0,121	0,144

PORTIQUE 2.2 Sous P.

Niveau	Mezud	q_w (t/m)	q_e (t/m)	l'_w (m)	l'_e (m)	M'_w (t.m)	M'_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
8	1		0,123		2,2		0,070		0,023		0,023
	2	0,123	"	2,57	2,88	0,0954	0,120	0,109	0,111		0,0058
	3	"	"	2,88	"	0,120	"	0,12	0,12		0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	6	"	"	"	2,57	0,111	0,8134	0,111	0,105		0,0058
	7	"		2,2		0,070		0,023			-0,023
7	1		0,214		2,2		0,122		0,069	0,028	0,031
	2	0,214	"	2,41	2,88	0,146	0,209	0,168	0,19	0,011	0,012
	3	"	"	2,88	"	0,209	"	0,209	0,209	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,41	"	0,146	0,19	0,168	0,012	0,011
	7	"		2,2		0,122		0,059		-0,028	0,031
6	1		0,214		2,2		0,122		0,069	0,03	0,03
	2	0,214	"	2,38	2,88	0,143	0,209	0,163	0,189	0,013	0,013
	3	"	"	2,88	"	0,209	"	0,209	0,209	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,143	"	0,163	0,013	0,013
	7	"		2,2		0,122		0,189		-0,03	0,03
5	1		0,114		2,2		0,0649		0,0324	0,0162	0,0162
	2	0,114	"	2,38	2,88	0,0763	0,112	0,0883	0,1013	0,0065	0,0065
	3	"	"	2,88	"	0,112	"	0,1112	0,1112	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,0763	0,1013	0,0883	-0,0065	-0,0065
	7	"		2,2		0,0649		0,0324		0,0162	0,0162

PORTIQUE 2.2 . Sous P

Niveau	Plan	q _w (t/m)	q _e (t/m)	l' _w (m)	l' _e (m)	M' _w (t·m)	M' _e (t·m)	M _w (t·m)	M _e (t·m)	M _n (t·m)	M _s (t·m)
4	1		0,163		2,2		0,0928		0,0464	0,0232	0,0232
	2	0,163	"	2,38	2,88	0,109	0,159	0,126	0,145	0,0093	0,0093
	3	"	"	2,88	"	0,159	"	0,159	0,159	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,109	0,145	0,126	-0,0093	-0,0093
	7	"	"	2,2		0,0928		0,0464		-0,0232	-0,0232
3	1		0,163		2,2		0,0928		0,0464	0,0232	0,0232
	2	0,163	"	2,38	2,88	0,109	0,159	0,126	0,145	0,0093	0,0093
	3	"	"	2,88	"	0,159	"	0,159	0,159	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,109	0,145	0,126	-0,0093	-0,0093
	7	"	"	2,2		0,0928		0,0464		-0,0232	-0,0232
2	1		0,163		2,2		0,0928		0,0464	0,0232	0,0232
	2	0,163	"	2,38	2,88	0,109	0,159	0,126	0,145	0,0093	0,0093
	3	"	"	2,88	"	0,159	"	0,159	0,159	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,109	0,145	0,126	-0,0093	-0,0093
	7	"	"	2,2		0,0928		0,0464		-0,0232	-0,0232
1	1										
	2		0,26		2,88		0,26		0,149	0,081	0,068
	3	0,26	"	2,946	"	0,26	0,254	0,256	0,256	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,35	"	0,1688	0,231	0,1973	-0,0152	-0,0181
	7	"	"	2,2		0,148		0,0077		0,0353	0,042

PORTIQUE 4.4 Sous G

N°	Niveau	q_w (t/m)	q_e (t/m)	l_w (m)	l_e (m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
8	1		0,9384		2,2		0,5343		0,178		0,178
	2	0,9384	"	2,57	2,88	0,7275	0,9157	0,804	0,848		0,044
	3	"	"	2,88	"	0,9157	"	0,916	0,916		0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	6	"	"	"	2,57	"	0,7275	0,848	0,804		-0,034
	7	"		2,2		0,5343		0,178			0,178
7	1		0,831		2,2		0,473		0,229	0,108	0,122
	2	0,831	"	2,41	2,88	0,565	0,8104	0,651	0,739	0,042	0,047
	3	"	"	2,88	"	0,8104	"	0,735	0,735	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,41	"	0,565	0,739	0,651	-0,0415	-0,047
	7	"		2,2		0,473		0,229		0,108	0,122
6	1		0,831		2,2		0,473		0,236	0,118	0,118
	2	0,831	"	2,38	2,88	0,5554	0,8104	0,643	0,738	0,047	0,047
	3	"	"	2,88	"	0,8104	"	0,8104	0,810	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,5554	0,738	0,643	-0,047	-0,047
	7	"		2,2		0,473		0,236		0,118	0,118
5	1	0,831	0,831		2,2		0,473		0,236	0,118	0,047
	2	0,831	"	2,38	2,88	0,5554	0,8104	0,643	0,738	0,047	0,047
	3	"	"	2,88	"	0,8104	"	0,8104	0,810	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,5554	0,738	0,643	-0,047	0,118
	7	"		2,2		0,473		0,236		0,118	0,118

PORTIQUE 4.4 Sous P

Niveau	Poutre	q_w (t/m)	q_e (t/m)	l'_w (m)	l'_e (m)	M'_w (t.m)	M'_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
8	1		0,065		2,2		0,037		0,0123		0,0123
	2	0,065	"	2,57	2,88	0,0504	0,0643	0,0557	0,0587		0,0031
	3	"	"	2,88	"	0,0643	"	0,0634	0,0634		0
	4	"	"	4	4	"	"	"	"		0
	5	"	"	"	4	"	"	"	"		0
	6	"	"	"	2,57	"	0,0504	0,0587	0,0577		-0,0031
	7	"		2,2		0,037		0,0123			0,0123
7	1		0,114		2,2		0,0649		0,0315	0,0148	0,0167
	2	0,114	"	2,41	2,88	0,0775	0,1112	0,0893	0,1014	0,0057	0,0064
	3	"	"	2,88	"	0,1112	"	0,1112	0,1112	0	0
	4	"	"	4	4	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	4	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,41	"	0,0775	0,1014	0,0893	-0,0057	-0,0064
	7	"		2,2		0,0649		0,0315		0,0148	0,0167
6	1		0,114		2,2		0,0649		0,0324	0,0162	0,0162
	2	0,114	"	2,38	2,88	0,0764	0,1112	0,0883	0,1013	0,0065	0,0065
	3	"	"	2,88	"	0,1112	"	0,1112	0,1112	0	0
	4	"	"	4	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,0764	0,1013	0,0883	-0,0065	-0,0065
	7	"		2,2		0,0649		0,0324		0,0162	0,0162
5	1		0,144		2,2		0,0649		0,0324	0,0162	0,0162
	2	0,144	"	2,38	2,88	0,0764	0,1112	0,0883	0,1013	0,0065	0,0065
	3	"	"	2,88	"	0,1112	"	1,1112	1,1112	0	0
	4	"	"	4	4	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	4	4	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,0764	0,1013	0,0883	-0,0065	-0,0065
	7	"		2,2		0,0649		0,0324		0,0162	0,0162

PORTIQUE 1.1 Sous G.

Niveau	Niveau	q_w (t/m)	q_e (t/m)	M'_w (t.m)	M'_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_s (t.m)	M_n (t.m)
8	1		0,912		0,519		0,173	0,173	
	2	0,912	"	0,707	0,8899	0,781	0,824	0,043	
	3	"	"	0,8899	"	0,89	0,89	0	
	4	"	"	"	"	"	"	0	
	5	"	"	"	"	"	"	0	
	6	"	"	"	0,707	0,824	0,781	-0,043	
	7	"		0,519		0,1728		-0,173	
7	1		1,812		1,032		0,501	0,265	0,236
	2	1,812	"	1,233	1,768	1,4195	1,612	1,019	0,0906
	3	"	"	1,768	"	1,768	1,768	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	0,854	1,768	0,581	1,422	0,995	-0,226	-0,201
	7	0,854		0,486		0,2359		-0,125	-0,111
6	1		1,812		1,032		0,515	0,258	0,258
	2	1,812	"	1,212	1,768	1,403	1,61	0,1034	0,1034
	3	"	"	1,768	"	1,768	1,768	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	0,854	1,768	0,581	1,43	0,983	-0,223	-0,223
	7	0,854		0,486		0,243		-0,1214	-0,1214
5	1		1,812		1,032		0,515	0,258	0,258
	2	1,812	"	1,212	1,768	1,403	1,61	0,1034	0,1034
	3	"	"	1,768	"	1,768	1,768	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	0,92	"	0,571	1,43	0,983	-0,223	-0,223
	7	0,92		0,461		0,243		-0,1214	-0,1214

PORTIQUE 1.1 Sous G.

N°	Niveau	q _w (t/m)	q _e (t/m)	Q _w (t)	k _w	a _w (m)	Q _e (t)	k _e	a _e (m)	M' _w (t.m)	M' _e (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _s (t.m)	M _n (t.m)
1		0,697					0,37	0,157	0,575	0,7461			0,373	0,186	0,186
								0,174	1,15						
								0,098	1,725						
								0	2,3						
2		0,697	0,697	0,37	0,15	0,575	0,37	0,11	0,6	0,8828	1,2343	1,004	1,134	0,065	0,065
					0,1784	1,15		0,1809	1,2						
					0,12	1,725		0,1521	1,8						
					0,024	2,3		0,077	2,4						
3	"	"	"	"	0,11	0,6	"	0,11	0,6	1,2343	"	1,234	1,234	0	0
					0,1809	1,2		0,1809	1,2						
					1,521	1,8		0,1521	1,8						
					0,077	2,4		0,077	2,4						
4	"	"	"	"	0,11	0,6	"	0,11	0,6	"	"	"	"	0	0
					0,1809	1,2		0,1809	1,2						
					0,1521	1,8		0,1521	1,8						
					0,077	2,4		0,077	2,4						
5	"	1,831	"	"	0,11	0,6	"	0,11	0,6	1,2343	1,7867	1,401	1,62	0,109	0,109
					0,1809	1,2		0,1809	1,2						
					0,1521	1,8		0,1521	1,8						
					0,077	2,4		0,077	2,4						
6		1,831	0,697				0,37	0,15	0,575	1,7867	0,8828	1,53	1,194	-0,168	-0,168
								0,1784	1,15						
								0,12	1,725						
								0,024	2,3						
7		0,697		0,37	0,157	0,575				0,7461			0,373	-0,186	-0,186
					0,174	1,15									
					0,098	1,725									
					0	2,3									

N.B : niveau 3 et 4 sont identiques.

PORTIQUE 1.1 Sous G.

Niveau	Niveau	q _w (t/m)	q _e (t/m)	Q _w (t)	K _w	z _w (m)	Q _e (t)	k _e	z _e (m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _s (t.m)	M _n (t.m)
	1														
	2		2,56								2,56		1,515	0,824	0,691
	3	2,56	0,71							2,56	0,693	2,0	1,26	-0,37	-0,37
2	4	0,71	0,697	0,37			0,37	0,11	0,6	2,498	1,234	2,13	1,602	-0,287	-0,241
								0,181	1,2						
								0,1521	1,8						
								0,077	2,4						
								0	3,4						
2	5	0,697	1,831	0,37			0,37	0,11	0,6	1,234	1,787	1,395	1,626	0,125	0,105
								0,181	1,2						
								0,1521	1,8						
								0,077	2,4						
								0	3,0						
2	6	1,831	0,697	0,37			0,37	0,157	0,575	1,787	0,845	1,529	1,156	-0,20	-0,168
								0,174	1,15						
								0,098	1,725						
								0	2,3						
2	7	0,697		0,37			0,37	0,157	0,575	0,746		0,39		-0,212	0,178
								0,174	1,15						
								0,098	1,725						
								0	2,3						

N.B : Le niveau 1 n'existe pas pour le portique 1-1 de même que pour la travée 1-2 du niveau 2

PORTIQUE 1.1 sous P.

Niv	Abord	q _w (t/m)	q _e (t/m)	l _w (m)	l _e (m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)
8	1		0,0325		2,2		0,019		0,006		0,006
	2	0,0325	"	2,57	2,88	0,025	0,032	0,028	0,0294		0,0016
	3	"	"	2,88	"	0,032	"	0,0347	0,0347		0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"		0
	6	"	"	"	2,57	"	0,025	0,0294	0,028		
	7	"		2,2		0,019		0,006			0,006
7	1		0,057		2,2		0,033		0,0157	0,0074	0,0083
	2	0,057	"	2,41	2,88	0,039	0,056	0,045	0,051	0,0032	0,008
	3	"	"	2,88	"	0,056	"	0,056	0,056	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,41	"	0,039	0,051	0,045	-0,003	
	7	"		2,2		0,033		0,0157		-0,0074	-0,0083
6	1		0,057		2,2		0,033		0,0163	0,0083	0,0074
	2	0,057	"	2,38	2,88	0,038	0,056	0,044	0,051	0,003	0,003
	3	"	"	2,88	"	0,056	"	0,056	0,056	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,038	0,051	0,044	-0,003	-0,003
	7	"		2,2		0,033		0,0163		-0,0081	-0,0081
5	1		0,057		2,2		0,032		0,0163	0,0083	0,0074
	2	0,057	"	2,38	2,88	0,038	0,056	0,044	0,051	0,003	0,003
	3	"	"	2,88	"	0,056	"	0,056	0,056	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,038	0,051	0,044	-0,003	-0,003
	7	"		2,2		0,032		0,0163		-0,0081	-0,0081

PORTIQUE 1.1 Sous P.

Niveau	Nœud	q_w (t/m)	q_e (t/m)	l_w (m)	l_e (m)	M'_w (t.m)	M'_e (t.m)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
4	1		0,082		2,2		0,0467		0,0233	0,1166	0,1166
	2	0,082	"	2,38	2,88	0,0548	0,08	0,0635	0,0729	0,0047	0,0047
	3	"	"	2,88	"	0,08	"	0,08	0,08	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	0,08	0,0548	0,0729	0,0635	-0,0047	-0,0047
	7	"		2,2		0,0467		0,0233		-0,1166	-0,1166
3	1		0,082		2,2		0,0467		0,0233	0,1166	0,1166
	2	0,082	"	2,38	2,88	0,0548	0,08	0,0635	0,0729	0,0047	0,0047
	3	"	"	"	"	0,08	"	0,08	0,08	0	0
	4	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	5	"	"	"	"	"	"	"	"	0	0
	6	"	"	"	2,38	"	0,0548	0,0729	0,0635	-0,0047	-0,0047
	7	"		2,2		0,0467		0,0233		-0,1166	-0,1166
2	1										
	2		2,56		2,88		2,498		1,415	0,7074	0,7074
	3	2,56	0,71	2,916	"	2,498	0,693	1,957	1,24	-0,358	-0,358
	4	0,71	0,697	2,88	"	"	1,234	2,13	1,602	-0,287	-0,241
	5	0,697	1,831	"	"	1,234	1,787	1,395	1,626	0,125	0,105
	6	1,831	0,697	"	2,916	1,787	0,697	1,456	1,024	-0,216	-0,216
	7	0,697		2,2		0,746		0,39		-0,212	-0,178

PORTIQUE III-III Sous G

Niveau	File	M _{1w} (t.m)	M _{1e} (t.m)	M _{2w} (t.m)	M _{2e} (t.m)	M _{3n} (t.m)	M _{3s} (t.m)
4	1		9,482		8,052	4,026	4,026
	2	9,482	8,675	8,377	8,809	-0,296	-0,296
	3	8,675	5,807	8,215	6,36	-1,015	-1,015
	4	5,807	4,033	5,539	4,355	-0,592	-0,592
	5	4,033		3,17		-1,585	-1,585
3	1		9,482		8,052	4,026	4,026
	2	9,482	8,675	9,377	8,809	-0,296	-0,296
	3	8,675	5,807	8,215	6,36	-1,015	-1,015
	4	5,807	4,033	5,539	4,355	-0,592	-0,592
	5	4,033		3,17		-1,585	-1,585
2	1		9,984		8,478	4,239	4,239
	2	9,984	9,134	9,873	9,25	-0,312	-0,312
	3	9,134	6,115	8,738	6,60	-1,069	-1,069
	4	6,115	4,246	5,832	4,586	-0,623	-0,623
	5	4,246		3,338		-1,669	-1,669
1	1		9,984		8,592	3,02	4,671
	2	9,984	9,134	9,88	9,242	-0,291	-0,347
	3	9,134	6,115	8,763	6,569	-1,001	-1,193
	4	6,115	4,246	5,849	4,565	-0,586	-0,698
	5	4,246		3,401		-1,552	-1,849

PORTIQUE III III Sous P

Niveau	FILE	M _{1w} (t.m)	M _{1e} (t.m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	M _n (t.m)	M _s (t.m)
4	1		3,58		3,04	1,52	1,52
	2	3,58	3,28	3,541	3,321	-0,11	-0,11
	3	3,28	2,20	3,138	2,373	-0,382	-0,382
	4	2,20	1,52	2,097	1,643	-0,227	-0,227
	5	1,52		1,195		-0,597	-0,597
3	1		3,58		3,04	1,52	1,52
	2	3,58	3,28	3,541	3,321	-0,11	-0,11
	3	3,28	2,20	3,138	2,373	-0,382	-0,382
	4	2,20	1,52	2,097	1,643	-0,227	-0,227
	5	1,52		1,195		-0,597	-0,597
2	1		3,58		3,04	1,52	1,52
	2	3,58	3,28	3,541	3,321	-0,11	-0,11
	3	3,28	2,20	3,138	2,373	-0,382	-0,382
	4	2,20	1,52	2,097	1,643	-0,227	-0,227
	5	1,52		1,195		-0,597	-0,597
1	1		5,74		4,94	2,254	2,686
	2	5,74	5,25	5,68	5,397	-0,168	-0,20
	3	5,25	3,51	5,036	3,772	-0,577	-0,687
	4	3,51	2,44	3,358	2,623	-0,335	-0,40
	5	2,44		1,954		0,892	1,063

PORTIQUE IIIIII Sous G

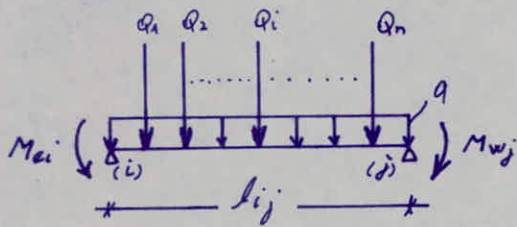
Niveau	File	M _{1w} (t.m)	M _{1e} (t.m)	M _{2w} (t.m)	M _{2e} (t.m)	M _{3n} (t.m)	M _{3s} (t.m)
8	1		11,002		8,12		8,12
	2	11,002		8,12			-8,12
	3		6,74		4,64		4,64
	4	6,74	4,68	6,27	5,24		-1,03
	5	4,68		3,03			-3,03
7	1		16,75		14,091	6,661	7,493
	2	16,75		14,101		-6,636	-7,465
	3		6,74		5,43	2,557	2,864
	4	6,74	7,13	6,80	7,052	0,119	0,134
	5	7,13		5,53		-2,603	-2,928
6	1		16,75		14,227	7,111	7,111
	2	16,75		14,23		-7,113	-7,113
	3		6,738		5,492	2,746	2,746
	4	6,738	7,13	6,798	7,055	0,129	0,129
	5	7,13		5,60		-2,80	-2,80
5	1		8,62		7,322	3,661	3,66
	2	8,62	7,89	8,53	7,988	-0,269	-0,269
	3	7,89	5,28	7,55	5,699	-0,923	-0,923
	4	5,28	3,67	5,04	3,96	-0,538	-0,538
	5	3,67		2,88		-1,441	-1,441

PORTIQUE III III Sous P.

Niveau	F.L.C.	M _{1w} (t.m)	M _{1e} (t.m)	M _{2w} (t.m)	M _{2e} (t.m)	M ₃ (t.m)	M ₅ (t.m)
8	1		1,434		1,058		1,058
	2	1,434		1,058			"
	3		0,878		0,863		0,863
	4	0,878	0,61	0,817	0,683		-0,134
	5	0,61		0,395			0,395
7	1	2,509	2,509		2,112	0,998	1,422
	2	2,509		2,112		0,994	1,118
	3	1,537	1,537		1,239	0,583	0,656
	4	1,537	1,067	1,463	1,156	-0,145	-0,163
	5	1,067		0,828		0,39	0,438
6	1		2,509		2,131	1,065	1,065
	2	2,509		2,131		"	"
	3		1,537		1,253	0,626	0,626
	4	1,537	1,067	1,466	1,152	-0,157	-0,157
	5	1,067		0,839		0,419	0,419
5	1		2,509		2,131	1,065	1,065
	2	2,509	1,54	2,383	1,672	-0,713	-0,713
	3	1,54	1,537	1,54	1,537	-0,010	-0,010
	4	1,537	1,067	1,466	1,152	-0,157	-0,157
	5	1,067		0,839		0,419	0,419

Efforts tranchants dans les Poutres.

Dans le cas de plusieurs travées, les efforts tranchants d'appui sont calculés, en considérant la travée indépendante isostatique, par la méthode générale applicable aux poutres continues en faisant état des moments de continuité (définis et calculés précédemment) et des charges qui lui sont appliquées



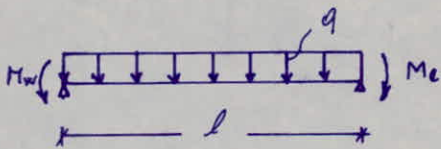
$$T_{ei} = T_{eio} + \frac{|M_{ei}| - |M_{wj}|}{l_{ij}}$$

$$T_{wj} = T_{wjo} + \frac{|M_{wj}| - |M_{ei}|}{l_{ij}}$$

T_{eio}, T_{wjo} : représentent les efforts tranchants isostatiques dus à q et Q_i

Dans notre cas on aura :

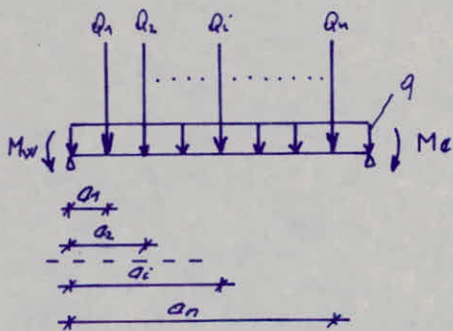
①



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

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

②



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

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

Sachant que $\circ T_{wio} = q \frac{l}{2} + \sum Q_i - \frac{\sum Q_i a_i}{l}$

et $T_{eio} = q \frac{l}{2} + \frac{\sum Q_i a_i}{l}$

-R23-

PORTIQUE TRANSVERSAL 1-1

Niv	Nœud	l	Sous G				Sous P					
			q	M _w	M _e	T _w	T _e	q	M _w	M _e	T _w	T _e
8	1-2	2,750	0,9120	0,1728	0,7810	1,0328	-1,4752	0,0325	0,0062	0,0280	0,0360	0,0820
	2-3	3,60	"	0,8240	0,8899	1,6233	-1,6399	"	0,0294	0,0317	0,0580	0,0590
	3-4	"	"	0,8899	"	1,6416	-1,6416	"	0,0377	"	0,0590	-0,0590
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,8240	1,6599	-1,6233	"	"	0,0294	0,0590	0,0580
	6-7	2,75	"	0,7810	0,1728	1,4752	-1,0328	"	0,0280	0,0062	0,0520	0,0360
7	1-2	2,75	1,8120	1,5006	1,4199	2,1574	-2,8257	0,0570	0,0157	0,0447	0,0680	0,0890
	2-3	3,60	"	1,6127	1,7682	3,2182	-3,3050	"	0,0507	0,0556	0,1010	-0,1040
	3-4	"	"	1,7682	"	3,2616	-3,2616	"	0,0556	"	0,1030	-0,1030
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	1,4222	3,3577	2,0315	"	"	0,5070	0,1040	-0,1010
	6-7	2,75	0,8540	0,9953	0,2359	1,4504	-0,8981	"	0,0447	0,0157	0,0890	-0,0680
6	1-2	2,75	1,8120	0,5154	1,4030	2,1687	-2,8143	0,0570	0,0163	0,0449	0,0680	-0,0880
	2-3	3,60	"	1,6098	1,7682	3,2176	-3,3056	"	0,0506	0,0556	0,1010	-0,1040
	3-4	"	"	1,7682	"	3,2615	-3,2616	"	0,0556	"	0,1030	-0,1030
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	1,4275	3,3562	-3,1670	"	"	0,0506	0,1040	-0,1010
	6-7	2,75	0,8540	0,9826	0,2429	1,4432	-0,9053	"	0,0447	0,0163	0,0880	-0,0680
5	1-2	2,75	1,8120	0,5154	1,4030	2,1687	-2,8143	0,0570	0,0163	0,0441	0,0680	-0,0880
	2-3	3,60	"	1,608	1,7682	3,2176	-3,3056	"	0,0506	0,0556	0,1010	-0,9040
	3-4	"	"	1,7682	"	3,2616	-3,2616	"	0,0556	"	0,1030	-0,1030
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	1,4275	3,3562	-3,1670	"	"	0,0506	0,1040	-0,1010
	6-7	2,75	0,9200	0,9826	0,2429	1,4432	-0,9053	"	0,0441	0,0163	0,0880	-0,0680

PORTIQUE TRANSVERSAL 2-2

Sous G								Sous P				
Niv	Nœud	ℓ (m)	q (e)	M _w	M _e	T _w	T _e	q	M _w	M _e	T _w	T _e
8	1-2	2,75	0,9383	0,1784	0,804	1,0628	-1,5178	0,065	0,0123	0,0557	0,0736	0,1051
	2-3	3,60	"	0,848	0,916	1,6702	-1,7080	"	0,0587	0,0634	0,1157	-0,1183
	3-4	"	"	0,916	"	-1,6891	-1,6891	"	0,0634	"	0,1170	-0,1170
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,848	1,7080	-1,6702	"	"	0,0587	0,1183	-0,1157
	6-7	2,75	"	0,804	0,1784	1,5178	-1,0628	"	0,0557	0,0123	0,1051	-0,0736
7	1-2	2,75	0,8305	0,2294	0,651	0,9886	-1,2952	0,114	0,0315	0,0893	0,1357	-0,1778
	2-3	3,6	"	0,739	0,739	1,4960	-1,4938	"	0,1014	0,1112	0,2025	-0,2079
	3-4	"	"	0,735	"	1,4949	-1,4949	"	0,1112	"	0,2052	-0,2052
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,739	1,4938	-1,4960	"	"	0,1014	0,2079	-0,2025
	6-7	2,75	"	0,6510	0,2294	1,2952	-0,9886	"	0,0893	0,0315	0,1778	-0,1357
6	1-2	2,75	0,8305	0,2362	0,6431	0,9940	-1,2899	0,114	0,0324	0,0883	0,1364	-0,1771
	2-3	3,60	"	0,758	0,8104	1,4748	-1,5150	"	0,1013	0,1112	0,2024	-0,2080
	3-4	"	"	0,8104	"	1,4949	-1,4949	"	0,1112	"	0,2052	-0,2052
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,738	1,5150	-1,4748	"	"	0,1013	0,2080	-0,2024
	6-7	2,75	"	0,6431	0,2362	1,2899	-0,9940	"	0,0883	0,0324	0,1771	-0,1364
5	1-2	2,75	0,8305	0,2362	0,6431	0,9940	-1,2899	0,114	0,0324	0,0883	0,1364	-0,1771
	2-3	3,60	0,8305	0,738	0,8104	1,4748	-1,5150	"	0,1013	0,1112	0,2024	-0,2080
	3-4	"	"	0,8104	"	1,4949	-1,4949	"	0,1112	"	0,2052	-0,2052
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,738	1,5150	-1,4748	"	"	0,1013	0,2080	-0,2024
	6-7	2,75	"	0,6431	0,2362	1,2899	-0,9940	"	0,0883	0,0324	0,1771	0,1364

- 126 -

PORTIQUE TRANSVERSAL 2-2

		Sous G						Sous P				
Niv	Trajee	l	q	M _w	M _e	T _w	T _e	q	M _w	M _e	T _w	T _e
4	1-2	2,75	0,8695	0,2473	0,6733	1,0407	-1,3505	0,163	0,0464	0,1262	0,1951	-0,2531
	2-3	3,6	"	0,7725	0,8485	1,5440	-1,5862	"	0,1448	0,1591	0,2894	-0,2974
	3-4	"	"	0,8485	"	1,5651	-1,5651	"	0,1591	"	0,2934	-0,2934
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,7725	1,5862	-1,544	"	"	0,1448	0,2974	-0,2894
	6-7	2,75	"	0,6733	0,2473	1,3505	-1,0407	"	0,1262	0,0464	0,2531	-0,1951
3	1-2	2,75	0,8695	0,2473	0,6733	1,0407	-1,3505	0,163	0,0464	0,1262	0,1951	-0,2531
	2-3	3,60	"	0,7725	0,8485	1,544	-1,5862	"	0,1448	0,1595	0,2894	-0,2974
	3-4	"	"	0,8485	"	1,5651	-1,5651	"	0,1591	"	0,2934	-0,2934
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,7725	1,5862	-1,544	"	"	0,1448	0,2974	-0,2894
	6-7	2,75	"	0,6733	0,2473	1,3505	-1,0407	"	0,1262	0,0464	0,2531	-0,1951
2	1-2	2,75	0,9993	0,2842	0,7378	1,2091	-1,539	0,163	0,0464	0,1262	0,1951	-0,2531
	2-3	3,60	0,8923	0,8131	0,8707	1,5907	-1,6221	"	0,1448	0,1591	0,2894	-0,2974
	3-4	"	"	0,8707	"	1,6061	-1,6061	"	0,1591	"	0,2934	-0,2934
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,7923	1,6279	-1,5844	"	"	0,1448	0,2974	-0,2894
	6-7	2,75	"	0,6899	0,2538	1,3855	-1,0683	"	0,1262	0,0464	0,2531	-0,1951
1	1-2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2-3	3,60	0,8923	0,513	0,8770	1,505	-1,707	0,26	0,149	0,258	0,438	-0,498
	3-4	"	"	0,8770	0,8707	1,609	-1,603	"	0,256	0,2537	0,454	0,482
	4-5	"	"	0,8707	"	"	"	"	0,2537	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,791	1,6283	-1,5840	"	"	0,2305	0,4744	-0,4616
	6-7	2,75	"	0,677	0,2654	1,3766	-1,0772	"	0,1973	0,0077	0,4011	-0,3139

PORTIQUE TRANSVERSAL 4.4

		Sous G						Sous P				
Niv	Nœud	l	q	M _w	M _e	T _w	T _e	q	M _w	M _e	T _w	T _e
8	1-2	2,75	1,312	0,747	1,017	1,706	-1,902	0,123	0,023	0,105	0,139	-0,199
	2-3	3,60	"	1,280	1,280	2,038	-2,038	"	0,111	0,120	0,219	-0,224
	3-4	"	"	1,280	"	"	"	"	0,120	"	0,227	0,227
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"	"	0,111	0,224	-0,219
	6-7	2,75	"	1,017	0,747	1,902	-1,706	"	0,105	0,023	0,199	-0,139
7	1-2	2,75	1,223	0,338	0,958	1,456	-1,907	0,214	0,059	0,168	0,255	-0,334
	2-3	3,60	"	1,088	1,536	2,077	-2,326	"	0,190	0,209	0,380	-0,3910
	3-4	"	2,357	1,958	2,30	4,148	-4,338	"	0,209	"	0,385	-0,385
	4-5	"	"	2,30	"	4,243	-4,243	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	1,088	4,579	-3,906	"	"	0,190	0,391	-0,380
	6-7	2,75	1,223	0,958	0,338	1,907	-1,456	"	0,168	0,059	0,334	-0,255
6	1-2	2,75	1,223	0,348	0,947	1,469	-1,899	0,214	0,059	0,168	0,255	-0,334
	2-3	3,60	"	1,087	1,528	2,079	-2,324	"	0,190	0,209	0,380	-0,391
	3-4	"	2,357	1,965	2,300	4,150	-4,336	"	0,209	"	0,385	-0,385
	4-5	"	"	2,300	"	4,243	-4,243	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	1,087	2,538	-1,864	"	"	0,190	0,391	-0,380
	6-7	2,75	1,223	0,947	0,348	1,899	-1,464	"	0,168	0,059	0,334	-0,255
5	1-2	2,75	0,8305	0,2362	0,6431	0,994	-1,2899	0,114	0,0324	0,0083	0,1364	-0,1771
	2-3	3,60	"	0,738	0,8104	1,4748	-1,5150	"	0,1013	0,1112	0,2024	-0,2080
	3-4	"	"	0,8104	"	1,4949	-1,4949	"	0,1112	"	0,2052	-0,2052
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	"	0,738	1,5150	-1,4748	"	"	0,1013	0,2080	-0,2024
	6-7	2,75	"	0,6431	0,2362	1,2899	-0,9940	"	0,0883	0,0324	0,1771	-0,1364

SOUS G								SOUS P							
Niv	Poutre	g	l	$M_{(i-1)g}$ (t.m)	$M_{i,w}$ (t.m)	$T_{e(i-1)}$ (t)	$T_{w,i}$ (t)	g	M_0 (t.m)	$M_{(i-1)g}$ (t.m)	$M_{i,w}$ (t.m)	M_e (t.m)	θ	$T_{e(i-1)}$ (t)	$T_{w,i}$ (t)
8	1-2	3,069	6,90	8,11885	8,11885	-10,5881	10,5881	0,40	2,381	1,058	1,058	1,323		1,380	1,380
	2-3	0	6,60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	"	5,40	4,6353	6,2707	-7,9835	8,5892	"	1,458	0,863	0,817	0,618		1,072	1,0885
	4-5	"	4,50	5,2403	3,02978	-7,3965	6,4140	"	1,013	0,683	0,395	0,474	0,836	0,964	
7	1-e	4,673	6,90	14,0909	14,10087	-16,1204	16,1233	0,70	4,166	2,112	2,112	2,054		2,415	2,415
	2-3	0	6,60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	3,539	5,40	5,1332	6,7990	-9,3024	9,8082	"	2,552	1,230	1,463	1,201		1,932	1,849
	4-5	4,673	4,50	7,0520	5,5310	-10,8523	10,1763	"	1,772	1,156	0,828	0,780		1,502	1,648
6	1-2	4,673	6,90	14,2265	14,2259	-16,1323	16,1321	0,70	4,166	2,131	2,131	2,035		2,415	2,415
	2-3	0	6,60	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	3,539	5,40	5,4923	6,7967	-9,3137	9,7969	"	2,552	1,253	1,466	1,193		1,920	1,851
	4-5	4,673	4,50	7,0547	5,6004	-10,8374	10,1911	"	1,772	1,152	0,839	0,777		1,505	1,645
5	1-2	2,405	6,90	7,3215	8,5258	-8,1227	8,4718	0,70	4,166	2,131	2,383	1,909		2,452	2,378
	2-3	"	6,60	7,9878	7,5453	-8,0035	7,8695	"	3,812	1,672	1,540	2,206		2,290	2,330
	3-4	"	5,40	5,6992	5,0362	-6,6163	6,3707	"	2,552	4,837	1,466	1,051		1,877	1,903
	4-5	"	4,50	3,9599	2,8823	-5,6507	5,1718	"	1,772	1,152	0,839	0,777		1,505	1,645

PORTIQUE III III (Suite)

Niv	Poutre	SOUS G						SOUS P							
		g	ℓ	M_{i-1}^e (t.m)	$M_{i,w}$ (t)	$T_{e,i-1}$ (t)	$T_{w,i}$ (t)	g	M_0 (t.m)	M_{i-1}^e (t.m)	$M_{i,w}$	M_e (t.m)	g	$T_{e,i-1}$ (t)	$T_{w,i}$ (t)
4	1-2	2,645	6,90	8,0521	9,3766	-8,9333	9,3172	1,60	5,951	3,040	3,541	2,661		3,523	3,377
	2-3	"	6,60	8,8093	8,2145	-8,8186	8,6384	"	5,445	3,321	3,138	2,216		3,272	3,328
	3-4	"	5,40	6,360	5,5388	-7,2936	6,9894	"	3,645	2,373	2,097	1,410		2,649	2,751
	4-5	"	4,50	4,3551	3,1699	-6,2146	5,6879	"	2,531	1,643	1,195	1,112		2,150	2,350
3	1-2	2,645	6,90	8,0521	9,3766	-8,9333	9,3172	1,60	5,951	3,040	3,541	2,661		3,523	3,370
	2-3	"	6,60	8,8093	8,2145	-8,8186	8,6384	"	5,445	3,321	3,138	2,216		3,272	3,328
	3-4	"	5,40	6,360	5,5388	-7,2936	6,9894	"	3,645	2,373	2,097	1,410		2,649	2,751
	4-5	"	4,50	4,3551	3,1699	-6,2146	5,6879	"	2,531	1,643	1,195	1,12		2,150	2,350
2	1-2	2,785	6,90	8,4783	9,8729	-9,40673	9,8104	1,60	5,951	3,040	3,541	2,661		3,523	3,377
	2-3	"	6,60	9,2499	8,7375	-9,2681	9,1129	"	5,445	3,321	3,138	2,216		3,272	3,328
	3-4	"	5,40	6,5996	5,8319	-7,6677	7,3773	"	3,645	2,373	2,097	1,410		2,649	2,751
	4-5	"	4,50	4,5856	3,3377	-6,5436	5,9889	"	2,531	1,643	1,195	1,112		2,150	2,350
1	1-2	2,785	6,90	8,5915	9,8802	-9,4215	9,7950	1,60	9,522	4,940	5,680	4,212		5,627	5,413
	2-3	"	6,60	9,2423	8,7627	-9,2632	9,1178	"	8,712	5,397	5,036	3,496		5,225	5,335
	3-4	"	5,40	6,5688	5,8489	-7,6528	7,3862	"	5,832	3,772	3,358	2,267		4,243	4,397
	4-5	"	4,50	4,5652	3,4013	-6,5249	6,0076	"	4,050	2,623	1,954	1,762		3,451	3,749

SUR LES PORTIQUES

methode de MUTO

I- INTRODUCTION

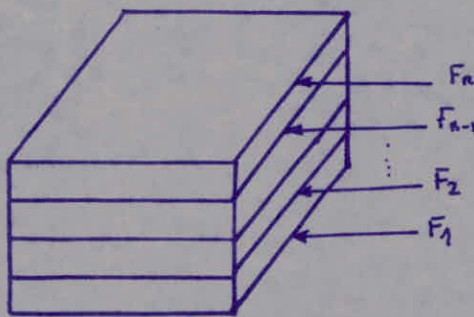
On appliquera pour cela "La méthode de Muto" qui nous permet en une première étape de distribuer les efforts tranchants dans les niveaux correspondants, des différents portiques et une deuxième étape, d'en déduire les moments fléchissants dans les poteaux et poutres.

1- Effort tranchant d'étage (j) : T_j

C'est la somme des forces agissant au dessus de l'étage (j) considéré, soit :

$$T_j = \sum_{i=j}^{i=n} F_i \quad (1) \quad \text{Pour un bâtiment composant } n \text{ étages}$$

avec F_i : force sismique appliquée à l'étage (i), du Bâtiment.



2- Effort tranchant de niveau (j) : T_j

C'est la somme des forces agissant au dessus du niveau (j) considéré, soit :

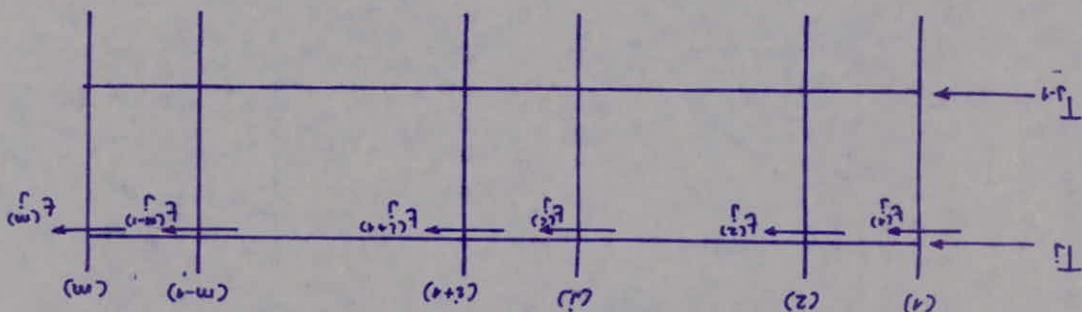
$$T_j = \sum_{i=j}^{i=n} f_i \quad (2) \quad \text{Pour un portique composant } n \text{ niveaux}$$

avec f_i : force appliquée au niveau (i) du portique.

$$z_j^{(i)} = \frac{\delta_j^{(i)}}{f_j^{(i)}} \quad (4)$$

Par définition la rigidité du poteau (i) est donnée par :

Soit $f_j^{(i)}$: part de l'effort tranchant de niveau T_j revenant au poteau (i) du niveau (j) considéré.

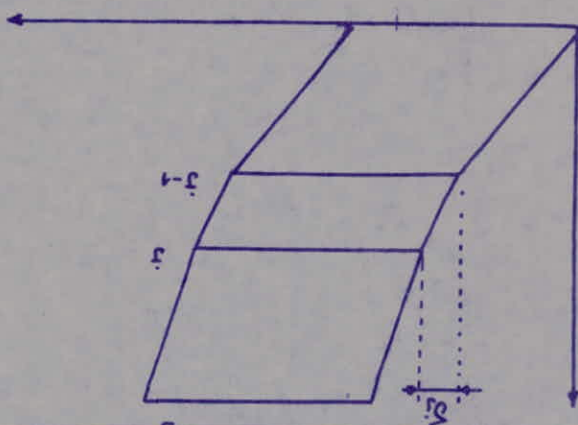


b) - Rigidité d'un poteau appartenant à un niveau (j) :

$$R_i = \frac{\delta_j}{T_j} \quad (3)$$

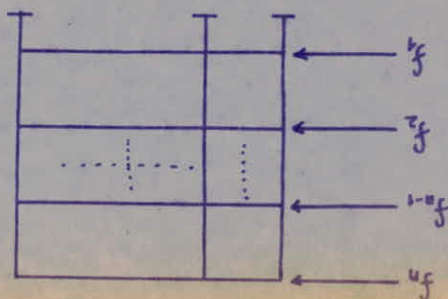
a) - Définition : La rigidité relative de niveau R_i représente l'effort tranchant de niveau T_j qui produit un déplacement relatif de niveau égal à 1 unité.

4 - Rigidité relative du niveau R_i d'un Portique :



3 - Déplacement relatif de niveau :

nous appelons déplacement relatif de niveau δ_j , le déplacement d'un plancher (j) par rapport au plancher immédiatement inférieur (j-1).



c) Expression de La rigidité relative de niveau (j) en fonction de Celles des poteaux du niveau considéré :

On a :

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

Soit :

$$R_j = \sum_{i=1}^m z_j^{(i)} \quad (5)$$

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

9- Calcul de La rigidité de niveau R_j :

La déformée d'un portique à plusieurs niveaux sous l'action des forces horizontales peut être décomposée en trois composantes :

- Un déplacement de translation dû à la déformation de flexion des poteaux en supposant les poutres infiniment rigides (δ_j^A).
- Un déplacement dû à la rotation des nœuds en fonction de la rigidité réelle des poutres (δ_j^B).
- Un déplacement de console dû aux déformations axiales relatives de poteaux tendus respectivement comprimés (δ_j^C).

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

δ_j^C est négligeable pour un portique qui ne dépasse pas 15 niveaux.

$$\delta_j \approx \delta_j^A + \delta_j^B \approx \left(1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A}\right) \delta_j^A$$

Soit $\delta_j = f_j \cdot \delta_j^A$ avec $f_j = 1 + \frac{\delta_j^B}{\delta_j^A}$

d'où la rigidité relative de niveau, en tenant compte de la flexibilité des poutres :

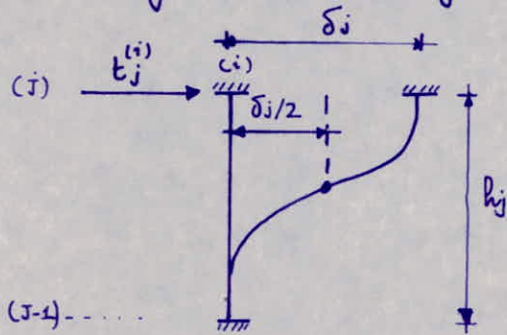
$$R_j = \frac{T_j}{\delta_j} = \frac{T_j}{\delta_j^A} \left(\frac{1}{f_j}\right) = a_j \frac{T_j}{\delta_j^A}$$

Soit $R_j = a_j \cdot \frac{T_j}{\delta_j^{\infty}}$, or $\frac{T_j}{\delta_j^{\infty}} = R_j^{\infty}$: rigidité relative de niveau avec poutres infiniment rigides.

cà d $R_j = a_j \cdot R_j^{\infty}$ (6) avec : $a_j = \frac{1}{f_j}$

a_j : est un Coefficient de Correction ≤ 1

a) - Rigidité Corrigée d'un poteau (i) du niveau (j) :



$Z_j^{(i)\infty}$: rigidité du poteau (i) du niveau (j) supposé encastré à ses 2 extrémités (avec poutres infiniment rigides).

$$Z_j^{(i)\infty} = \frac{T_j^{(i)}}{\delta_j} = \frac{12 E I_j^{(i)}}{h_j^3} = 12 \frac{E}{h_j^2} \frac{I_j^{(i)}}{h_j}$$

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

$I_j^{(i)}$: Moment d'inertie du poteau (i) par rapport à un axe passant par le Centre de gravité de la section du poteau et perpendiculaire à $T_j^{(i)}$.

h_j : hauteur d'étage (j).

$$Z_j^{(i)\infty} = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot K_j^{(i)}$$

La rigidité corrigée du poteau (i) du niveau (j) en tenant compte de la flexibilité des poutres sera donnée par :

$$Z_j^{(i)} = a_j \cdot Z_j^{(i)\infty} = a_j \cdot \frac{12 E}{h_j^2} \cdot K_j^{(i)}$$

Soit :

$$Z_j^{(i)} = \frac{12 E}{h_j^2} \cdot a_j \cdot K_j^{(i)} \quad (7)$$

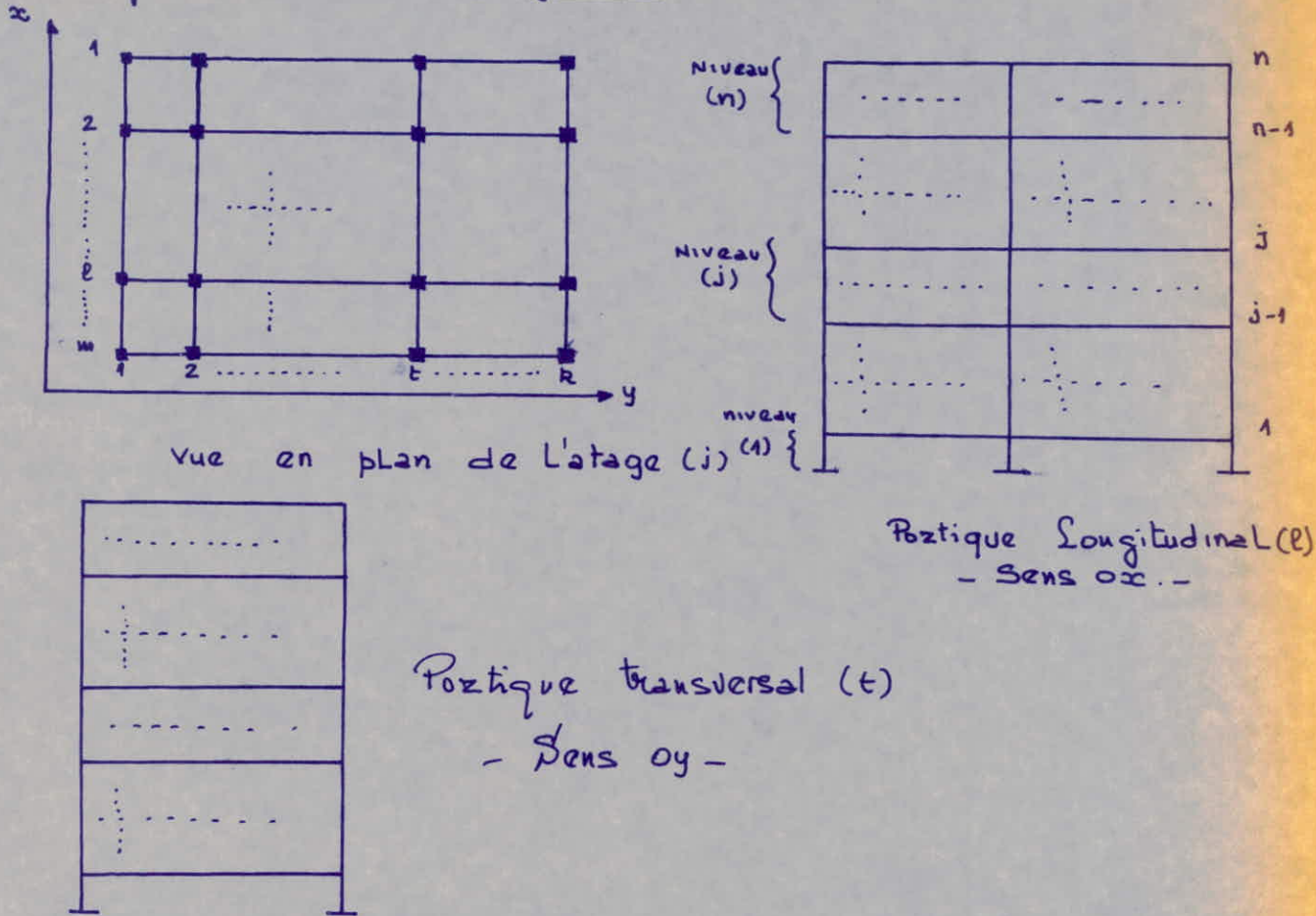
b) Rigidité relative de niveau Corrigée d'un portique :

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

en général tous les poteaux d'un même niveau ont la même hauteur d'où :

$$R_j = \frac{12 E}{h_j^2} \sum_{i=1}^{i=m} a_j \cdot K_j^{(i)} \quad (8)$$

6. Rigidité relative d'étage (j) : R_j



Par définition La rigidité relative de l'étage (j) sera donnée par :

- dans le sens ox : $R_{jx} = \sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)}$ (10)

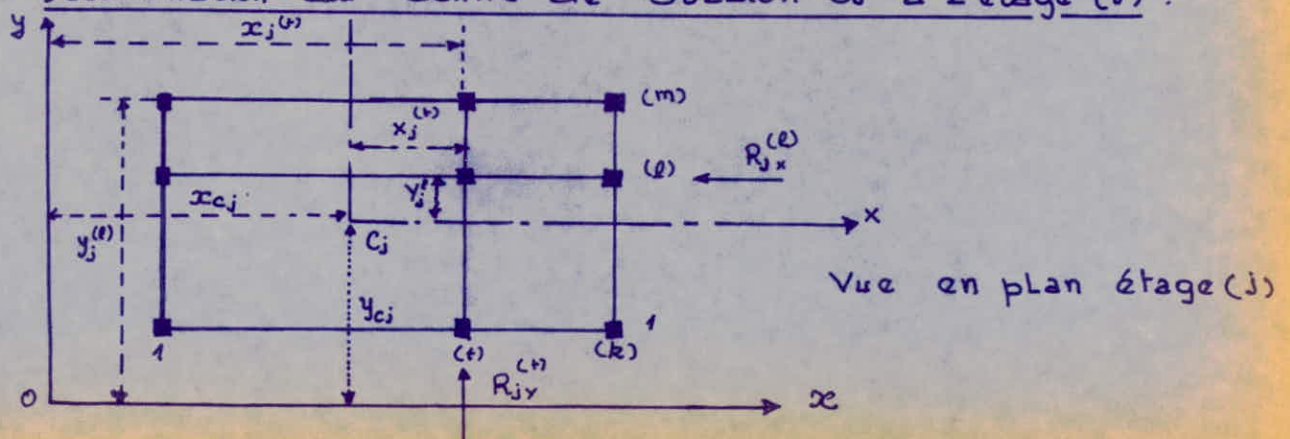
- dans le sens oy : $R_{jy} = \sum_{t=1}^{t=n} R_{jy}^{(t)}$ (11)

avec :

$R_{jx}^{(l)}$: Rigidité relative de niveau (j) du portique longitudinal courant (l).

$R_{jy}^{(t)}$: Rigidité relative de niveau (j) du portique transversal courant (t).

7. Détermination du Centre de Coession C_j à l'étage (j) :



Soit oxy un repère avec ox et oy parallèles aux directions principales du bâtiment et O un point quelconque.

Les coordonnées (x_{cj}, y_{cj}) du Centre de Coersion C_j de l'étage (j) par rapport à oxy sont données par :

$$x_{cj} = \frac{\sum_{k=1}^{k=m} R_{jy}^{(k)} \cdot x_j^{(k)}}{\sum_{l=1}^{l=m} R_{jy}^{(l)}} ; \quad y_{cj} = \frac{\sum_{k=1}^{k=m} R_{jx}^{(k)} \cdot y_j^{(k)}}{\sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)}}$$

formule du barycentre

$$x_{cj} = \frac{\sum I_{x_i}^{(j)} \cdot x_j}{\sum I_{x_i}^{(j)}} ; \quad y_{cj} = \frac{\sum I_{y_i}^{(j)} \cdot y_j}{\sum I_{y_i}^{(j)}}$$

8 - Détermination de l'effort tranchant de niveau T_j revenant à chaque portique transversal ou Longitudinal :

Considérons dans tout ce qui suit le niveau un repère (C_j, x, y) .

Soit $x_j^{(t)}$: distance entre le portique (t) et le point C_j .
 $y_j^{(l)}$: " " " " " " " " " " " "

a) Rigidité à la Coersion de l'étage (j) :

Par définition la rigidité à la Coersion de l'étage (j) est donnée par :

$$R_{j0} = \sum_{t=1}^{t=k} R_{jy}^{(t)} \cdot [x_j^{(t)}]^2 + \sum_{l=1}^{l=m} R_{jx}^{(l)} \cdot [y_j^{(l)}]^2 \quad (13)$$

b) Détermination des T_j dans les différents portiques transversaux ou Longitudinaux :

La force résultante F_j due aux Seisme (ou au vent) appliquée au plancher (j) passe par le point G_j :
 - Centre de gravité du plancher (j) pour le cas du Seisme
 Soient :

Z_{jx} : effort tranchant de l'étage (j) dans le sens x
 Z_{jy} : " " " " " " " " " " " "

i) - Un effort tranchant $T_{jx}^{(l)}$ de niveau (j) , dans un portique longitudinal (l) quelconque donné par :

$$T_{jx}^{(l)} = Z_{jx} \frac{R_{jx}^{(l)}}{R_{j0}} + Z_{jy} \frac{R_{jx}^{(l)} \cdot y_j^{(l)}}{R_{j0}} \quad (14)$$

ii) - Un effort tranchant $T_{jy}^{(t)}$ de niveau (j) , dans un portique transversal (t) quelconque donné par :

$$T_{jy}^{(t)} = \frac{Z_{jx} \cdot y_G}{R_{j0}} \cdot R_{jy}^{(t)} \cdot x_j^{(t)} \quad (15)$$

Sous l'action de Z_{ij} , on obtient des expressions analogues, soient :

$$T_{jy}^{(1)} = Z_{jy} \frac{R_{jy}^{(1)}}{Z_{jy}} + Z_{jy} \frac{R_{jy}^{(1)} \cdot X_j^{(1)}}{Z_{j0}} \cdot X_G \quad (16)$$

$$T_{jx}^{(e)} = Z_{jx} \frac{R_{jx}^{(e)} \cdot Y_j^{(e)}}{Z_{j0}} \cdot X_G \quad (17)$$

II- PRINCIPE DE LA METHODE DE MUTO

A- Cas des poteaux articulés ou encastrés à leurs bases :

Les idées de base de cette méthode sont les suivantes :

- 1- L'effort tranchant T_j de niveau (j) revenant à un portique quelconque (donné par les formules 14 ou 16) est distribué aux poteaux proportionnellement aux rigidités de niveaux corrigées. En effet sous l'action de l'effort tranchant T_j de niveau (j), le déplacement relatif de niveau δ_j peut être calculé avec la formule :

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

Et comme tous les poteaux d'un même niveau doivent avoir le même déplacement δ_j .

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

$$\frac{t_j^{(1)}}{Z_j^{(1)}} = \frac{t_j^{(2)}}{Z_j^{(2)}} = \dots = \frac{t_j^{(i)}}{Z_j^{(i)}} = \dots = \frac{t_j^{(m)}}{Z_j^{(m)}} = \frac{T_j}{R_j}$$

d'où
$$t_j^{(i)} = \frac{Z_j^{(i)}}{R_j} \cdot T_j = \frac{Z_j^{(i)}}{\sum Z_j^{(i)}} T_j$$

ou
$$Z_j^{(i)} = \frac{12 E \cdot a_j^{(i)}}{h_j^3} \cdot K_j^{(i)}$$

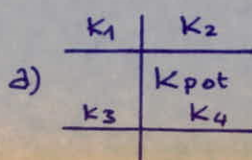
dans le cas où les poteaux ont la même hauteur, on tire :

$$t_j^{(i)} = \frac{a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)}}{\sum_{i=1}^n a_j^{(i)} \cdot K_j^{(i)}} \cdot T_j \quad (20) \quad (K_j = \frac{I_j^{(i)}}{h_j})$$

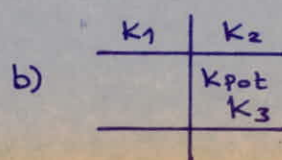
Muto propose comme valeurs des Coefficients de Correction a_j , les valeurs suivantes :

1^{er} Cas : étage courant :

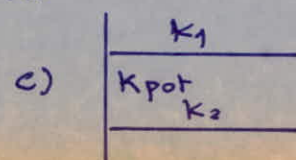
$$a_j = \frac{K}{2+K} \quad (21) \quad \text{avec } K = \frac{\sum K_{\text{poutre}}}{2 K_{\text{pot}}}$$



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

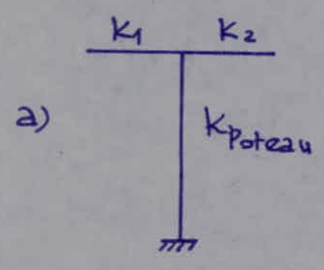


$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{2 K_{\text{pot}}}$$

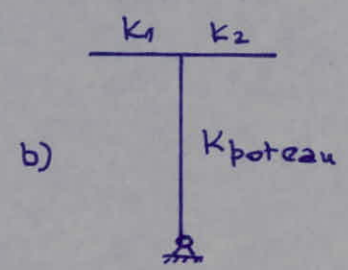


$$K = \frac{K_1 + K_2}{2 K_{\text{pot}}}$$

2^{ème} Cas : premier niveau (R.D.C)



$$a_j = \frac{0,5 + \bar{K}}{2 + \bar{K}} \quad (22)$$

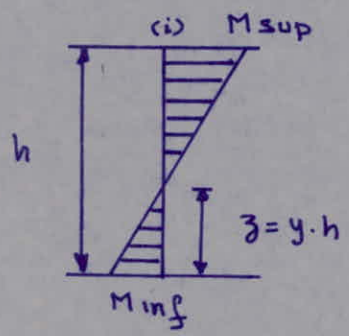


$$a_j = \frac{0,5 \bar{K}}{1 + 2\bar{K}} \quad (23)$$

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

Nota : Les Coefficients \$a_j\$ sont donnés en fonction de \$\bar{K}\$ dans le tableau n°1 pour les 2 cas.

2. La position du point d'inflexion est donnée en fonction des caractéristiques du portique :



$$y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

La position du point de moment nul est donnée par :

$$z = y \cdot h = (y_0 + y_1 + y_2 + y_3) \cdot h$$

\$y_0\$: Coefficient donné par les tableaux en fonction de \$\bar{K}\$, du nombre total de niveau que compose le portique, et du numéro du niveau - (tableau n°2) -

\$y_1\$: terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire (\$I/L\$) des poutres supérieures et inférieures est donné par le tableau n°4 en fonction de \$\alpha_1\$ et \$\bar{K}\$.

$$\alpha_1 = \frac{K_1 + K_2}{K_3 + K_4} = \frac{\sum K_{poutres\ sup}}{\sum K_{poutres\ inf}}$$

\$y_2\$: Terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage, de l'étage supérieur adjacent, est donné par le tableau n°5 en fonction de \$\alpha_2\$ et \$\bar{K}\$ (pour le dernier niveau \$y_2 = 0\$)

$$\alpha_2 = \frac{h_{inf}}{h}$$

y_3 : Terme de correction dû à la variation de la hauteur de l'étage inférieur adjacent, est donné par le tableau n° 5 en fonction de α_3 et R (pour le 1er niveau $y_3 = 0$)

$$\alpha_3 = \frac{h_{inj}}{h}$$

3. Calcul des Moments:

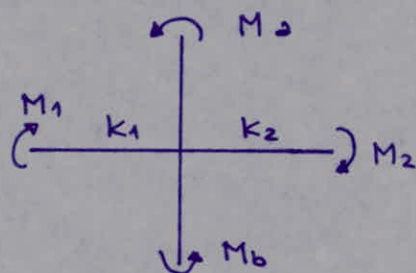
a) Moments dans Les Poteaux:

Les moments à l'extrémité inférieure (M_{inf}) et à l'extrémité supérieure (M_{sup}) d'un poteau courant soumis à l'effort tranchant t sont obtenus à partir du coefficient y relatif à ce poteau:

$$M_{inf} = t \cdot y \cdot h = t \cdot z$$

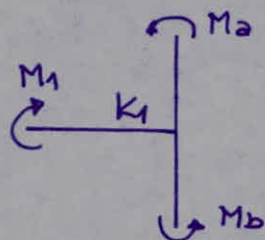
$$M_{sup} = t(1-y) \cdot h = (z-h) \cdot t$$

b) Moments dans Les poutres:



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

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



$$M_1 = M_2 + M_b$$

PORTIQUE 1-1 (transversal) - 140 -
 Moments fléchissants.

	PROFIL	$\frac{a_j - K_j}{b_0}$	T_j	t_i	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = y \cdot h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}	M_w	M_e
	1	0,0814	7,712	0,63	0,45	0	0	0	0,45	1,93	0,96	1,87	1,17	-	1,17
	2	0,185		1,43	"	"	"	"	"	"	2,18	"	2,67	1,493	1,17
	3	0,156		1,20	"	"	"	"	"	"	1,84	"	2,24	1,12	1,12
8	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	1,12
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		1,43	"	"	"	"	"	"	2,18	"	2,67	1,177	1,493
	7	0,0814		0,63	"	"	"	"	"	"	0,96	"	1,17	1,17	-
	1	0,0814		14,81	1,21	"	"	"	"	"	1,53	1,84	1,87	2,26	-
	2	0,185	2,74		0,50	"	"	"	0,50	1,7	4,66	1,7	4,66	3,824	3,02
	3	0,156	2,31		"	"	"	"	"	"	3,93	"	3,93	2,89	2,89
7	4	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185	2,74		"	"	"	"	"	"	4,66	"	4,66	3,02	3,824
	7	0,0814	1,21		0,45	"	"	"	0,45	"	1,84	"	1,84	2,8	-
	1	0,0814	20,71	1,69	0,50	"	"	"	0,50	1,7	2,87	"	2,87	-	4,71
	2	0,185		3,83	"	"	"	"	"	"	6,51	"	6,51	6,24	4,92
	3	0,156		3,23	"	"	"	"	"	"	5,49	"	5,49	4,71	4,71
6	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		3,83	"	"	"	"	"	"	6,51	"	6,51	4,93	6,24
	7	0,0814		1,69	"	"	"	"	"	"	2,87	"	2,87	4,71	-
	1	0,0814	26,80	2,18	"	"	"	"	"	1,7	3,71	1,7	3,71	-	6,58
	2	0,185		4,96	"	"	"	"	"	"	8,43	"	8,43	8,35	6,59
	3	0,156		4,18	"	"	"	"	"	"	7,11	"	7,11	6,3	6,3
5	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		4,96	"	"	"	"	"	"	8,43	"	8,43	6,59	8,35
	7	0,0814		2,18	"	"	"	"	"	"	3,71	"	3,71	6,58	-

PORTIOUE 1-1
(suite)

ORDRE	$\frac{a_j - k_j}{a_0}$	T_j	t_j	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = y^h$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}	M_w	M_e
1	0,0814	33,52	2,73	0,50	0	0	0	0,50	1,7	4,64	1,7	4,64	-	8,35
2	0,185		6,20	"	"	"	"	"	"	10,54	"	10,54	10,604	8,37
3	0,156		5,23	"	"	"	"	"	"	8,89	"	8,89	8,00	8,0
4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	0,185		6,20	"	"	"	"	"	"	10,54	"	10,54	8,37	10,604
7	0,0814		2,73	"	"	"	"	"	"	4,64	"	4,64	8,35	-
1	0,0814	39,45	3,21	"	"	"	"	"	1,7	5,46	1,7	5,46	-	10,10
2	0,185		5,30	"	"	"	"	"	"	12,41	"	12,41	12,83	10,12
3	0,156		6,15	"	"	"	"	"	"	10,46	"	10,46	9,68	9,68
4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	0,185		5,30	"	"	"	"	"	"	12,41	"	12,41	10,12	12,83
7	0,0814		3,21	"	"	"	"	"	"	5,46	"	5,46	10,1	-
1	0,0814	44,23	3,26	"	"	"	"	"	1,7	6,12	1,7	6,12	-	11,58
2	0,185		8,18	"	"	"	"	"	"	13,91	"	13,91	14,71	11,61
3	0,156		6,9	"	"	"	"	"	"	11,73	"	11,73	11,10	11,10
4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	0,185		8,18	"	"	"	"	"	"	13,91	"	13,91	11,61	14,71
7	0,0814		3,6	"	"	"	"	"	"	6,12	"	6,12	11,58	-
1	0,744	46,79	3,81	0,60	"	"	"	0,60	1,77	6,16	1,18	4,11	-	10,23
2	0,156		8,66	0,55	"	"	"	0,55	1,623	11,86	1,327	9,70	13,22	10,39
3	0,18		7,3	"	"	"	"	"	"	13,63	"	11,15	11,44	11,44
4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6	0,185		8,66	"	"	"	"	"	"	11,86	"	9,70	10,39	13,22
7	0,0744		3,81	0,60	"	"	"	0,60	1,77	6,16	1,18	4,11	10,23	-

PORTIQUE 2-2 (transversal)
Moments fléchissants

	canion	$\frac{a_i - K_i}{b_0}$	T_j	t_j	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = y^h$	M_{inf}	$h-z$	M_{sup}	M_w	M_e	
	1	0,0814	8,164	0,66	0,45	0	0	0	0,45	1,53	1,01	1,87	1,23	—	1,23	
	2	0,185		1,51	"	"	"	"	"	"	"	2,31	"	2,82	1,58	1,24
	3	0,156		1,27	"	"	"	"	"	"	"	1,94	"	2,37	1,19	1,19
8	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		1,51	"	"	"	"	"	"	"	2,31	"	2,32	1,24	1,58
	7	0,0814		0,66	"	"	"	"	"	"	"	1,01	"	1,23	1,23	—
	1	0,0814	15,639	1,27	0,45	"	"	"	0,45	1,53	1,94	1,87	2,37	—	3,38	
	2	0,185		2,89	0,5	"	"	"	0,5	1,7	4,91	1,7	4,91	4,04	3,18	
	3	0,156		2,44	"	"	"	"	"	"	4,15	"	4,15	3,05	3,05	
7	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	0,185		2,89	"	"	"	"	"	"	4,91	"	4,91	3,18	4,04	
	7	0,0814		1,27	0,45	"	"	"	0,45	1,53	1,94	"	2,37	3,38	—	
	1	0,0814	21,87	1,78	0,5	"	"	"	0,5	1,7	3,03	1,7	3,03	—	4,97	
	2	0,185		4,05	"	"	"	"	"	"	6,88	"	6,88	6,59	5,20	
	3	0,156		3,41	"	"	"	"	"	"	5,8	"	5,8	4,98	4,98	
6	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	0,185		4,05	"	"	"	"	"	"	6,88	"	6,88	5,20	6,59	
	7	0,0814		1,78	"	"	"	"	"	"	3,03	"	3,03	4,97	—	
	1	0,0814	26,80	2,18	0,5	"	"	"	0,5	1,7	3,71	1,7	3,71	—	6,74	
	2	0,185		4,96	"	"	"	"	"	"	8,43	"	8,43	8,56	6,75	
	3	0,156		4,18	"	"	"	"	"	"	7,11	"	7,11	6,46	6,46	
5	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	6	0,185		4,96	"	"	"	"	"	"	8,43	"	8,43	6,75	8,56	
	7	0,0814		2,18	"	"	"	"	"	"	3,71	"	3,71	6,74	—	

PORTIQUE 2-2
(Suite)

Ordre	$\frac{a_j - K_j}{b_j}$	T_j	t_j	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = y^b$	M_{inf}	$h - z$	M_{sur}	M_w	M_e	
4	1	0,0814	33,52	2,73	0,5	0	0	0	0,5	1,7	4,64	1,7	4,64	—	8,35
	2	0,185		6,2	"	"	"	"	"	"	10,54	"	10,54	10,6	8,37
	3	0,156		5,23	"	"	"	"	"	"	8,89	"	8,89	8,0	8,0
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		6,2	"	"	"	"	"	"	10,54	"	10,54	8,37	10,6
	7	0,0814		2,73	"	"	"	"	"	"	4,64	"	4,64	8,35	—
3	1	0,0814	39,45	3,21	0,5	"	"	"	0,5	1,7	5,46	1,7	5,46	—	10,1
	2	0,185		7,3	"	"	"	"	"	"	12,41	"	12,41	12,83	10,12
	3	0,156		6,15	"	"	"	"	"	"	10,46	"	10,46	9,68	9,68
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		7,3	"	"	"	"	"	"	12,41	"	12,41	10,12	12,83
	7	0,0814		3,21	"	"	"	"	"	"	5,46	"	5,46	10,1	—
2	1	0,0814	44,23	3,6	0,5	"	"	"	0,5	1,7	6,12	1,7	6,12	—	11,58
	2	0,185		8,18	"	"	"	"	"	"	13,91	"	13,91	14,71	11,61
	3	0,156		6,9	"	"	"	"	"	"	11,73	"	11,73	11,10	11,10
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		8,18	"	"	"	"	"	"	13,91	"	13,91	11,61	14,71
	7	0,0814		3,6	"	"	"	"	"	"	6,12	"	6,12	11,58	—
1	1	0,0744	46,79	3,48	0,6	"	"	"	0,6	1,77	6,16	1,18	4,11	—	10,23
	2	0,126		7,39	0,55	"	"	"	0,55	1,623	11,86	1,327	9,7	13,22	10,39
	3	0,18		8,4	"	"	"	"	"	"	13,63	"	11,15	11,44	11,44
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,185		7,39	"	"	"	"	"	"	11,86	"	9,7	13,22	10,39
	7	0,0744		3,48	0,6	"	"	"	0,6	1,77	6,16	1,18	4,11	10,23	—

PORTIQUE 4-4 (transversal)
Moments Fléchissants

	$\frac{a_j - K_j}{b_0}$	T_j	t_i	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z=y \cdot h$	M_{inf}	$h-z$	M_{sup}	M_w	M_e	
8	1	0,0814	7,748	0,631	0,49	0	0	0	0,49	1,53	0,969	1,87	1,18	1,18	
	2	0,189		1,433	"	"	"	"	"	"	2,192	"	2,68	1,5	"
	3	0,156		1,209	"	"	"	"	"	"	1,85	"	2,261	1,13	1,13
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,189		1,433	"	"	"	"	"	"	2,192	"	2,68	1,18	1,50
	7	0,0814		0,631	"	"	"	"	"	"	0,969	"	1,18	"	—
	8	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
7	1	0,0814	14,876	1,211	0,49	"	"	"	0,49	1,53	1,853	1,87	2,244	3,21	
	2	0,189		2,752	0,5	"	"	0	0,5	1,7	4,679	1,7	4,679	3,84	3,03
	3	0,156		2,321	"	"	"	"	"	"	3,945	"	3,945	2,90	2,90
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,189		2,752	"	"	"	"	"	"	4,679	"	4,679	3,03	3,84
	7	0,0814		1,211	0,49	"	"	"	0,49	1,53	1,853	1,87	2,244	3,21	—
6	1	0,0814	20,803	1,693	0,5	"	"	"	0,5	1,7	2,879	1,7	2,879	4,73	
	2	0,189		3,849	"	"	"	"	"	"	6,543	"	6,543	6,27	4,95
	3	0,156		3,249	"	"	"	"	"	"	5,517	"	5,517	4,73	4,73
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,189		3,849	"	"	"	"	"	"	6,543	"	6,543	4,95	6,27
	7	0,0814		1,693	"	"	"	"	"	"	2,879	"	2,879	4,73	—
5	1	0,0814	27,76	2,26	0,5	"	"	"	0,5	1,7	3,841	1,7	3,841	6,72	
	2	0,189		5,136	"	"	"	"	"	"	8,731	"	8,731	8,54	6,74
	3	0,156		4,331	"	"	"	"	"	"	7,362	"	7,362	6,44	6,44
	4	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	6	0,189		5,136	"	"	"	"	"	"	8,731	"	8,731	6,74	8,54
	7	0,0814		2,26	"	"	"	"	"	"	3,841	"	3,841	6,72	—

PORTIQUE 4-4
(suite)

$\frac{a_j - k_j}{L_0}$	T_j	t_i	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = yh$	M_{inf}	$h-z$	M_{sup}	M_w	M_a
1 0,0814	34,68	2,82	0,5	0	0	0	0,5	1,7	4,8	1,7	4,8	-	8,64
2 0,185		6,42	"	"	"	"	"	"	10,91	"	10,91	10,98	8,66
3 0,156		5,41	"	"	"	"	"	"	9,2	"	9,2	8,28	8,28
4 4 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 0,185		6,42	"	"	"	"	"	"	10,91	"	10,91	8,66	10,98
7 0,0814		2,82	"	"	"	"	"	"	9,2	"	9,2	8,64	-
1 0,0814	40,82	3,323	0,5	"	"	"	0,5	1,7	5,65	1,7	5,65	-	10,45
2 0,185		7,55	"	"	"	"	"	"	12,84	"	12,84	13,27	10,47
3 0,156		6,37	"	"	"	"	"	"	10,83	"	10,83	10,01	10,01
3 4 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 0,185		7,55	"	"	"	"	"	"	12,84	"	12,84	10,47	13,27
7 0,0814		3,23	"	"	"	"	"	"	5,65	"	5,65	10,45	-
1 0,0814	45,76	3,73	0,5	"	"	"	0,5	1,7	6,33	1,7	6,33	-	11,98
2 0,185		8,47	"	"	"	"	"	"	14,39	"	14,39	15,22	12,01
3 0,156		7,14	"	"	"	"	"	"	12,14	"	12,14	11,48	11,48
2 4 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 0,185		8,47	"	"	"	"	"	"	14,39	"	14,39	12,01	15,22
7 0,0814		3,73	"	"	"	"	"	"	6,33	"	6,33	11,98	-
1 0,0744	49,23	3,66	0,6	"	"	"	0,5	1,7	6,48	1,7	6,48	-	10,63
2 0,156		7,69	0,55	"	"	"	"	"	12,49	"	12,49	13,77	10,82
3 0,18		8,84	"	"	"	"	"	"	14,34	"	14,34	11,93	11,93
1 4 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
5 "		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
6 0,156		7,69	"	"	"	"	"	"	12,49	"	12,49	10,82	13,77
7 0,0744		3,66	0,6	"	"	"	"	"	6,48	"	6,48	10,63	-

Portique III-III (Longitudinal)

	$a_j - k_j$ b_0	T_j	t_j	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z = yh$	M_{inf}	$h - z$	M_{sup}	M_w	M_e
8	1 0,5	3,06	1,51	0,20	0	0	0	0,2	0,68	-1,03	2,72	4,14	—	4,11
	2 0,5		1,51	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4,11	—
	3 0,25		0,76	0,25	"	"	"	0,25	0,89	-0,65	2,55	1,94	—	1,94
	4 0,46		1,37	0,35	"	"	"	0,35	1,19	-1,63	2,21	3,03	1,39	1,64
	5 0,29		0,88	0,30	"	"	"	0,3	1,02	-0,90	2,38	2,09	2,09	—
7	1 0,5	6,23	3,12	0,35	0,05	"	"	0,4	1,36	-4,24	2,04	6,36	—	7,39
	2 0,5		3,12	"	"	"	"	"	"	"	"	"	7,39	—
	3 0,25		1,56	"	0	"	"	0,35	1,19	-1,86	2,21	3,45	—	4,10
	4 0,46		2,87	0,45	"	"	"	0,45	1,53	-4,39	1,87	5,37	3,22	3,78
	5 0,29		1,81	0,4	"	"	"	0,4	1,36	-2,46	2,04	3,69	4,59	—
6	1 0,5	9,29	4,65	0,4	0,05	"	"	0,45	1,53	-7,11	1,87	8,70	—	12,94
	2 0,5		4,65	"	"	"	"	"	"	"	"	"	12,94	—
	3 0,25		2,32	"	0	"	"	0,4	1,36	-3,16	2,04	4,34	—	6,2
	4 0,46		4,27	0,45	"	"	"	0,45	1,53	-6,53	1,87	7,98	5,68	6,69
	5 0,29		2,69	"	"	"	"	"	"	-4,12	"	5,03	7,49	—
5	1 0,13	14,44	1,88	0,45	0,05	"	"	0,5	1,7	-3,20	1,7	3,2	—	10,31
	2 0,18		2,60	0,45	0,15	"	"	0,6	2,04	-5,30	1,36	3,54	5,22	5,43
	3 0,21		3,03	0,45	0,1	"	"	0,55	1,87	-5,67	1,53	4,64	3,55	4,25
	4 0,29		4,19	0,45	0	"	"	0,45	1,53	-6,41	1,87	7,84	6,80	7,77
	5 0,18		2,60	0,45	0	"	"	"	"	-3,98	"	4,84	8,98	—

	$a_j - k_j$ b_0	T_j	t_j	y_0	y_1	y_2	y_3	y	$z=yh$	M_{inf}	$h-z$	M_{sup}	M_w	M_e
4	1 0,13	20,89	2,72	0,45	0,05	0	0	0,5	1,7	-4,62	1,7	4,62	-	7,82
	2 0,21		4,39	0,80	0	"	"	"	"	-7,46	"	7,46	6,25	6,51
	3 0,23		4,80	0,5	"	"	"	"	"	-8,16	"	8,16	6,29	7,54
	4 0,26		5,43	"	"	"	"	"	"	-9,23	"	9,23	7,19	8,45
	5 0,17		3,55	0,45	"	"	"	0,45	1,53	-5,43	1,87	6,64	10,62	-
3	1 0,13	27,40	3,56	0,5	0,05	"	"	0,55	1,87	6,66	1,53	5,45	-	10,07
	2 0,21		5,75	"	0	"	"	0,5	1,7	-9,78	1,7	9,78	8,44	8,80
	3 0,23		6,30	"	"	"	"	"	"	-10,71	"	10,71	8,58	10,29
	4 0,26		7,12	"	"	"	"	"	"	-12,1	"	12,10	9,80	11,53
	5 0,17		4,66	"	"	"	"	"	"	-7,92	"	7,92	13,35	-
2	1 0,13	34,02	4,42	0,55	0,05	"	"	0,6	2,04	-9,02	1,36	6,01	-	12,67
	2 0,21		7,14	0,5	0	"	"	0,5	1,7	-12,14	1,7	12,14	10,74	11,18
	3 0,23		7,82	"	"	"	"	"	"	-13,29	"	13,29	10,91	13,09
	4 0,26		8,85	"	"	"	"	"	"	-15,05	"	15,05	12,47	14,68
	5 0,17		5,78	0,55	"	"	"	0,55	1,87	-10,81	1,53	8,84	16,76	-
1	1 0,13	39,90	5,19	0,9	"	0,05	"	0,95	3,23	-16,76	0,17	0,88	-	9,90
	2 0,21		8,38	"	"	0	"	0,9	3,06	-25,64	0,34	2,85	7,34	7,65
	3 0,23		9,18	0,7	"	"	"	0,7	2,38	-21,85	1,02	9,36	10,3	12,35
	4 0,26		10,37	0,65	"	"	"	0,65	2,21	-22,92	1,19	12,34	12,49	14,9
	5 0,17		6,78	0,75	"	"	"	0,75	2,55	-17,30	0,85	5,76	16,57	-

Diagramme des Moments - Portique 1-1

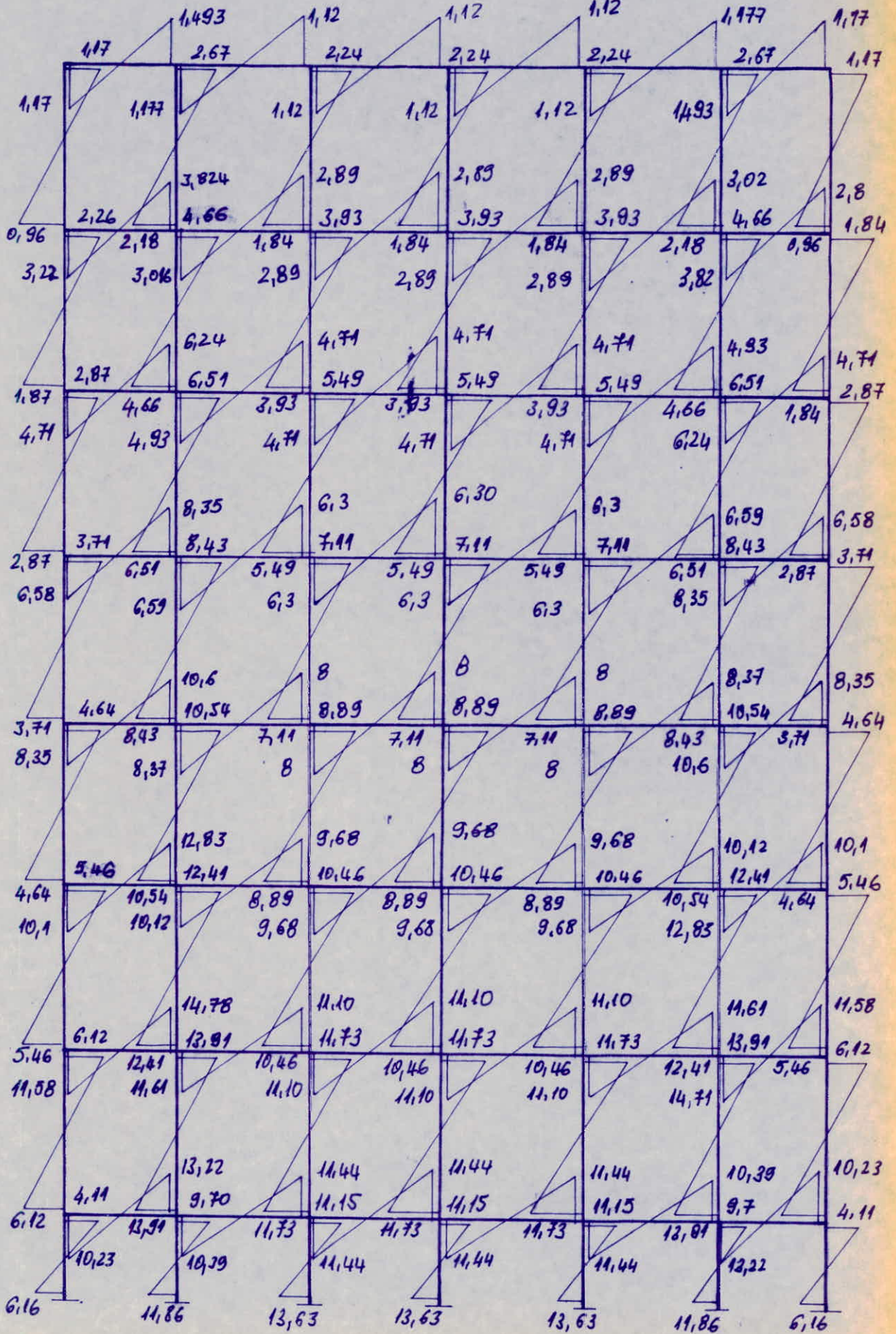


Diagramme des Moments sous S_H

-Portique 2-2-

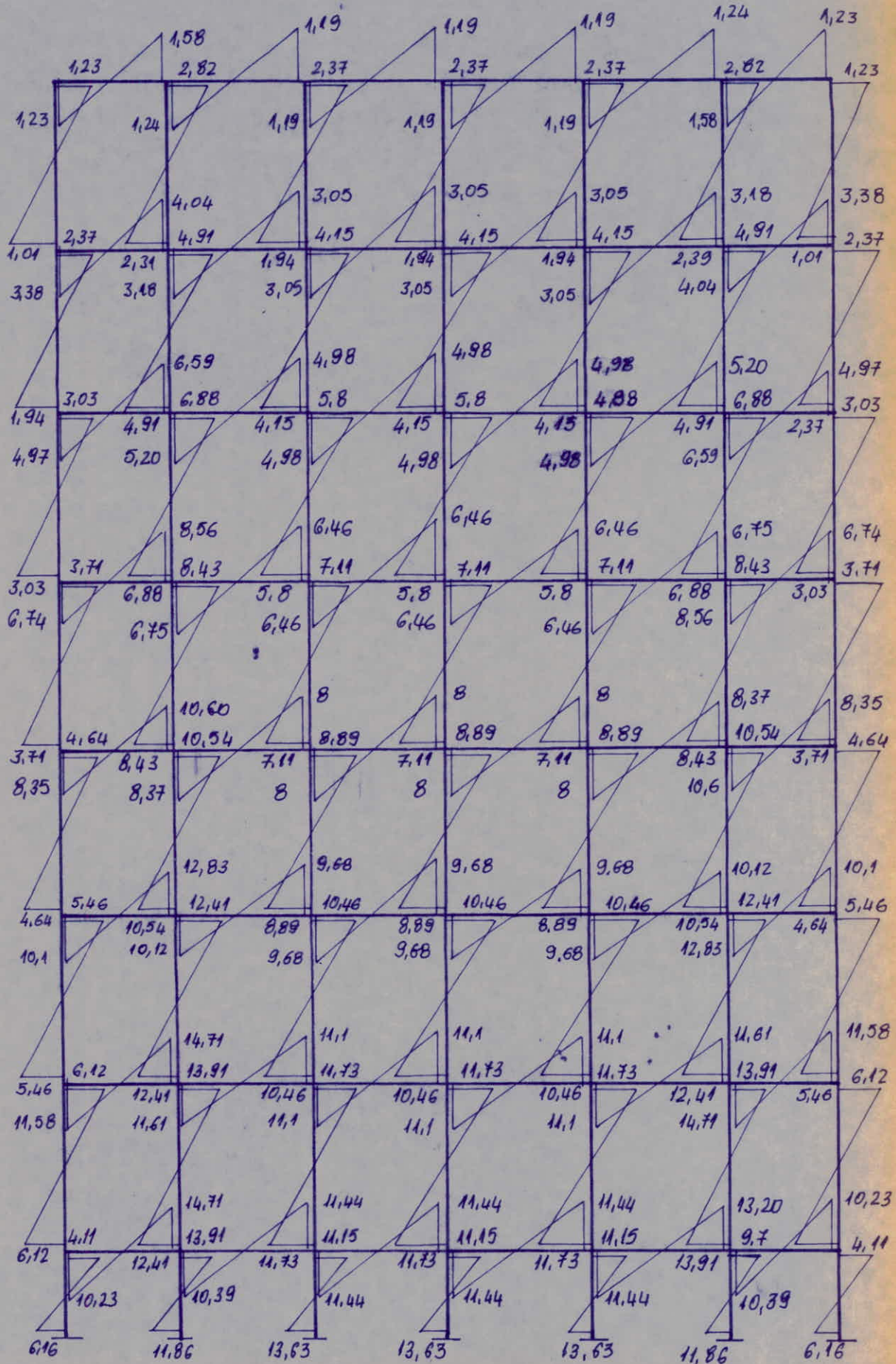
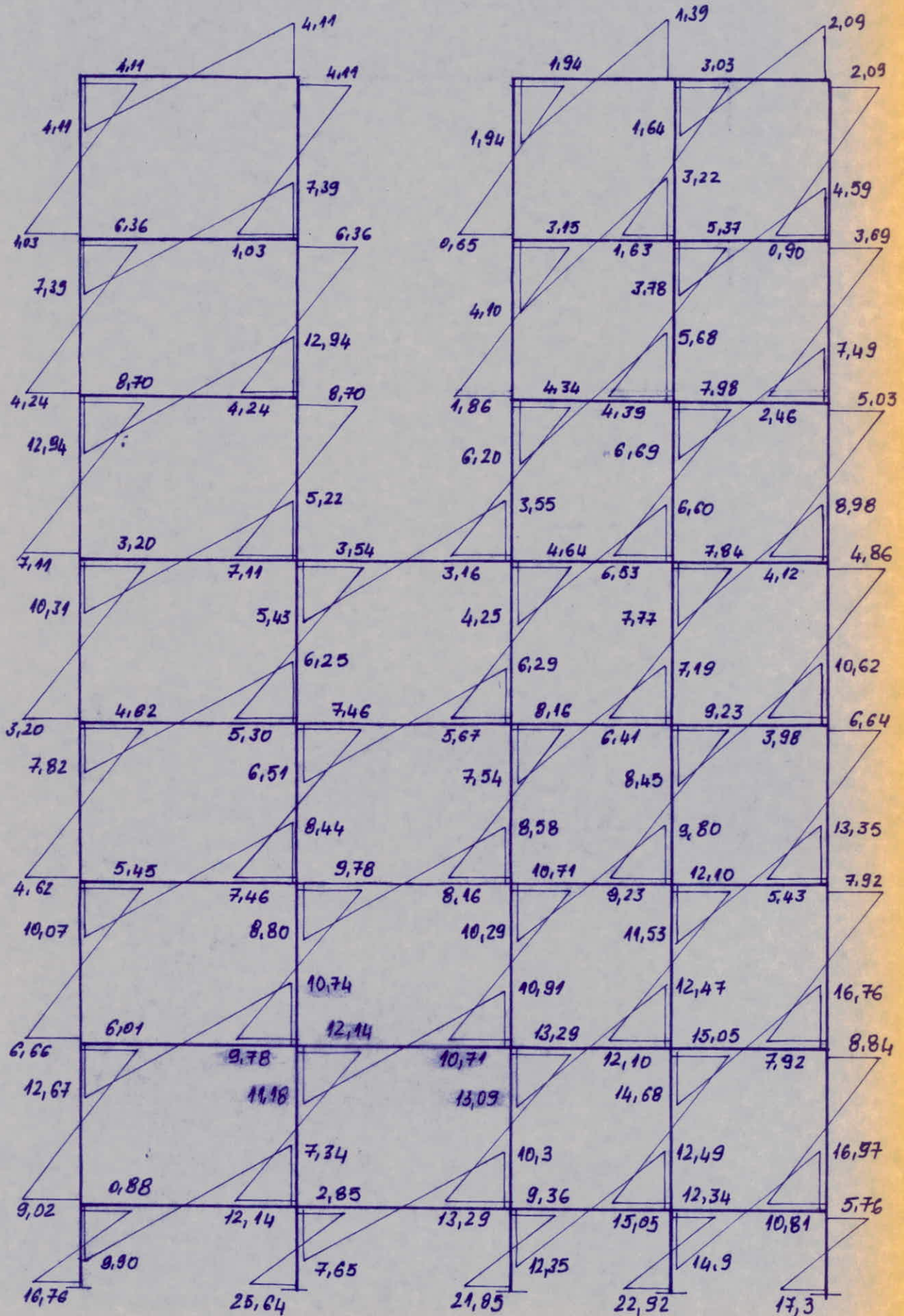


Diagramme des Moments - Portique III-III



N ↓ V	Travée	T _w (t)	T _e (t)	N _{p.s} (t)	N _c (t)	N ↓ V	Travée	T _w (t)	T _e (t)	N _{p.s} (t)	N _c (t)	N ↓ V	Travée	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _c (t)	N ↓ V	Travée	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N _c (t)
8	1-2	-0,85	0,85	—	0,85	6	1-2	-3,48	3,48	3,48	6,57	4	1-2	-6,02	6,02	6,02	17,33	2	1-2	-8,35	8,35	8,35	32,96
	2-3	-0,57	0,57	—	0,28		2-3	-2,41	2,41	1,07	2,11		2-3	-4,09	4,09	1,93	6,37		2-3	-5,68	5,68	2,67	11,37
	3-4	-0,56	0,56	—	0,01		3-4	-2,36	2,36	0,05	0,09		3-4	-4,0	4,0	0,09	0,25		3-4	-5,55	5,55	0,13	0,49
	4-5	"	"	—	0		4-5	-2,36	2,36	0	0		4-5	-4,0	4,0	0	0		4-5	-5,55	5,55	0	0
	5-6	-0,57	0,57	—	0,01		5-6	-2,41	2,41	0,05	0,09		5-6	-4,09	4,09	0,09	0,25		5-6	-5,68	5,68	0,13	0,49
	6-7	-0,85	0,85	—	0,28		6-7	-3,48	3,48	1,07	2,11		6-7	-6,02	6,02	1,93	6,37		6-7	-8,35	8,35	2,67	11,37
				0,85	0,85				3,48	6,57				6,02	17,33					8,35	32,96		
7	1-2	-2,24	2,24	2,24	3,09	5	1-2	-4,74	4,74	4,74	11,31	3	1-2	-7,28	7,28	7,28	24,61	1	1-2	-7,44	7,44		40,4
	2-3	-1,48	1,48	0,76	1,04		2-3	-3,22	3,22	2,33	4,44		2-3	-4,95	4,95	2,33	8,7		2-3	-5,46	5,46		13,35
	3-4	-1,45	1,45	0,03	0,04		3-4	-3,15	3,15	0,07	0,16		3-4	-4,84	4,84	0,11	0,36		3-4	-5,72	5,72		0,75
	4-5	-1,45	1,45	0	0		4-5	-3,15	3,15	0	0		4-5	-4,84	4,84	0	0		4-5	-5,72	5,72		0
	5-6	-1,48	1,48	0,03	0,04		5-6	-3,22	3,22	0,07	0,16		5-6	-4,95	4,95	0,11	0,36		5-6	-5,46	5,46		0,75
	6-7	-2,24	2,24	0,76	1,04		6-7	-4,74	4,74	2,33	4,44		6-7	-7,28	7,28	2,33	8,7		6-7	-7,44	7,44		13,35
			2,24	3,09				4,74	11,31				7,28	24,61							7,44	40,4	

Portique 1-1 : Effozts tranchants et effozts normaux.

N I V	8					N I V	6					N I V	4					N I V	2				
	Travée	T _w	T _e	N _p ^{sup}	N ^C		Travée	T _w	T _e	N _p	N ^C		Travée	T _w	T _e	N _p	N ^C		Travée	T _w	T _e	N _p	N ^C
8	1-2	-0,89	0,89		0,89	6	1-2	-3,67	3,67		6,92	4	1-2	-6,02	6,02		17,80	2	1-2	-8,35	8,35		33,43
	2-3	-0,61	0,61		0,28		2-3	-2,55	3,67		2,20		2-3	-4,09	4,09		5,69		2-3	-5,68	5,68		10,69
	3-4	-0,60	0,60		0,01		3-4	-2,49	2,49		0,10		3-4	-4,0	4,0		0,26		3-4	-5,55	5,55		0,50
	4-5	"	"		0		4-5	"	"		0		4-5	"	"		0		4-5	"	"		0
	5-6	-0,61	0,61		0,01		5-6	-2,55	2,55		0,10		5-6	-4,09	4,09		0,26		5-6	-5,68	5,68		0,50
	6-7	-0,89	0,89		0,28 0,89		6-7	-3,67	3,67		2,20 6,92		6-7	-6,02	6,02		5,69 17,80		6-7	-8,35	8,35		10,69 33,43
7	1-2	2,36	2,36		3,25	5	1-2	-4,86	4,86		11,78	3	1-2	-7,28	7,28		25,08	1	1-2	-7,44	7,44	*	40,87
	2-3	-1,56	1,56		1,08		2-3	-3,30	3,30		3,76		2-3	-4,95	4,95		8,02		2-3	-5,46	5,46		12,67
	3-4	-1,53	1,53		0,04		3-4	-3,23	3,23		0,17		3-4	-4,84	4,84		0,37		3-4	-5,72	5,72		0,76
	4-5	"	"		0		4-5	"	"		0		4-5	"	"		0		4-5	"	"		0
	5-6	-1,56	1,56		0,04		5-6	-3,30	3,30		0,17		5-6	-4,95	4,95		0,37		5-6	-5,46	5,46		0,76
	6-7	2,36	2,36		1,08 3,25		6-7	-4,86	4,86		3,76 11,78		6-7	-7,28	7,28		8,02 25,08		6-7	-7,44	7,44		12,67 40,87

Position 2-2 : efforts tranchants et efforts normaux.

N I V	Travée					N I V	Travée					N I V	Travée					N I V	Travée				
	Travée	T _w	T _e	N _p	N ^c		Travée	T _w	T _e	N _p	N _e		Travée	T _w	T _e	N _p	N ^c		Travée	T _w	T _e	N _p	N ^c
8	1-2	-0,85	0,85		0,85	6	1-2	-3,49	3,49		6,58	4	1-2	-6,23	6,23		17,65	2	1-2	-8,63	8,63		33,81
	2-3	-0,58	0,58		0,27		2-3	-2,42	2,42		2,10		2-3	-4,24	4,24		5,63		2-3	-5,87	5,87		10,80
	3-4	-0,57	0,57		0,04		3-4	-2,37	2,37		0,09		3-4	-4,14	4,14		0,27		3-4	-5,74	5,74		0,51
	4-5	-0,57	0,57		0		4-5	-2,37	2,37		0,0		4-5	-4,14	4,14		0		4-5	-5,74	5,74		0
	5-6	-0,58	0,58		0,04		5-6	-2,42	2,42		0,09		5-6	-4,24	4,24		0,27		5-6	-5,87	5,87		0,51
	6-7	-0,85	0,85		0,27 0,85		6-7	-3,49	3,49		2,10 6,58		6-7	-6,23	6,23		5,63 17,65		6-7	-8,63	8,63		10,80 33,81
7	1-2	-2,24	2,24		3,09	5	1-2	-4,84	4,84		11,42	3	1-2	-7,53	7,53		25,18	1	1-2	-7,75	7,75		41,56
	2-3	-1,48	1,48		1,03		2-3	-3,30	3,30		3,64		2-3	-5,12	5,12		8,04		2-3	-5,69	5,69		12,86
	3-4	-1,45	1,45		0,04		3-4	-3,22	3,22		0,17		3-4	-5,01	5,01		0,38		3-4	-5,97	5,97		0,79
	4-5	-1,45	1,45		0		4-5	-3,22	3,22		0		4-5	-5,01	5,01		0		4-5	-5,97	5,97		0
	5-6	-1,48	1,48		0,04		5-6	-3,30	3,30		0,17		5-6	-5,12	5,12		0,38		5-6	-5,69	5,69		0,79
	6-7	-2,24	2,24		1,03 3,09		6-7	-4,84	4,84		3,64 11,42		6-7	-7,53	7,53		8,04 25,18		6-7				12,86 41,56

Position 4-4 : efforts tranchants et efforts normaux

(Sous les charges verticales)

Le calcul des moments en travée des poutres se fera selon "A12" du CCBA 68 :

Pour déterminer les moments en travée on trace la courbe des moments de la travée indépendante complète de portée l (et non l') avec les charges permanentes, puis avec les charges permanentes et surcharges.

On prend comme ligne de fermeture :

* pour les moments positifs : celle qui joint les moments d'appui minimaux en valeur absolue.

* pour les moments négatifs : celle qui joint les moments d'appui maximaux en valeur absolue.

Ceci s'effectuera sous chaque cas de charge, en supposant que les surcharges peuvent être indépendantes les unes des autres.

Dans notre cas :

M_{t1} : représentent les moments positifs.

M_{t2} " " " négatifs.

on procédera à des cas de charges différents :

1. Cas de charges pour M_{t1}

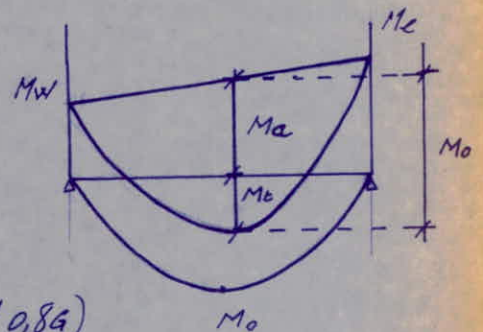
$$M_{t1} = M_0 - M_a$$

dans ce premier cas, on

considère les différents cas de charges

de la travée considérée (G+1,2P, G+P et 0,8G)

et on décharge les poutres à gauche et à droite de la poutre considérée on aura alors à étudier les différents cas suivants :

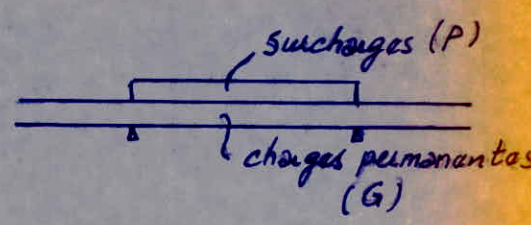


1.1. $M_{t1} = M_0(G+1,2P) - M_0$

1.2. $M_{t2} = M_0(G+P) - M_0$

1.3. $M_{t3} = M_0(0,86) - M_0$

avec $M_0 = \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$



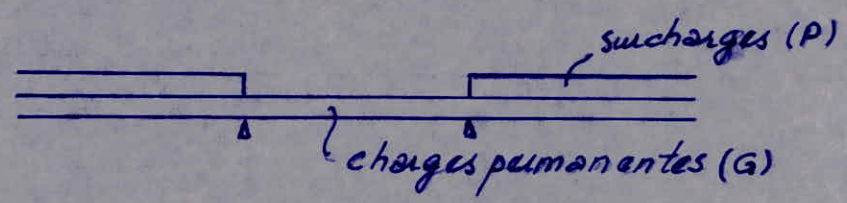
2. Cas de charge pour M_{t2}

Contrairement à M_{t1} , on fixe le moment isostatique et on établit les différentes superpositions aux moments d'appui " M_0 ", ainsi on aura :

2.1. $M_{t2} = M_0 - \frac{M_w(G+1,2P) + M_e(G+1,2P)}{2}$

2.2. $M_{t2} = M_0 - \frac{M_w(G+P) + M_e(G+P)}{2}$

avec $M_0 = M_0(G)$



ainsi seront établis les différents tableaux de valeurs relatifs à chaque portée étudiée.

MOMENTS en TRAVÉE "M_t"
 PORTIQUE LONGITUDINAL III-III

Niveaux	Travées	l (m)	Max M _{tot} / 2 (sous G) (t.m)	M ₀ (t.m)		M _{6,7} (t.m)			M _{6,2} (t.m)	
				G	P	G+1,2P	G+P	q,8q	G+1,2P	G+P
8	1-2	6,9	18,264	2,381	13,002	12,526	9,86	8,876	9,87	
	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3-4	5,4	11,187	1,458	7,484	7,192	3,497	4,726	4,894	
	4-5	4,5	7,768	1,013	4,849	4,646	2,079	2,986	3,094	
	1-2	6,9	27,810	4,166	18,713	17,880	8,152	11,180	11,602	
7	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
	3-4	5,4	12,900	2,552	9,846	9,336	4,204	5,163	5,433	
	4-5	4,5	11,829	1,772	7,663	7,309	3,171	4,1347	4,545	
	1-2	6,9	27,810	4,166	18,588	17,750	8,022	11,027	11,453	
	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	3-4	5,4	12,900	2,552	9,817	9,307	4,175	5,124	5,395	
	4-5	4,5	11,829	1,772	7,627	7,273	3,135	4,1306	4,505	
	1-2	6,9	14,313	4,166	11,388	10,555	3,526	3,681	4,132	
	2-3	6,6	13,095	3,812	9,9024	9,140	2,709	3,401	3,722	
5	3-4	5,4	8,766	2,552	6,4604	5,950	1,645	1,596	1,826	
	4-5	4,5	6,088	1,772	4,1793	4,439	1,449	0,676	1,671	

Niveaux	Travees	l (m)	Me + Mw 2 (sous G) (t.m)	Mo (t.m)		ME ₁ (t.m)			ME ₂ (t.m)	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8	G+1,2P	G+P
4	1-2	6,9	8,714	15,744	5,951	14,168	12,978	3,879	3,078	3,736
	2-3	6,6	8,512	14,402	5,445	12,424	11,335	3,0096	2,015	2,66
	3-4	5,4	5,949	9,641	3,645	8,066	7,335	1,764	1,01	1,457
	4-5	4,5	3,763	6,695	2,531	5,969	5,463	1,593	1,229	1,513
3	1-2	6,9	8,714	15,744	5,951	14,168	12,978	3,879	3,078	3,736
	2-3	6,6	8,512	14,402	5,445	12,424	11,385	3,0096	2,015	2,66
	3-4	5,4	5,949	9,641	3,645	8,066	7,335	1,764	1,01	1,457
	4-5	4,5	3,763	6,695	2,531	5,969	5,463	1,593	1,229	1,513
2	1-2	6,9	9,176	16,574	5,951	14,539	13,349	4,083	3,449	4,107
	2-3	6,6	8,994	15,164	5,445	12,704	11,615	3,137	2,295	2,94
	3-4	5,4	6,216	10,151	3,645	8,309	7,58	1,905	1,253	1,70
	4-5	4,5	3,962	7,050	2,531	6,125	5,619	1,678	1,385	1,669
1	1-2	6,9	9,236	16,574	9,552	18,800	16,89	4,023	0,966	2,028
	2-3	6,6	9,003	15,164	8,712	16,615	14,873	3,128	-0,099	0,344
	3-4	5,4	6,209	10,151	5,832	10,941	9,774	1,912	-0,336	0,377
	4-5	4,5	3,983	7,050	4,050	7,927	7,117	1,657	0,321	0,778

MOMENTS AN TRAVÉE "M_e"
 Pont sur III - III (Aide)

MOMENT en TRAVÉE "Me" Pontique (1-1)

Niveau	Travée	↓ (m)	M't ₁ (Me+Mw)/2 Sous G	M ₀ (t.m)		M't ₁ (t.m)			M't ₂		M _{t2}	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,86	(Me+Mw)/2 Sous (G+1,2P)	(Me+Mw)/2 Sous (G+P)	(Me+Mw)/2 Sous (G+1,2P)	(Me+Mw)/2 Sous (G+P)
8	1-2	2,75	0,477	0,862	0,031	0,422	0,416	0,213	0,498	0,494	0,3645	0,368
	2-3	3,6	0,857	1,477	0,053	0,684	0,673	0,325	0,894	0,888	0,583	0,589
	3-4	"	0,8899	"	"	0,651	0,640	0,292	0,928	0,922	0,549	0,555
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,857	"	"	0,684	0,673	0,325	0,894	0,888	0,5833	0,589
	6-7	2,75	0,477	0,862	0,031	0,422	0,416	0,213	0,498	0,494	0,3645	0,368
7	1-2	2,75	0,960	1,713	0,054	0,818	0,807	0,4104	0,996	0,990	0,717	0,723
	2-3	3,6	1,690	2,935	0,092	1,355	1,337	0,658	1,754	1,743	1,181	1,192
	3-4	"	1,768	"	"	1,277	1,259	0,58	1,662	1,651	1,273	1,284
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,595	"	"	1,4504	1,432	0,753	1,933	1,876	1,0024	1,059
	6-7	2,75	0,616	0,807	0,054	0,256	0,245	0,0296	0,652	0,646	0,155	0,161
6	1-2	2,75	0,959	1,713	0,054	0,819	0,808	0,411	0,995	0,989	0,718	0,724
	2-3	3,6	1,689	2,935	0,092	1,356	1,338	0,659	1,753	1,742	1,182	1,193
	3-4	"	1,768	"	"	1,277	1,259	0,58	1,835	1,824	1,1003	1,111
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,598	"	"	1,447	1,429	0,750	1,662	1,651	1,273	1,284
	6-7	2,75	0,613	0,807	0,054	0,259	0,248	0,0326	0,649	0,643	0,158	0,164
5	1-2	2,75	0,959	1,713	0,054	0,819	0,808	0,0114	0,995	0,989	0,718	0,724
	2-3	3,6	1,689	2,935	0,092	1,356	1,338	0,659	1,753	1,742	1,182	1,193
	3-4	"	1,768	"	"	1,277	1,259	0,50	1,835	1,824	1,1003	1,111
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,598	"	"	1,447	1,429	0,75	1,662	1,651	1,273	1,284
	6-7	2,75	0,613	0,87	0,054	0,259	0,248	0,0326	0,649	0,643	0,158	0,164

Portique (1-1) (Suite).

Niveau	Travée	l (m)	M _{ti} (tm) (N _e +N _w)/2 sous G	M ₀ (tm)		M _{t1} (tm)			M _{t2}		M _{t2}	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	(N _e +N _w)/2 sous(G+1,2P)	(N _e +N _w)/2 sous(G+P)	(G+1,2P)	G+P
4	1-2	2,75	0,688	0,627	0,077	0,0312	0,0458	-0,187	1,111	1,040	-0,484	-0,413
	2-3	3,6	1,184	2,128	0,132	1,102	1,0757	+0,518	2,34	2,314	-0,412	-0,186
	3-4	"	1,235	"	"	1,052	1,026	0,468	2,591	2,365	-0,463	-0,237
	4-5	"	1,318	"	"	0,969	0,942	0,385	2,674	2,448	-0,546	-0,32
	5-6	"	1,575	"	"	0,712	0,685	0,1278	2,931	2,705	-0,803	-0,577
	6-7	2,75	0,783	0,627	0,077	-0,064	-0,079	-0,282	1,206	1,135	-0,579	-0,508
3	1-2	2,75	0,688	0,627	0,077	0,0312	0,0458	-0,187	1,1106	1,040	-0,484	-0,413
	2-3	3,6	1,184	2,128	0,132	1,102	1,0757	0,518	2,540	2,314	-0,412	-0,186
	3-4	"	1,235	"	"	1,052	1,026	0,468	2,591	2,365	-0,463	-0,237
	4-5	"	1,318	"	"	0,969	0,942	0,385	2,674	2,448	-0,546	-0,32
	5-6	"	1,575	"	"	0,712	0,685	0,1278	2,931	2,705	-0,803	-0,577
	6-7	2,75	0,783	0,627	0,077	-0,064	-0,079	-0,282	1,206	1,135	-0,579	-0,508
2	1-2	2,75	0,688	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-3	3,6	1,685	4,15	0,13	2,62	2,594	1,634	1,763	1,750	2,387	2,40
	3-4	"	1,685	4,15	0,13	-0,379	-0,405	-0,765	1,781	1,765	-0,631	-0,645
	4-5	"	1,499	4,13	"	-0,213	-0,239	-0,595	1,595	1,66	-0,465	-0,53
	5-6	"	1,541	2,97	"	1,585	1,559	0,835	1,619	1,541	1,351	1,429
	6-7	2,75	0,707	0,66	0,08	0,049	0,033	-0,179	1,203	1,121	-0,543	-0,461

CALCUL du MOMENT en TRAVÉE "M_t" Portique à deux Verso/(2-2)

Niveau	Travée	ℓ (m)	M' _{tt} (M _w +M _e)/2 Sous G	M ₀ (t.m)		M _{t1} (t.m)			M _{t2} (t.m)		M _{t2} (t.m)	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	(M _w +M _e)/2 Sous (G+1,2P)	(M _w +M _e)/2 Sous (G+P)	G+1,2P	G+P
8	1-2	2,75	0,882	1,24	0,116	0,497	0,474	0,11		0,946	0,286	0,244
	2-3	3,6	1,28	2,125	0,119	1,084	1,044	0,42		0,244	1,858	1,881
	3-4	"	"	"	"	1,084	"	"		0,248	1,853	1,877
	4-5	"	"	"	"	"	"	"		"	"	"
	5-6	"	"	"	"	"	"	"		0,244	1,853	1,881
	6-7	2,75			1,24	0,116	0,497	0,474	0,11		0,946	0,286
7	1-2	2,75	0,648	1,156	0,202	0,75	0,71	0,277		0,762	0,372	0,394
	2-3	3,6	1,312	1,981	0,350	1,089	1,019	0,273		1,512	0,430	0,469
	3-4	"	2,129	3,82	"	2,111	2,041	0,927		2,338	1,44	1,482
	4-5	"	2,30	"	"	1,94	1,87	0,756		2,509	1,269	1,311
	5-6	"	1,312	"	"	2,928	2,858	1,774		1,512	2,269	2,308
	6-7	2,75	0,648	1,156	0,202	0,75	0,71	0,277		0,761	0,372	0,395
6	1-2	2,75	0,648	1,156	0,202	0,75	0,71	0,277		0,761	0,372	0,395
	2-3	3,6	1,308	1,981	0,35	1,094	1,024	"		1,507	0,434	0,474
	3-4	"	2,133	3,82	"	2,108	2,038	0,924		2,342	1,437	1,478
	4-5	"	2,30	"	"	1,94	1,87	0,756		2,509	1,269	1,311
	5-6	"	1,694	"	"	2,547	2,477	1,363		1,893	1,887	1,927
	6-7	2,75	0,648	1,156	0,202	0,75	0,711	0,277		0,761	0,372	0,395
5	1-2	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,221	0,275
	2-3	3,6	0,774	1,345	0,185	0,793	0,756	0,302			0,353	0,453
	3-4	"	0,810	"	"	0,757	0,720	0,268			0,306	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,774	"	"	0,793	0,756	0,302			0,353	0,453
	6-7	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,221	0,275

Portique (2-2) (Suite)

Niveau	Travée	l (m)	M' _{t1} (M _e +M _w)/2 Sous G	M ₀ (t.m)		M _{t1} (t.m)			M' _{t2} (t.m)		M _{t2} (t.m)	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	(M _e +M _w)/2 Sous (G+1,2P)	(M _w +M _e)/2 Sous (G+P)	G+1,2P	G+P
4	1-2	2,75	0,460	0,822	0,154	0,547	0,516	0,197			0,258	0,275
	2-3	3,6	0,811	1,409	0,264	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	3-4	"	0,849	"	"	0,877	0,824	0,278			0,369	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,811	"	"	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	6-7	2,75	0,460	0,822	0,154	0,547	0,516	0,278			0,258	0,275
3	1-2	2,75	0,46	0,822	0,154	0,566	0,516	0,197			0,258	0,275
	2-3	3,6	0,811	1,409	0,264	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	3-4	"	0,849	"	"	0,877	0,824	0,278			0,369	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,811	"	"	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	6-7	2,75	0,46	0,822	0,154	0,566	0,516	0,197			0,258	0,275
2	1-2	2,75	0,511	0,945	0,154	0,619	0,588	0,245			0,330	0,347
	2-3	3,6	0,842	1,446	0,264	0,921	0,868	0,315			0,421	0,452
	3-4	"	0,871	"	"	0,892	0,839	0,286			0,384	0,416
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,832	"	"	0,931	0,878	0,325			0,432	0,462
	6-7	2,75	0,472	0,844	0,154	0,557	0,526	0,203			0,268	0,285
1	1-2	2,75										
	2-3	3,6	0,83	0,145	0,421	1,26	1,176	0,465	0,939	0,899	0,511	0,551
	3-4	"	0,871	"	"	1,08	0,997	0,286	1,18	1,13	0,27	0,320
	4-5	"	0,874	"	"	1,085	1,00	0,289	2,38	2,12	-0,93	-0,67
	5-6	"	0,69	"	"	1,124	1,04	0,329	2,32	2,073	-0,87	-0,623
	6-7	2,75		0,84	0,246	0,62	0,62	0,689	0,594	0,574	0,856	0,876

CALCUL du MOMENT en TRAVÉE "Me" PARTIQUE TRANSVERSAL 4-4.

Niveau	Travée	l (m)	M'Et (Me+Mw)/2 Sous G	Mo (tm)		Me1 (tm)			M'Et2		Me2 (tm)	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	(Me+Mw)/2 Sous(G+1,2P)	(Me+Mw)/2 Sous(G+P)	G+1,2P	G+P
8	1-2	2,75	0,491	0,887	0,0614	0,47	0,457	0,219			0,355	0,362
	2-3	3,6	0,882	1,520	0,105	0,765	0,744	0,334			0,565	0,577
	3-4	"	0,916	"	"	0,731	0,71	0,300			0,528	0,548
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,882	"	"	0,765	0,744	0,334			0,565	0,577
	6-7	2,75	0,491	0,887	0,0614	0,47	0,457	0,219			0,355	0,362
7	1-2	2,75	0,440	0,785	0,108	0,474	0,453	0,188			0,272	0,285
	2-3	3,6	0,737	1,345	0,185	0,830	0,793	0,339			0,481	0,512
	3-4	"	0,735	"	"	0,832	0,795	0,341			0,476	0,499
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,737	"	"	0,830	0,793	0,339			0,481	0,512
	6-7	2,75	0,440	0,785	0,108	0,474	0,453	0,188			0,272	0,499
6	1-2	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,273	0,285
	2-3	3,6	0,774	1,345	0,185	0,793	0,756	0,302			0,444	0,465
	3-4	"	0,810	"	"	0,757	0,720	0,266			0,402	0,424
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,774	"	"	0,793	0,756	0,302			0,444	0,465
	6-7	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,402	0,285
5	1-2	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,221	0,275
	2-3	3,6	0,774	1,345	0,185	0,793	0,756	0,302			0,353	0,453
	3-4	"	0,810	"	"	0,757	0,720	0,266			0,306	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,774	"	"	0,793	0,756	0,302			0,353	0,453
	6-7	2,75	0,44	0,785	0,108	0,475	0,453	0,188			0,221	0,275

1/64

PORTIQUE 4-4 (suite)

Niveau	Travée	l (m)	M't1 (t.m) (Me+Mw)/2 sous G	Mo (t.m)		Mt1 (t.m)			M't2 (t.m)		Mt2 (t.m)	
				G	P	G+1,2P	G+P	0,8G	(Mw+Me)/2 sous (G+1,2P)	(Mw+Me)/2 sous (G+P)	G+1,2P	G+P
4	1-2	2,75	0,460	0,822	0,154	0,547	0,516	0,197			0,258	0,275
	2-3	3,6	0,811	1,409	0,264	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	3-4	"	0,849	"	"	0,877	0,824	0,278			0,369	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,811	"	"	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	6-7	2,75	0,460	0,822	0,154	0,547	0,516	0,278			0,258	0,275
3	1-2	2,75	0,460	0,822	0,154	0,566	0,516	0,197			0,258	0,275
	2-3	3,6	0,811	1,409	0,264	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	3-4	"	0,849	"	"	0,877	0,824	0,278			0,369	0,401
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,811	"	"	0,915	0,862	0,316			0,416	0,453
	6-7	2,75	0,460	0,822	0,154	0,566	0,516	0,197			0,258	0,275
2	1-2	2,75	0,511	0,945	0,154	0,619	0,588	0,245			0,330	0,347
	2-3	3,6	0,842	1,446	0,264	0,921	0,868	0,315			0,421	0,452
	3-4	"	0,871	"	"	0,892	0,839	0,286			0,384	0,416
	4-5	"	"	"	"	"	"	"			"	"
	5-6	"	0,832	"	"	0,931	0,878	0,325			0,432	0,462
	6-7	2,75	0,472	0,844	0,154	0,557	0,526	0,203			0,268	0,285
1	1-2	2,75	0,471	0,8435	0,246	0,667	0,618	0,204			0,208	0,235
	2-3	3,6	0,831	1,446	0,421	1,120	1,036	0,326			0,322	0,371
	3-4	"	0,871	"	"	1,080	0,996	0,286			0,423	0,469
	4-5	"	0,874	"	"	1,077	0,993	0,282			0,266	0,317
	5-6	"	0,690	"	"	1,261	1,177	0,466			0,511	0,552
	6-7	2,75										

Les combinaisons des charges verticales et des charges sismiques à prendre en compte pour le calcul des éléments structuraux sont selon le R.P.A 818

* Pour les Poutres :

$$\bullet G + P \pm SI$$

$$\bullet 0,8G \pm SI.$$

* Pour les Poteaux

$$\bullet 0,8G \pm SI.$$

$$\bullet G + P \pm 1,2 SI.$$

où G : représentera les sollicitations dues aux charges permanentes.

P : représentera les sollicitations dues aux charges d'exploitation.

SI : représentera les sollicitations dues au séisme.

1. Moments en travée " M_t "

$$\bullet \text{ Sous } G + 1,2P \longrightarrow M_t = M_0(G + 1,2P) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2}$$

$$\bullet \text{ Sous } G + P \pm SI \longrightarrow M_t = M_0(G + P) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \pm M_t(SI)$$

$$\bullet \text{ Sous } (0,8G \pm SI) \longrightarrow M_t = 0,8 \left[M_0(G) + \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \right] \pm M_t(SI).$$

2. Moments aux appuis " $M_a = M_e$ ou M_{int} "

$$\bullet \text{ Sous } (G + 1,2P) \longrightarrow M_a = M_0(G) + 1,2 M_a(P)$$

$$\bullet \text{ Sous } (G + P \pm SI) \longrightarrow M_a = M_0(G) + M_a(P) \pm M_a(SI)$$

$$\bullet \text{ Sous } (0,8G \pm SI) \longrightarrow M_a = 0,8 M_0(G) \pm M_a(SI).$$

3. EFFORTS TRANCHANTS.

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

- 167 -

$$* \text{ Sous } G+P \pm SI : T = T(G) + T(P) \pm T(SI)$$

$$* \text{ Sous } 0,8G \pm SI : T = 0,8 T(G) \pm T(SI).$$

Remarques :

1) On doit considérer les deux cas possibles des sollicitations liées aux charges horizontales, du fait que le séisme peut agir dans un sens ou dans un autre, on prendra les mêmes valeurs absolues, il n'y a qu'à changer le signe selon qu'on est dans un cas ou dans un autre.

PORTIQUE III-III : MOMENTS

Niveau	Travée	G + 1,2 P				G + P + $\bar{3}$			G + P + $\bar{5}$			0,8 G + $\bar{3}$			0,8 G + $\bar{5}$		
		Mw	Me	M _{ec}	M _e	Mw	Me	M _{ec}	Mw	Me	M _{ec}	Mw	Me	M _{ec}	Mw	Me	M _{ec}
8	1-2	9,39	13,00	8,88	9,39	13,29	12,53	13,29	5,07	12,53	5,07	10,69	6,49	10,61	2,39	6,49	2,39
	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-4	7,25	7,48	4,73	5,67	8,48	7,47	7,44	5,7	12,25	3,56	6,41	3,77	5,65	3,62	3,22	1,77
	4-5	8,5	4,85	2,99	6,06	5,52	4,42	7,56	1,34	4,87	4,28	4,51	1,85	5,83	0,33	-2,3	2,55
7	1-2	16,64	18,77	11,18	16,63	23,6	17,88	23,59	8,82	17,88	8,81	18,67	8,15	18,66	3,89	8,15	3,88
	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-4	8,55	9,846	5,16	6,92	11,48	9,78	10,77	5,04	8,9	2,57	8,66	4,64	8,45	2,22	3,76	0,25
	4-5	6,52	7,66	4,35	8,44	10,95	8,15	11,99	1,77	6,9	4,43	9,01	3,58	9,42	-0,17	2,77	1,86
6	1-2	16,78	18,58	11,03	16,78	29,3	17,75	29,30	3,42	17,75	3,42	24,32	8,02	24,32	-1,56	8,02	-1,51
	2-3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-4	8,56	9,82	5,12	7,0	13,94	9,57	12,95	2,58	9,047	0,55	11,12	4,44	10,6	-0,24	3,92	-1,81
	4-5	6,61	7,63	4,31	8,44	13,13	6,87	14,9	-1,05	7,67	1,52	11,97	2,74	12,33	-3,01	3,54	-1,05
5	1-2	11,39	11,39	3,68	9,88	16,13	13,1	19,76	5,69	8,01	0,86	12,04	6,07	16,17	1,6	0,98	-4,45
	2-3	9,39	9,9	3,4	10,0	12,64	10,08	15,09	5,54	8,2	4,23	9,59	3,65	11,82	2,49	1,77	0,96
	3-4	6,80	6,46	1,6	7,54	13,10	4,77	11,49	-0,1	7,13	2,99	10,63	0,44	8,81	-2,57	2,83	0,31
	4-5	3,89	4,79	0,68	5,34	12,7	3,83	12,8	-5,26	5,05	-2,66	11,29	0,84	10,84	-6,67	2,06	-4,6
4	1-2	13,63	14,17	3,08	11,7	19,17	13,77	18,91	6,67	12,19	3,27	13,75	4,67	14,26	1,25	3,09	-1,4
	2-3	11,98	12,42	2,05	12,79	17,64	11,45	18,64	5,06	11,23	5,62	12,86	3,12	13,53	0,28	2,9	0,54
	3-4	8,06	8,07	1,01	9,21	14,93	7,52	16,27	0,45	7,16	1,19	11,62	1,94	12,63	-2,76	1,58	-2,45
	4-5	4,60	5,97	1,23	6,34	14,35	4,37	14,46	-6,26	6,55	-2,44	13,16	0,5	11,94	-8,08	2,68	-4,96
3	1-2	13,63	14,47	3,08	11,7	21,36	13,8	21,16	4,48	12,15	1,02	15,94	4,9	16,5	-0,94	3,06	-3,63
	2-3	11,98	12,42	2,02	12,79	19,93	11,56	20,93	2,77	11,12	3,33	15,15	3,4	15,85	-2,01	2,79	-1,75
	3-4	8,06	8,068	1,01	9,21	17,44	7,59	19,02	-2,16	7,09	-1,56	14,23	2,2	15,38	-5,37	1,51	-5,2
	4-5	4,60	5,97	1,23	6,33	17,72	4,55	10,53	-8,99	6,37	-5,53	15,89	0,77	15,02	-10,81	2,5	-8,04
2	1-2	14,12	14,54	3,45	12,83	24,15	14,32	24,19	2,67	12,38	-1,15	18,64	5,0	19,45	-2,84	3,11	-5,89
	2-3	12,50	12,90	2,3	13,24	22,79	11,76	23,75	0,97	11,48	1,39	17,9	3,27	18,58	-3,92	3,00	-3,78
	3-4	8,35	8,31	1,25	9,45	20,4	7,39	22,06	-4,54	7,27	-4,12	17,14	1,6	18,37	-5,8	1,6	-7,81
	4-5	4,77	6,13	1,39	8,56	21,29	4,58	20,9	-12,23	6,66	-8,45	19,4	0,62	18,35	-14,1	2,72	-11,01
1	1-2	16,70	18,8	-0,97	14,52	22,9	18,17	23,4	8,22	15,61	3,63	15,2	5,3	16,77	0,56	2,74	-3,03
	2-3	14,81	16,62	-0,10	15,72	24,1	13,55	22,3	3,5	6,2	6,99	17,3	2,7	15,04	-3,29	5,35	-0,26
	3-4	6,88	18,94	-0,84	11,09	18,7	11,69	22,69	-6,28	7,86	-2,01	14,77	1,87	17,6	-10,21	-1,98	-7,1
	4-5	5,75	7,93	0,32	7,71	21,93	8,77	22,09	-11,21	5,46	-7,71	19,29	0,82	18,55	-13,9	-2,49	-11,25

MOMENTS PORTIOUE (1-1) (Combinaison des Moments)

NIV	Travee	G+1,2 P				G + P + S				G + P + S				0,8G + S			0,8G + S		
		Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me2	Mw	Me1	Me2
8	1-2	0,18	0,42	0,36	0,81	1,67	0,24	0,19	1,98	-1,31	0,59	0,54	-0,36	1,63	-0,005	1,79	-1,35	0,35	-0,55
	2-3	0,86	0,68	0,58	0,93	1,97	0,70	0,61	2,1	-0,27	0,65	0,56	-0,26	1,78	0,29	1,89	-0,46	0,24	-0,47
	3-4	0,93	0,65	0,55	"	2,04	0,64	0,56	2,04	-0,2	0,64	"	-0,20	1,83	0,23	1,83	-0,41	0,23	-0,41
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,68	0,58	0,86	2,1	0,65	"	1,97	-0,26	0,7	0,61	-0,27	1,89	"	1,78	-0,47	0,28	-0,46
	6-7	0,81	0,42	0,36	0,18	1,98	0,59	0,54	1,67	-0,36	0,24	0,19	-1,31	1,79	0,35	1,63	-0,54	-0,005	-1,35
7	1-2	0,52	0,82	0,72	1,47	4,34	0,48	0,39	4,68	-3,31	1,14	1,05	-1,76	4,22	-0,002	4,36	-3,42	0,66	-2,08
	2-3	1,67	1,36	1,18	1,83	4,55	1,40	1,26	4,84	-1,23	1,27	1,13	-1,2	4,18	0,59	4,43	-1,60	0,46	-1,61
	3-4	1,83	1,28	1,27	"	4,71	1,26	1,28	4,71	-1,07	1,26	1,28	-1,07	4,3	0,46	4,3	-1,48	"	-1,48
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,45	1,0	2,03	4,84	1,37	0,99	4,82	-1,2	1,5	1,12	-0,96	4,43	0,54	4,03	-1,61	0,67	-1,75
	6-7	1,05	0,26	0,15	0,25	3,34	0,58	0,49	4,08	1,26	-0,09	-0,97	-3,57	3,1	0,35	4,01	3,10	-0,31	-3,64
6	1-2	0,53	0,82	0,72	1,46	8,77	0	-0,09	8,15	-7,71	1,62	1,53	-3,27	8,65	0,48	5,83	-7,84	1,14	-3,59
	2-3	1,67	1,36	1,18	1,84	6,37	1,45	1,3	6,75	-3,05	1,23	1,08	-3,09	6,0	0,64	6,34	-3,42	0,42	-3,5
	3-4	1,83	1,28	1,10	"	6,5	1,26	1,11	6,54	-2,89	1,26	1,11	-2,88	6,12	0,46	6,13	-3,3	0,46	-3,29
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5-6	"	1,45	1,27	1,49	6,75	1,32	1,17	6,19	-3,11	1,54	1,39	-3,23	6,34	0,49	5,85	-3,52	0,71	-3,57
	6-7	1,05	0,26	0,16	0,26	5,74	-0,56	0,97	6,5	-3,68	-0,56	-0,65	-5,98	5,5	0,84	6,43	-3,92	-0,78	-6,05
5	1-2	0,53	0,82	0,72	1,46	8,88	-0,1	-0,19	8,03	-7,82	1,72	1,63	-5,13	8,76	-0,58	7,7	-7,94	1,24	-5,46
	2-3	1,67	1,36	1,18	1,84	7,96	1,48	1,34	8,42	-4,6	1,19	1,05	-4,76	7,59	0,67	8,01	-5,01	0,38	-5,17
	3-4	1,83	1,28	1,10	"	8,12	1,26	1,11	8,13	-4,5	1,26	1,11	-4,5	7,71	0,46	7,72	-4,89	0,46	-4,88
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
	5-6	"	1,45	1,27	1,49	8,41	1,28	1,14	7,78	-4,8	1,57	1,43	-4,82	8,0	"	7,44	5,18	0,75	-5,16
	6-7	1,05	0,26	0,16	0,26	7,61	1,16	1,07	8,61	-5,6	-0,66	-0,75	-8,1	7,37	0,94	8,54	5,79	0,88	-8,16

PORTIQUE 2.2 Combinaison des Moments.

Niv	Taux	G + 1,2P				G + P + \bar{S}				G + P + \bar{S}				0,8G + \bar{S}			0,8G + \bar{S}		
		Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Me	Mw	Mt2	Me
8	1-2	0,78	0,50	0,29	1,15	2,35	0,342	0,08	2,36	-0,81	0,636	0,406	-0,1	2,18	-0,05	2,05	-0,98	0,27	-0,41
	2-3	1,41	1,08	1,86	1,40	2,58	1,073	1,91	2,64	0,20	1,015	1,87	0,16	2,21	0,45	2,26	-0,17	0,39	-0,22
	3-4	1,42	"	1,85	1,42	2,59	1,044	1,88	2,59	0,21	1,04	1,88	0,21	"	0,42	2,21	"	0,42	-0,17
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	"	1,86	1,41	2,64	1,015	1,87	2,58	0,16	1,07	1,91	0,20	2,26	0,39	"	-0,22	0,45	"
	6-7	1,14	0,50	0,29	0,78	2,35	0,636	0,41	2,35	-0,11	0,31	0,08	-0,81	2,04	0,27	2,18	-0,42	-0,05	-0,98
7	1-2	0,41	0,75	0,37	1,16	4,44	0,408	0,092	4,51	-3,64	1,01	0,70	-2,25	4,31	-0,03	4,15	-3,77	0,58	-2,61
	2-3	1,32	1,09	0,43	1,79	4,33	1,082	0,86	4,93	-1,77	0,96	-0,08	-1,43	3,92	0,34	4,41	-2,18	0,21	-1,95
	3-4	2,21	2,11	1,44	2,55	5,22	2,041	1,48	5,56	-0,88	2,04	1,48	-0,54	4,62	0,93	4,89	-1,48	0,93	-1,21
	4-5	2,55	1,94	1,27	"	5,56	1,87	1,31	"	-0,54	1,87	1,31	"	4,89	0,76	"	-1,21	0,76	"
	5-6	"	2,93	2,27	1,32	5,69	2,795	2,25	4,33	-0,67	2,92	2,37	1,77	5,02	1,68	3,92	-1,34	1,81	-2,18
	6-7	1,16	0,75	0,37	0,41	4,51	1,012	0,70	4,44	-2,25	0,41	0,093	-3,64	4,15	0,58	4,31	-2,61	-0,025	-3,77
6	1-2	0,42	0,75	0,37	1,15	7,0	-0,057	-0,37	6,09	-6,18	1,48	1,16	-3,85	6,87	-0,49	5,93	-6,31	1,04	-4,21
	2-3	1,32	1,89	0,43	1,78	6,26	1,134	0,58	6,94	-3,7	0,92	0,36	-3,46	5,85	0,39	6,42	-4,11	0,17	-3,98
	3-4	2,22	2,11	1,44	2,55	7,16	2,038	1,48	7,49	-2,8	2,04	1,48	-2,47	6,56	0,92	6,82	-3,4	0,924	-3,14
	4-5	2,55	1,94	1,27	"	7,49	1,87	1,31	"	-2,5	1,87	1,31	"	6,82	0,77	"	-3,14	0,756	"
	5-6	"	2,55	1,89	1,32	7,71	2,367	1,82	6,26	-2,69	2,39	2,04	-3,7	7,04	1,25	5,85	-3,36	1,47	-4,11
	6-7	1,15	0,75	0,37	0,42	6,09	1,475	1,16	7,0	-3,85	-0,06	-0,37	-6,18	5,73	1,04	6,87	-4,21	-0,49	-6,31
5	1-2	0,28	0,47	0,29	0,65	8,83	-0,432	-0,65	7,39	-8,29	1,34	1,23	-6,05	8,75	-0,7	7,25	-8,37	1,07	-6,23
	2-3	0,86	0,80	0,35	0,94	7,3	0,9	0,53	7,65	-5,62	0,61	0,24	-5,83	7,05	0,45	7,4	-5,87	0,46	-6,1
	3-4	0,94	0,76	0,31	"	7,38	0,72	0,34	7,38	-5,54	0,72	0,34	-5,54	7,11	0,27	7,11	-5,81	0,27	-5,81
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,79	0,35	0,86	7,67	0,61	0,24	7,3	-5,83	0,9	0,53	-5,62	7,4	0,46	7,05	-6,1	0,45	-7,85
	6-7	0,75	0,47	0,22	0,28	7,47	1,338	1,23	8,83	-6,01	-0,43	-0,65	-8,29	7,25	1,07	8,75	-6,23	-0,7	-8,37

PORTIQUE 2.2 Combinaison des moments

N.V	Taville	G + 1,2P				G + P + \bar{S}				G + P + \overleftarrow{S}				0,8G + \bar{S}			0,8G + \overleftarrow{S}		
		Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me2	Me	Mw	Me1	Me	Mw	Me1	Me
4	1-2	0,31	0,55	0,26	0,82	10,9	-0,61	-0,89	9,19	-10,3	1,64	1,40	-7,6	10,8	-0,93	8,89	-10,4	1,32	-7,81
	2-3	0,99	0,92	0,42	1,04	8,92	1,09	0,64	9,38	-7,08	0,68	0,27	-7,36	8,62	0,38	9,05	-7,38	0,01	-7,69
	3-4	1,04	0,88	0,37	1,04	9,01	0,82	0,4	9,01	-6,99	0,82	0,40	-6,99	8,68	0,28	8,68	-7,32	0,28	-7,32
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,04	0,92	0,42	0,99	9,38	0,68	0,27	8,92	-7,36	1,09	0,64	-7,08	9,05	0,01	8,62	-7,69	0,38	-7,38
	6-7	0,83	0,55	0,26	0,31	9,19	1,64	1,40	10,9	-7,55	-0,61	-0,89	-10,3	8,89	1,32	10,8	-7,81	-0,93	-10,4
3	1-2	0,31	0,55	"	0,83	13,13	-0,89	-1,09	10,9	-12,5	1,88	1,64	-9,3	13,03	-1,17	10,64	-12,6	1,56	-9,56
	2-3	0,99	0,92	0,42	1,04	10,6	1,08	0,67	11,13	-8,76	0,64	0,23	-9,41	10,29	0,54	10,8	-9,06	0,10	-9,44
	3-4	1,04	0,88	0,37	"	10,69	0,82	0,40	10,69	-8,67	0,82	0,40	-8,67	10,36	0,28	10,36	-9,0	0,28	-9,0
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,92	0,42	0,95	11,13	0,64	0,23	10,6	-9,41	1,08	0,67	-8,57	10,8	0,1	10,3	-9,44	0,54	-9,06
	6-7	0,83	0,55	0,26	0,31	10,9	1,88	1,64	13,13	-9,3	-0,89	-1,09	-12,9	10,64	1,56	13,03	-9,56	-1,17	-12,63
2	1-2	0,34	0,62	0,33	0,90	15,04	2,15	-1,22	12,45	-14,4	-0,98	1,91	-10,7	14,33	1,81	12,17	-14,5	-1,32	-10,99
	2-3	0,99	0,92	0,42	1,06	12,06	1,22	0,80	12,64	-10,14	0,51	0,80	-10,6	11,75	0,67	12,31	-10,45	-0,04	-10,91
	3-4	1,06	0,89	0,38	1,06	12,13	0,84	0,42	12,13	-10,1	0,84	0,42	-10,27	11,8	0,29	11,8	-10,4	0,29	-10,4
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,93	0,43	0,97	12,64	0,52	0,11	12,04	-10,6	1,23	0,82	-10,46	12,31	-0,03	11,73	-10,9	0,68	-10,47
	6-7	0,89	0,56	0,27	0,31	12,4	2,09	1,91	15,01	-10,8	-1,04	-1,22	-14,4	12,13	1,77	14,91	-11,03	-1,36	-14,5
1	1-2	-	-	-	-	0,65	-	-	-	-11,4	-	-	-10,23	13,22	-0,69	10,23	-11,4	1,0	-10,23
	2-3	0,69	1,26	0,51	1,19	12,10	0,69	0,02	11,53	-12,78	1,706	1,08	-9,75	11,85	0,29	11,09	-11,09	0,29	-9,69
	3-4	1,18	1,08	0,27	1,17	12,57	1,00	0,32	12,56	-10,3	1,00	0,32	-10,5	12,14	0,32	12,14	-10,74	0,32	-10,74
	4-5	3,58	1,09	0,93	"	14,56	1,00	0,67	"	-8,32	1,00	0,67	"	"	0,67	"	"	0,67	"
	5-6	"	1,12	0,87	1,07	16,34	1,57	0,67	12,46	-10,1	0,51	-1,53	-10,4	13,92	-0,67	12,07	-12,52	-0,81	-10,81
	6-7	0,92	0,62	0,86	0,28	11,14	2,21	2,38	10,67	-9,35	-0,88	0,62	-10,11	10,77	2,19	10,61	-9,69	-0,81	-10,17

Portique 4-4 - Moments -

N°	Tallée	G + 1,2 P				G + P + S				G + P + S				0,8G + S			0,8G + S		
		Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Me	Mw	Mt1	Me
8	1-2	0,193	0,47	0,36	0,87	-1,69	0,30	0,20	2,04	1,31	0,62	0,52	-0,32	1,64	0,06	1,82	1,36	0,38	-0,54
	2-3	0,92	0,77	0,57	0,99	-2,037	0,77	0,6	2,16	0,223	0,72	0,55	-0,2	1,81	0,36	1,91	0,45	0,31	-0,45
	3-4	0,99	0,73	0,53	"	-2,11	0,71	0,55	2,11	0,15	0,71	0,55	-0,15	1,86	0,3	1,86	0,40	0,3	-0,4
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,77	0,57	0,92	-2,16	0,72	"	2,04	0,20	0,77	0,60	-0,22	1,91	0,31	1,81	0,45	0,36	-0,45
	6-7	0,87	0,47	0,36	0,19	-2,04	0,62	0,52	1,69	0,32	0,3	0,2	-1,31	1,82	0,38	1,64	0,54	0,06	-1,36
7	1-2	0,27	0,47	0,27	0,76	-4,1	0,14	-0,03	3,95	3,58	0,77	0,6	-2,47	-4,02	-0,13	3,73	3,66	0,50	-2,69
	2-3	0,86	0,83	0,48	0,87	-3,74	0,86	0,58	3,88	2,06	0,73	0,45	-2,18	-3,49	0,40	3,62	2,31	0,27	-2,44
	3-4	0,87	0,83		0,87	-3,95	0,80	0,50	3,75	2,05	0,8	0,5	-2,05	-3,49	0,34	3,49	2,31	0,34	-2,31
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,83		0,86	-3,88	0,73	0,45	3,74	2,18	0,86	0,58	-2,06	-3,62	0,27	3,49	2,44	0,40	-3,31
	6-7	0,76	0,47		0,27	-3,95	0,77	0,81	4,1	2,47	0,14	0,18	-3,58	3,73	0,5	4,02	2,69	-0,13	-3,66
6	1-2	0,28	0,48		0,75	-6,54	0,28	1,09	5,46	6,0	0,83	-0,49	-4,0	6,46	0,01	5,24	6,08	0,37	-4,22
	2-3	0,86	0,79		0,94	-5,57	0,87	0,57	5,87	3,89	0,65	0,35	-4,03	5,32	0,41	5,6	4,14	-0,49	-4,3
	3-4	0,94	0,76	"	"	-5,65	0,72	0,42	5,65	3,81	0,72	0,42	-3,71	5,38	0,27	5,38	4,08	0,27	-4,08
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,79		0,86	-5,87	0,65	0,35	5,57	4,03	0,87	0,57	-3,89	5,6	0,19	5,32	4,30	0,41	-4,14
	6-7	0,75	0,48		0,28	-5,46	0,63	0,46	6,54	4,0	0,28	0,11	-6,0	-5,24	0,37	6,46	4,22	0,01	-6,08
5	1-2	0,28	0,48		0,75	-9,4	-0,46	-0,67	7,45	7,68	1,36	1,15	-6,0	-9,2	-0,72	7,23	7,88	1,1	-6,21
	2-3	0,86	0,79		0,94	-7,28	0,91	0,54	7,65	5,6	0,61	0,24	-5,32	-7,03	0,49	7,39	5,85	0,15	-6,09
	3-4	0,94	0,76	"	"	-7,36	0,72	0,34	7,86	5,52	0,72	0,34	-5,52	-7,09	0,27	7,09	5,79	0,27	-5,79
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,79		0,86	-7,44	0,61	0,24	7,28	5,	0,91	0,54	-5,6	-7,39	0,15	-7,03	6,092	0,45	-5,85
	6-7	0,75	0,48		0,28	-7,45	1,36	1,15	8,81	5,39	-0,46	-0,67	-8,27	-7,23	1,1	8,73	6,21	-0,72	-8,35

Portique 4-4 - Moments -

NIV	TAV	G + 1,2 P				G + P + S				G + P + S				0,8G + S			0,8G + S		
		Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Mt2	Me	Mw	Mt1	Me	Mw	Mt1	Me
4	1-2	0,30	0,55		0,83	-11,27	-0,65	-0,89	9,44	10,69	1,69	1,45	-7,84	-11,2	-0,89	9,18	10,78	1,15	-8,9
	2-3	0,95	0,92		1,04	-9,2	1,02	0,64	9,67	7,36	0,67	0,26	-7,95	-8,9	0,51	9,34	7,66	0,13	-7,98
	3-4	1,04	0,88		"	-9,3	0,82	0,40	9,29	7,27	0,82	0,40	-7,27	-8,96	0,28	8,96	7,6	0,28	-7,6
	4-5	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,92		0,95	9,67	0,67	0,26	9,29	7,65	1,05	0,64	-7,36	-9,34	0,13	8,9	7,98	0,51	-7,66
	6-7	0,83	0,55		0,3	-9,44	1,69	1,45	11,27	7,84	-0,65	-0,89	-10,69	-9,2	1,45	11,2	8,1	-0,89	-10,78
3	1-2	0,3	0,55		0,83	-13,56	-0,89	-1,13	"	12,98	1,93	1,69	-9,77	-13,5	-1,21	11,01	13,07	1,61	-9,93
	2-3	0,95	0,92		1,04	-10,93	1,09	0,68	11,48	9,09	0,63	0,22	-9,46	-10,6	0,55	11,15	9,39	0,09	-9,79
	3-4	1,04	0,88		"	-11,02	0,82	0,48	11,02	9,0	0,82	0,4	-9,0	-10,7	0,28	10,69	9,33	0,28	-9,33
	4-5	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,92		0,95	-11,48	0,63	0,22	10,93	9,46	1,09	0,68	-9,09	-11,2	0,09	10,63	9,79	0,55	-9,39
	6-7	0,83	0,55		0,3	-11,25	1,93	1,69	13,56	9,65	-0,89	-1,13	-12,98	-11,0	1,61	13,47	9,91	-1,21	-13,07
2	1-2	0,34	0,62		0,89	-15,55	1,03	-1,27	12,84	14,9	2,21	0,35	-11,12	-15,5	-1,6	12,57	4,99	1,62	-11,39
	2-3	0,99	0,92		1,062	-12,44	0,13	0,72	13,04	10,52	0,6	0,45	-10,78	-12,13	0,24	12,71	10,83	-0,27	-11,31
	3-4	1,06	0,89		"	-12,51	0,84	0,42	12,51	10,45	0,84	0,12	-10,45	-12,18	0,29	12,18	10,78	0,29	-10,78
	4-5	"	"		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	0,93		0,97	-13,04	0,61	0,2	12,42	10,98	1,14	0,16	-10,57	-12,7	0,06	12,11	11,31	0,59	-10,85
	6-7	0,84	0,56		0,31	-12,8	2,15	1,62	15,52	11,16	-1,09	-1,62	-14,92	-12,33	1,82	15,42	11,43	-1,42	-15,03
1	1-2	0,36	0,68		0,914	14,11	-0,94	-1,33	11,52	-13,43	2,18	0,24	-9,78	13,98	-1,36	11,99	-13,56	1,76	-10,11
	2-3	1,07	1,12		1,18	12,95	0,48	-0,19	11,94	-10,91	1,6	0,37	-9,7	12,56	-0,73	11,52	-11,3	0,89	-10,12
	3-4	1,18	1,08		"	13,05	1,00	0,17	13,05	-10,81	1,0	0,17	-10,8	12,6	0,29	12,63	-11,23	0,29	-11,23
	4-5	"	"		"	"	0,59	0,32	13,06	"	0,99	0,32	"	"	0,28	"	"	-0,28	"
	5-6	"	"		1,035	11,97	1,74	1,11	12,57	-9,68	0,62	0,55	-11,3	11,53	1,03	12,32	-10,11	-0,09	-11,54
	6-7					10,65	1,56	1,56	13,77	10,69	-1,56	-1,56	-13,77	10,65	1,56	13,77	10,65	-1,56	13,77

EFFORTS TRANCHANTS

PORTIQUE III - III

Niveau	Travée	G + 1,2P		G + P + \vec{S}		G + P + \overleftarrow{S}		0,8G + \vec{S}		0,8G + \overleftarrow{S}	
		T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)
8	1-2	12,24	12,24	13,06	13,07	10,87	10,87	9,57	9,57	7,37	7,38
	2-3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	9,90	6,27	10,24	9,61	9,12	8,49	7,43	6,94	6,31	5,82
	4-5	7,57	8,4	6,65	8,97	4,40	5,51	8,11	6,65	6,65	5,19
7	1-2	19,02	19,02	20,51	20,51	16,57	16,57	14,87	14,87	10,93	10,93
	2-3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	12,03	11,62	12,88	12,45	10,44	10,01	9,07	8,66	6,63	6,22
	4-5	12,15	12,65	13,47	13,99	10,19	10,71	9,78	10,22	6,50	5,04
6	1-2	19,03	19,05	22,0	22,0	15,1	15,1	16,35	16,35	9,45	9,45
	2-3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	3-4	12,02	11,63	13,63	13,23	9,67	9,27	9,82	9,44	5,86	5,48
	4-5	12,17	12,64	14,62	15,13	9,06	9,57	10,93	11,45	5,37	5,89
5	1-2	11,33	11,07	12,92	12,64	8,78	8,5	8,85	8,55	4,71	4,43
	2-3	10,67	10,75	11,45	11,54	8,95	9,04	7,55	7,65	5,05	5,15
	3-4	8,65	8,87	10,08	10,31	6,46	6,69	6,91	7,11	3,29	3,49
	4-5	7,15	7,46	10,1	10,44	3,54	3,88	7,42	7,8	0,86	1,24

PORTIQUE III-III suite.

Niveau	Travée	$G + 1,2P$		$G + P + \vec{S}$		$G + P + \vec{S}$		$0,8G + \vec{S}$		$0,8G + \vec{S}$	
		T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)
4	1-2	13,37	13,16	14,58	14,33	10,82	10,57	9,34	9,02	5,58	5,26
	2-3	12,63	12,75	13,75	13,87	10,19	10,31	8,69	8,84	5,13	5,28
	3-4	10,29	10,47	12,21	12,4	7,29	7,48	8,06	8,29	3,14	3,37
	4-5	8,51	8,80	11,78	12,11	4,30	4,63	8,29	8,72	0,81	1,24
3	1-2	13,37	13,16	15,57	15,92	10,63	8,98	9,93	10,61	4,99	3,67
	2-3	12,63	12,75	14,38	14,5	9,56	9,68	9,32	9,47	4,5	4,65
	3-4	10,29	10,47	13,1	13,29	6,4	6,59	8,95	9,18	2,25	2,48
	4-5	8,51	8,80	12,92	13,25	3,16	3,49	9,43	9,86	-0,33	0,10
2	1-2	13,86	13,63	16,31	16,05	10,07	9,81	10,97	10,65	4,73	4,41
	2-3	13,11	13,19	21,51	15,61	15,37	9,47	10,36	10,49	4,22	4,35
	3-4	10,68	10,84	14,39	14,57	5,87	6,05	10,16	10,39	1,64	1,87
	4-5	8,81	9,12	14,51	14,85	2,19	2,53	10,96	11,39	-1,36	-0,93
1	1-2	12,29	16,41	17,51	17,35	12,75	12,91	9,83	10,13	5,23	5,53
	2-3	15,52	15,53	16,94	19,98	15,0	11,96	9,90	9,78	4,92	4,80
	3-4	12,66	12,74	15,92	16,04	7,76	7,64	10,26	10,05	1,98	1,77
	4-5	10,51	10,67	15,93	16,15	3,81	3,59	11,39	10,98	-0,95	-1,36

EFFORTS TRANCHANTS PORTIOUE 1-1

Niveau	Travée	$G + 1,2P$		$G + P + \vec{S}$		$G + P + \overleftarrow{S}$		$0,8G + \vec{S}$		$0,8G + \overleftarrow{S}$	
		T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)
8	1-2	1,08	1,57	1,92	2,44	0,22	0,71	1,68	2,03	-0,02	0,33
	2-3	1,69	1,73	2,25	2,29	0,55	1,15	1,87	1,90	0,73	0,76
	3-4	1,71	1,71	2,26	2,26	1,14	1,14	1,87	1,87	0,75	0,75
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,73	1,69	2,29	2,25	1,15	0,55	1,90	1,87	0,76	0,73
	6-7	1,57	1,08	2,44	1,92	0,71	0,22	2,03	1,68	0,33	-0,02
7	1-2	2,24	2,93	4,47	5,15	-0,01	0,67	3,97	4,5	-0,51	0,02
	2-3	3,34	3,43	4,80	4,89	1,84	1,93	4,05	4,12	1,09	1,16
	3-4	3,39	3,39	4,81	4,81	1,91	1,91	4,06	4,06	1,16	1,16
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	3,48	2,15	4,94	3,61	1,98	0,65	4,17	3,11	1,21	0,15
	6-7	1,56	0,98	3,78	3,21	-0,78	-1,27	3,4	-1,08	2,96	-1,52
6	1-2	2,25	2,92	5,71	6,38	-1,25	-0,58	5,21	5,73	-1,75	-1,23
	2-3	3,34	3,43	5,73	5,82	0,91	1,00	4,98	5,05	0,16	0,23
	3-4	3,39	3,39	5,72	5,72	1,00	1,00	4,97	4,97	0,25	0,25
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	3,48	3,29	5,87	5,68	1,05	0,86	5,09	4,94	0,27	0,12
	6-7	1,55		5,01		1,95		4,63		-2,33	
5	1-2	2,25	2,92	6,98	7,64	-2,50	-1,84	6,17	6,99	-3,01	-2,49
	2-3	3,34	3,43	6,51	6,63	0,10	0,19	5,79	5,86	-0,65	-0,58
	3-4	3,39	3,38	6,51	6,51	0,21	0,21	5,76	5,76	-0,54	-0,54
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	3,48	3,29	6,62	6,49	0,24	0,05	5,90	5,75	-0,53	-0,69
	6-7	1,55	0,99	6,27	5,71	-3,21	-3,78	5,89	5,46	-3,59	-4,02

PORTIQUE (d-1) Suite.

Niveau	Travée	$G + 1,2P$		$G + P + \vec{S}$		$G + P + \overleftarrow{S}$		$0,8G + \vec{S}$		$0,8G + \overleftarrow{S}$	
		T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)
4	1-2	1,55	2,11	7,55	8,11	-4,49	-3,93	7,17	7,59	-4,87	-4,45
	2-3	2,33	2,39	6,39	6,45	-1,79	-1,73	5,81	5,86	-2,37	-2,32
	3-4	2,36	2,36	6,33	6,33	-1,67	-1,67	5,74	5,74	-2,26	-2,26
	4-5	2,31	2,4	6,28	6,37	-1,72	-1,63	5,71	5,78	-2,29	-2,22
	5-6	3,5	3,45	7,56	7,51	-0,62	-0,67	6,75	6,71	-1,43	-1,47
	6-7	2,27	1,40	8,27	7,4	-3,77	-4,64	7,71	7,04	-4,33	-5,0
3	1-2	1,55	3,11	8,81	10,37	-5,75	-4,19	8,43	9,65	-6,13	-4,99
	2-3	2,33	2,39	7,25	7,31	-2,69	-2,59	6,67	6,72	-3,23	-3,18
	3-4	2,36	2,36	7,17	7,17	-2,51	-2,51	6,58	6,58	-3,1	-3,1
	4-5	2,31	2,4	7,12	7,21	-2,56	-2,47	6,55	6,62	-3,13	-3,06
	5-6	3,50	3,45	8,42	8,37	-1,48	-1,53	7,69	7,57	-2,29	-2,33
	6-7	2,27	1,4	9,53	8,66	-5,03	-5,9	8,97	8,3	-5,59	-6,26
2	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-3	4,63	4,95	10,27	10,6	-1,08	-0,76	9,25	9,49	-2,11	-1,87
	3-4	1,21	1,71	6,73	7,23	-4,37	-3,87	6,37	6,77	-4,73	-4,33
	4-5	1,49	1,37	7,01	6,89	-4,09	-4,21	6,60	6,51	-4,50	-4,59
	5-6	3,53	3,42	9,18	9,07	-2,18	-2,29	8,35	8,28	-3,61	-3,08
	6-7	1,30	0,88	9,63	9,21	-7,07	-7,49	9,25	8,97	-7,45	-7,73

PORTIQUE III EFFORTS TRANCHANTS

Niveau	Travée	$G + 1,2P$		$G + P + \vec{S}_H$		$G + P + \overleftarrow{S}_H$		$0,8G + \vec{S}_H$		$0,8G + \overleftarrow{S}$	
		T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)	T_w (t)	T_e (t)
4	1-2	1,27	1,65	7,26	7,62	-4,78	-4,42	6,85	7,10	-5,19	-4,94
	2-3	1,89	1,94	5,92	5,97	-2,26	-2,21	5,33	5,36	-2,85	-2,82
	3-4	1,92	1,92	5,86	5,86	-2,14	-2,14	5,25	5,25	-2,75	-2,75
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,94	1,89	5,97	5,92	-2,21	-2,26	5,36	5,33	-2,82	-2,85
	6-7	1,65	1,27	7,62	7,26	-4,42	-4,78	7,1	6,85	-4,94	-5,19
3	1-2	1,27	1,65	8,52	8,88	-6,04	-5,68	8,11	8,36	-6,45	-6,20
	2-3	1,89	1,94	6,78	6,83	-3,12	-3,07	6,19	6,22	-3,71	-3,68
	3-4	1,92	1,92	6,70	6,70	-2,98	-2,98	6,09	6,09	-3,59	-3,59
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,94	1,89	6,83	6,78	-3,07	-3,12	6,22	6,19	-3,68	-3,71
	6-7	1,65	1,27	8,88	8,52	-8,68	-6,04	8,36	8,11	-6,20	6,45
2	1-2	1,44	1,84	9,75	10,14	-6,95	-6,56	9,32	9,58	-7,38	-7,12
	2-3	1,94	1,98	7,56	7,60	-3,8	-3,76	6,95	6,98	-4,41	-4,38
	3-4	1,96	1,96	7,45	7,45	-3,65	-3,65	6,83	6,83	-4,27	-4,27
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,98	1,94	7,60	7,55	-3,75	-3,81	6,98	6,95	-4,38	-4,41
	6-7	1,69	1,30	9,99	9,61	-6,71	-7,09	9,46	9,20	-7,24	-7,50
1	1-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-3	2,03	2,30	7,14	7,67	-3,52	-3,26	6,66	6,83	-4,26	-4,09
	3-4	2,15	2,18	7,78	7,81	-3,66	-3,64	7,01	7,00	-4,43	-4,44
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	2,2	2,14	7,56	7,51	-3,36	-3,41	6,76	6,73	-4,16	-4,19
	6-7	1,86	1,45	9,22	8,83	-5,66	-6,05	8,54	8,30	-6,34	-6,58

EFFORTS TRANCHANTS PORTIQUE III

Niveau	Travée	G + 1,2.P		G + P + \bar{S}_H		G + P + \bar{S}_H		0,8G + \bar{S}_H		0,8G + \bar{S}_H	
		T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)
8	1-2	1,87	2,14	2,74	2,99	0,96	1,21	2,25	2,41	0,47	0,63
	2-3	2,30	2,31	2,87	2,87	1,65	1,65	2,24	2,24	1,02	1,02
	3-4	2,30	2,30	2,86	2,86	1,66	1,66	2,23	2,23	1,03	1,03
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	2,31	2,30	2,87	2,87	1,65	1,65	2,24	2,24	1,02	1,02
	6-7	2,14	1,87	2,99	2,74	1,21	0,96	2,41	2,25	0,63	0,47
7	1-2	-1,76	2,31	4,07	4,6	-0,65	-0,12	3,52	3,84	-1,20	-0,83
	2-3	2,53	2,80	4,02	4,28	0,90	1,16	3,22	3,42	0,10	0,30
	3-4	4,61	4,8	6,06	6,25	3,00	3,19	4,85	5,00	1,79	1,94
	4-5	4,71	4,71	6,16	6,16	3,1	3,1	4,92	4,92	1,86	1,86
	5-6	5,05	4,36	6,53	5,85	3,41	2,73	5,22	4,68	2,10	1,56
	6-7	2,31	1,76	4,60	4,07	-0,12	-0,65	3,89	3,52	-0,83	-1,20
6	1-2	1,78	2,80	5,39	5,9	-1,95	-1,44	4,85	5,19	-2,49	-2,15
	2-3	2,54	2,79	5,01	5,27	-0,09	0,17	4,29	4,41	-0,89	-0,69
	3-4	4,61	4,80	7,03	7,21	2,05	2,23	5,81	5,96	0,83	0,98
	4-5	4,71	4,71	7,12	7,12	2,14	2,14	5,88	5,88	0,90	0,90
	5-6	3,01	2,32	5,48	4,79	0,38	-0,31	4,58	4,04	-0,52	-1,06
	6-7	2,30	1,77	5,90	5,39	-1,44	-1,95	5,19	4,84	-2,15	-2,50
5	1-2	1,16	1,50	5,99	6,33	-3,73	-3,89	5,66	5,89	-4,06	-3,83
	2-3	1,72	1,76	4,98	5,02	-1,62	-1,58	4,48	4,51	-2,12	-2,09
	3-4	1,74	1,74	4,93	4,93	-1,53	-1,53	4,43	4,43	-2,03	-2,03
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,76	1,72	5,02	4,98	-1,58	-1,62	4,51	4,48	-2,09	-2,12
	6-7	1,50	1,16	6,63	5,99	-3,39	-3,73	5,89	5,66	-3,83	-4,06

Poztique 4-4 - efforts tranchants -

Niveau	Tranche	G + 1,2P		G + P + \vec{S}		G + P + \overleftarrow{S}		0,8G + \vec{S}		0,8G + \overleftarrow{S}	
		T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)	T _w (t)	T _e (t)
8	1-2	1,15	1,65	1,99	2,48	0,29	0,78	1,91	2,07	1,06	0,37
	2-3	1,81	1,85	2,37	2,41	1,21	1,25	2,25	1,95	1,67	0,79
	3-4	1,83	1,83	2,38	2,38	1,24	1,24	2,26	1,92	1,69	0,78
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,85	1,81	2,41	2,37	1,25	1,21	2,29	1,92	1,71	0,76
	6-7	1,64	1,14	2,47	1,98	0,77	0,28	2,37	1,70	1,52	-0,001
7	1-2	1,15	1,52	3,36	3,72	-1,12	-0,78	3,23	3,28	0,99	-1,20
	2-3	1,74	1,74	3,18	3,18	0,22	0,22	2,98	2,67	1,5	-0,29
	3-4	"	"	3,15	3,15	0,25	0,25	2,94	2,75	1,49	-0,26
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	"	1,75	3,18	3,19	0,22	0,23	2,97	2,68	"	0,28
	6-7	1,51	1,16	3,71	3,37	-0,77	-1,11	3,54	3,03	1,30	1,45
6	1-2	1,16	2,51	4,62	5,93	-2,36	-1,02	4,48	5,32	0,99	1,66
	2-3	1,72	1,76	4,10	4,14	-0,7	-0,7	3,89	3,63	1,47	-1,21
	3-4	1,74	1,74	4,07	4,07	-0,67	-0,67	3,86	3,56	1,49	-1,18
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,76	1,71	4,14	4,09	-0,7	-0,75	3,94	3,6	-1,52	-1,24
	6-7	1,50	1,16	4,96	4,62	-2,02	-2,36	4,78	4,28	1,29	-2,7
5	1-2	1,16	1,51	5,97	6,31	-3,71	-3,37	5,83	5,87	0,99	-3,81
	2-3	1,72	1,77	4,98	5,03	-1,62	-1,57	4,77	4,52	1,47	-2,08
	3-4	1,74	1,74	4,92	4,92	-1,52	-1,52	4,71	4,41	1,49	-2,03
	4-5	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
	5-6	1,76	1,71	5,02	1,97	-1,58	-1,63	4,82	4,48	-1,52	-2,12
	6-7	1,50	1,16	6,31	5,97	-3,37	-3,75	-6,13	5,63	1,29	-4,05

FERRAILLAGE DES POUTRES

1. Généralités :

Les poutres sont soumises à un moment et un effort normal (effort tranchant, dans les poteaux), dans chacune de leurs sections.

Le calcul devrait être fait en flexion composée, mais compte tenu de l'article A-13 du C.C.B.A 68 qui stipule que par simplification, on ne fait pas état des efforts normaux dans les poutres, alors le se ramène à la flexion simple.

Les efforts (en vue du ferrailage) seront déterminés d'après les combinaisons suivantes :

- Sollicitation du 1^{er} genre :

$$* G + 1,2P \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

- Sollicitation du 2nd genre :

$$\begin{array}{l} * G + P + S \\ * 0,8G + S \end{array} \quad \text{avec} \quad \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 205,5 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

Le calcul des armatures se fera, en utilisant la méthode de M^r P. CHARON, que l'on compare aux règles données par le complément du C.T.C.

2. Exposé de la méthode :

a. Calcul des armatures longitudinales aux appuis et en travées :

À partir des superpositions des sollicitations du 1^{er} genre et du 2nd genre, on relève la valeur maximale pour chacune des deux combinaisons et on fait la comparaison suivante :

$$* \text{ Si } 1,5 M(SP_1) > M(SP_2) \Rightarrow \text{On prend } M = M(SP_1)$$

$$* \text{ Si } 1,5 M(SP_1) < M(SP_2) \Rightarrow \text{On prend } M = M(SP_2)$$

Les armatures longitudinales seront déterminées à partir du moment M obtenu après comparaison.

On calculera :
$$\mu = \frac{15. M}{\bar{\sigma}_a . b . h^2}$$

D'après les tableaux de P. CHARON, On obtient les valeurs de ϵ , K .

Ensuite On vérifiera si $\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} \leq \bar{\sigma}'_b$ si les armatures comprimées sont nécessaires.

Et On calculera A telle que :

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a . \epsilon . h}$$

b). Vérifications :

i). Condition de non fragilité :

Il faut que la section d'armatures tendues soit supérieure à une valeur limite :

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

ii). Condition de la flèche (art. 61 du C.C.B.A 68) :

$$A < \frac{43}{\bar{\sigma}_{en}} . b . h \quad (1)$$

Le calcul de la flèche est inutile si les 3 conditions suivantes sont vérifiées :

* (1)

* $\frac{h_t}{l} > \frac{1}{16} \quad (2)$

* $\frac{h_t}{l} > \frac{M_t}{10 M_0} \quad (3)$

iii). Condition de non entraînement (art. 29 du C.C.B.A 68) :

Elle est vérifiée par les aciers tendus dans les endroits critiques.

On la vérifie généralement dans les sections où l'effort tranchant est maximum.

On prend la plus défavorable des sollicitations :

* Si $1,5 T(SP_1) > T(SP_2) \Rightarrow$ On prend $T = T(SP_1)$.

* Si $1,5 T(SP_1) < T(SP_2) \Rightarrow$ On prend $T = T(SP_2)$.

$\bar{\sigma}_d = 2. \psi_d. \bar{\sigma}_b$ avec $\psi_d = 1.5$ (acier H.A)

$\bar{\sigma}_d =$

$\sigma_d = \frac{T_{max}}{m.p.z}$ avec $z = \frac{7}{8}.h$ et $p = \pi \phi$.

iv) Justification d'about :

a) Longueur d'appui :

La longueur d'appui nécessaire doit satisfaire l'inégalité suivante :

$c \geq c_0 = \frac{2.T}{b. \bar{\sigma}_{b_0}}$

où : $c = a - (d + z)$

c_0 : longueur de la bielle nécessaire pour transmettre les efforts de la poutre au poteau.

T : effort tranchant de l'appui de rive.

c : distance de l'appui au point où commence l'encrage.

d : enrobage ($d = 3cm$)

z : rayon de courbure ($z = 5\phi$)

a : largeur de la poutre ($a = 35cm$)

β) Armatures inférieures :

Aux appuis la section des armatures inférieures doit satisfaire l'inégalité suivante :

$A. \bar{\sigma}_s \geq T + \frac{M}{z}$

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

v) Condition de non écrasement du béton : (art 30.62)

afin qu'il n'y ait pas écrasement du béton, le rayon de courbure doit satisfaire :

$z \geq 0.10 \phi \frac{\bar{\sigma}_s}{\bar{\sigma}_{b_0}} (1 + \frac{\phi}{d_1}) \cdot \gamma$ avec $\gamma = 1$ et $d_1 = 5\phi + d$.

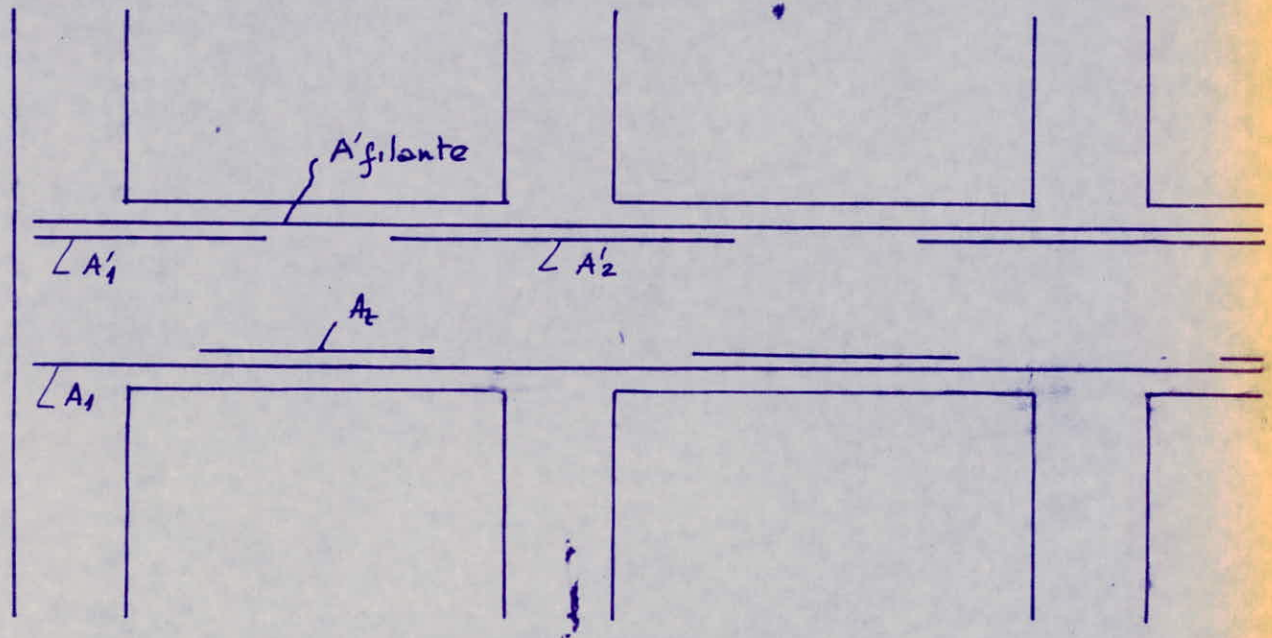
Remarque: C.T.C (RPA 81)

- Le pourcentage total minimum des aciers longitudinaux sur toute la longueur de la poutre doit être de :

- * 0,3 % pour les aciers H.A ($A \geq 0,003 \cdot b \cdot h = 5,78 \text{ cm}^2$)
- * 0,5 % pour les aciers doux.

- Le pourcentage total maximum des aciers longitudinaux est de : 2,5 % .

- Les poutres supportant les charges verticales des planches doivent comporter des armatures filantes (supérieures et inférieures) d'une section minimale. (voir ci-dessous)



$$A'_{\text{filante}} \geq \text{Max} \left(\frac{A'_1}{4} ; \frac{A'_2}{4} ; 3 \text{ cm}^2 \right)$$

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

vi) Vérification à la fissuration

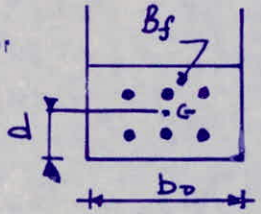
$$\cdot \sigma_1 = k \cdot \frac{\eta}{\phi} \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f}$$

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

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}$$

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

$$\text{avec } B_f = 2 \cdot b_0 \cdot d$$



A = Section d'armature tendues.

b) Calcul des Armatures transversales et espacement :

i) Armatures transversales :

La contrainte de cisaillement du béton est prise égale à :

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} \quad (\text{art. 25. C.C.B.A 68})$$

On doit vérifier cependant :

$$\tau_b \leq 3,5 \cdot \bar{\sigma}_b \quad \text{si} \quad \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$\tau_b \leq \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\sigma'_{b0}}\right) \cdot \bar{\sigma}_b \quad \text{si} \quad \bar{\sigma}'_{b0} \leq \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$$

ii) Espacement des Cadres et étriers :

L'espacement t est donné par :

$$t \leq \frac{\bar{\sigma}_{ar} \cdot z \cdot A_t}{T} \quad ; \quad z = \frac{7}{8} \cdot h$$

$$\bar{\sigma}_{ar} = \rho \cdot \bar{\sigma}_{en}$$

$$\text{avec } \rho = \max\left(\frac{2}{3} ; \left(1 - \frac{\tau_b}{9 \bar{\sigma}_b}\right)\right)$$

$$t \leq \bar{t} = \max\left(0,2h ; h\left(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}\right)\right)$$

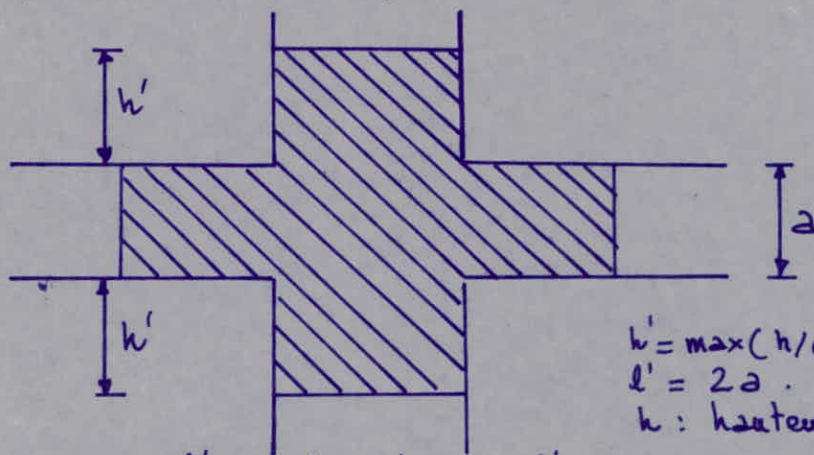
C.T.C :

L'espacement maximum des armatures transversales est de :

zone nodale : $t' = \min(0,3 \cdot h, 12 \phi)$

zone courante : $t' = 0,5 \cdot h$

Définition de la zone nodale :



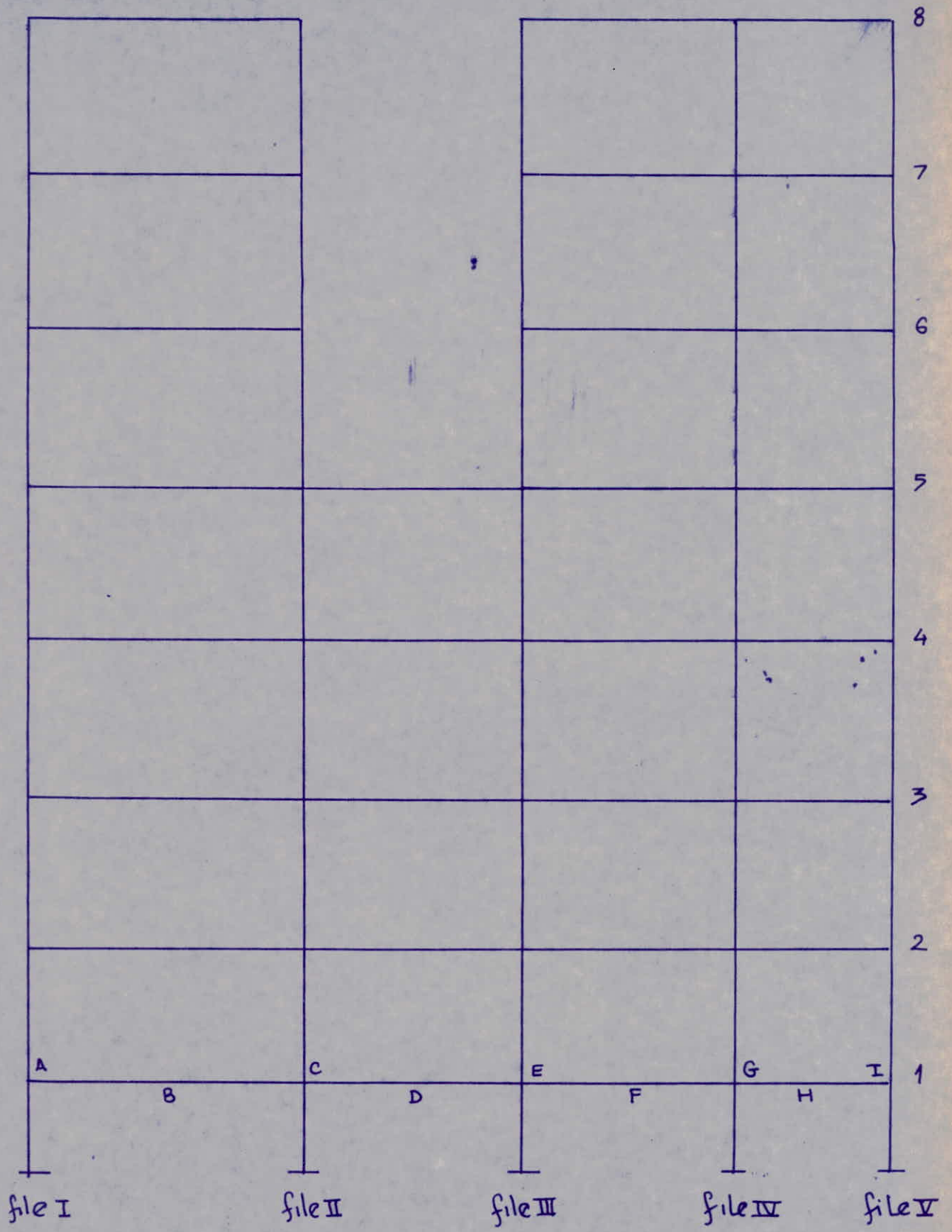
$$h' = \max(h/6 ; b_1, b_2, 6 \text{Dem})$$

$$l' = 2a$$

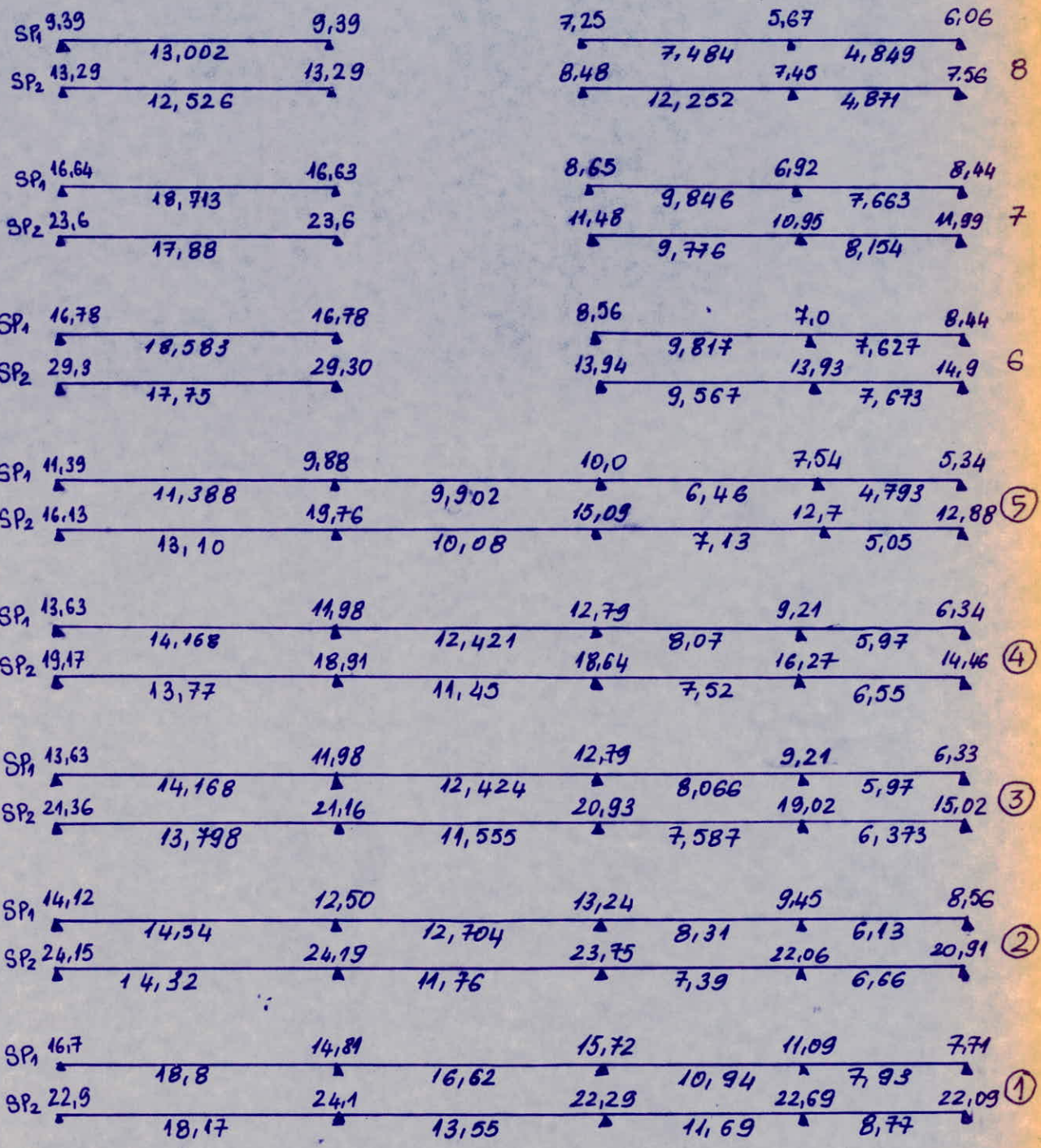
h : hauteur d'étage.

a : hauteur de la jointe.
 b_1 et b_2 : cotés du poteau.

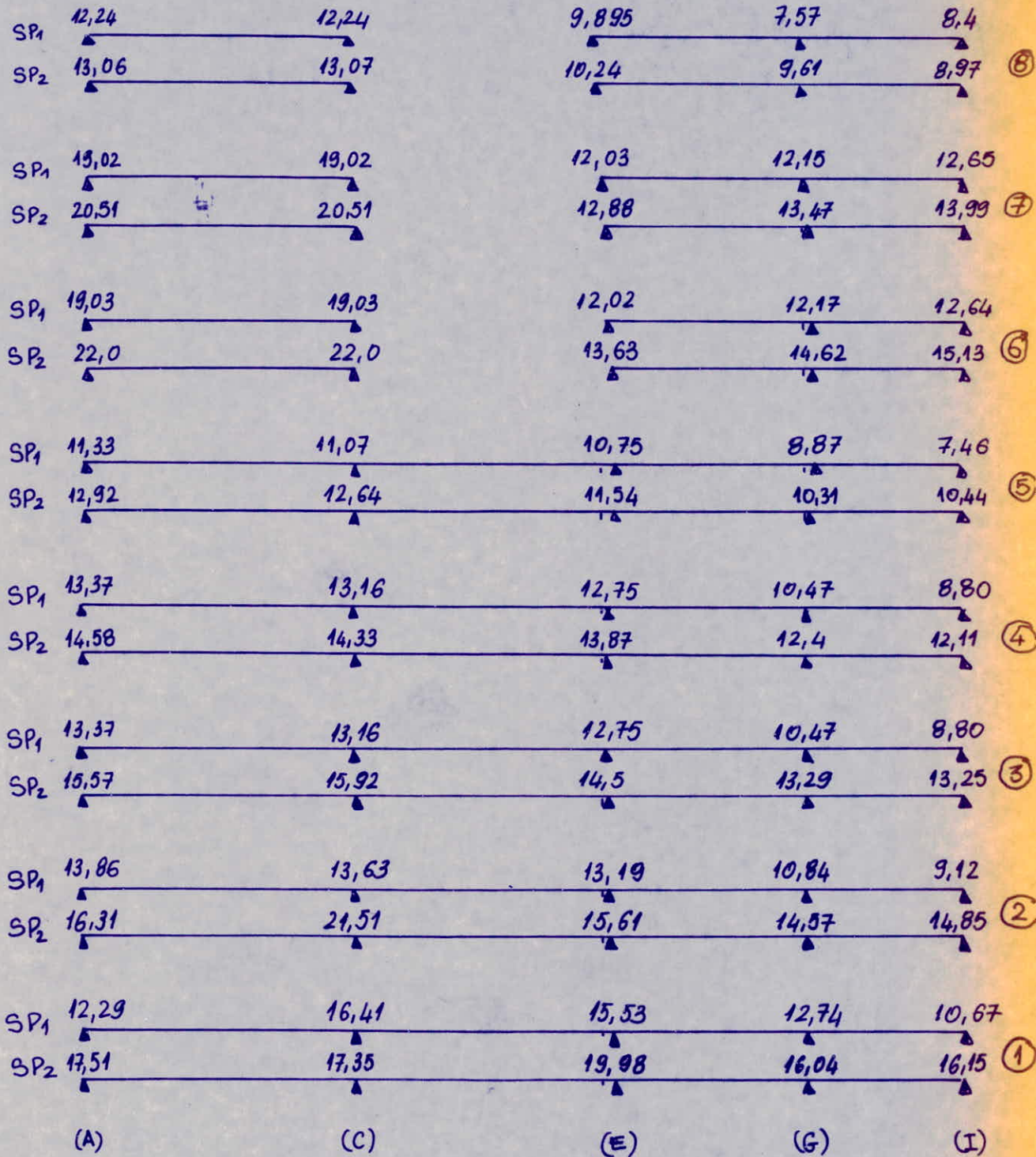
Portique Longitudinal III-III



Moments aux appuis et en travées sous SP₁ et SP₂ :



EFFORTS TRANCHANTS Sous SP₁ et SP₂ :



Ferraillage des poutres :

$A_{min} = 4T14 (6,16 \text{ cm}^2)$

Section	4,5M(SPa) (t.m)	M(SPa)	Mcalcul (t.m)	μ	ϵ	K	A (cm ²)	barres choisies	Achoisies (cm ²)	
8	A	1,5 x 9,39 = 14,085	13,29	9,39	0,0476	0,9081	39,4	6,71	2T16+2T14	7,10
	B	1,5 x 13,002	12,526	13,002	0,0659	0,8943	32,3	9,44	2T20 2T16	10,30
	E	1,5 x 7,25	8,48	7,25	0,0368	0,918	46	5,13	4T14	6,16
	F	1,5 x 7,484 = 11,226	12,252	12,252	0,0414	0,9135	42,8	5,80	4T14	6,16
	G	1,5 x 7,5	7,45	7,5	0,038	0,9169	45,2	5,31	4T14	6,16
	H	1,5 x 4,849	4,871	4,849	0,0246	0,9315	58	3,38	4T14	6,16
7	A	1,5 x 16,64	23,6	16,64	0,0844	0,8826	27,6	12,24	4T20	12,56
	B	1,5 x 18,713	17,88	18,713	0,0949	0,8768	25,6	13,86	4T16 4T14	14,20
	E	1,5 x 8,65	11,48	8,65	0,0439	0,9114	41,4	6,53	2T16 2T14	7,10
	F	1,5 x 9,846	9,776	9,846	0,0499	0,906	38,2	7,06	2T16 2T14	7,10
	G	1,5 x 6,92	10,95	10,95	0,037	0,9178	45,8	5,17	4T14	6,16
	H	1,5 x 7,663	8,154	7,663	0,0389	0,9161	44,6	5,43	4T14	6,16
6	A	1,5 x 16,78	29,30	29,30	0,0991	0,8747	24,9	14,5	6T16 2T14	15,15
	B	1,5 x 18,58	17,75	18,58	0,0942	0,8771	25,7	13,76	4T16 4T14	14,2
	E	1,5 x 8,56	13,94	13,94	0,0470			7,02	2T16 2T14	7,10
	F	1,5 x 9,82	9,57	9,82	0,0498	0,9064	38,4	7,03	2T16 2T14	7,10
	G	1,5 x 7,0	13,93	13,93	0,0471	0,9084	39,6	6,64	2T16 2T14	7,10
	H	1,5 x 7,63	7,67	7,63	0,0387	0,9161	44,6	5,41	4T14	6,16
5	A	1,5 x 11,39	16,13	11,39	0,0578	0,90	35,0	8,22	4T14 2T12	8,42
	B	1,5 x 11,39	13,10	11,39	0,0578	0,90	35,0	8,22	4T14 2T12	8,42
	C	1,5 x 9,88	19,76	19,76	0,0668	0,8936	32	9,57	2T20 2T16	10,30
	D	1,5 x 9,902	10,08	9,902	0,0502	0,906	38,2	7,10	2T16 2T14	7,10
	E	1,5 x 10,0	15,09	15,09	0,051	0,9053	47,8	7,21	4T16	8,04
	F	1,5 x 6,46	7,13	6,46	0,0328	0,9221	49,2	4,55	4T14	6,16
	G	1,5 x 7,54	12,70	12,70	0,0429	0,9123	42	6,03	4T14	6,16
	H	1,5 x 4,79	5,50	4,79	0,0243	0,932	58,5	3,34	4T14	6,16

N ^o de section	Section	M (SP ₁) (t.m)	M (SP ₂) (t.m)	M calcul (t.m)	μ	ε	K	A (cm ²)	barres Choisies	Achoisie (cm ²)
4	A	1,5 x 13,63	19,17	13,63	0,0691	0,892	31,3	9,92	2T20 2T16	10,3
	B	1,5 x 14,17	13,77	14,17	0,0719	0,8903	30,6	10,33	4T16 2T14	11,12
	C	1,5 x 11,98	18,91	18,91	0,0639	0,8956	32,9	9,14	6T14	9,23
	D	1,5 x 12,42	11,45	12,42	0,0630	0,8963	33,2	9,0	6T14	9,23
	E	1,5 x 12,79	18,64	12,79	0,0649	0,895	32,6	9,28	2T20 2T16	10,3
	F	1,5 x 8,07	7,52	8,07	0,0409	0,9141	43,2	5,73	4T14	6,16
	G	1,5 x 9,21	16,27	16,27	0,055	0,9023	36,2	7,81	4T16	8,04
	H	1,5 x 5,97	6,55	5,97	0,0303	0,9248	51,5	4,19	4T14	6,16
3	A	1,5 x 13,63	21,36	21,36	0,0722	0,8901	30,5	10,39	4T16 2T14	11,12
	B	1,5 x 14,17	13,80	14,17	0,0719	0,8903	30,6	10,33	4T16 2T14	11,12
	C	1,5 x 11,98	21,16	21,16	0,0715	0,8906	30,7	10,29	2T20 2T16	10,3
	D	1,5 x 12,424	11,56	12,424	0,063	0,8965	33,3	9,0	6T14	9,23
	E	1,5 x 12,79	20,93	20,93	0,0708	0,8911	30,9	10,17	2T20 2T16	10,30
	F	1,5 x 8,066	7,587	8,066	0,0409	0,9141	43,2	5,73	4T14	6,16
	G	1,5 x 9,21	19,02	19,02	0,0643	0,8954	32,8	9,20	6T14	9,23
	H	1,5 x 5,97	6,87	5,97	0,0303	0,9248	51,5	4,19	4T14	6,16
2	A	1,5 x 14,12	24,15	24,15	0,0817	0,8843	28,2	11,82	6T16	12,06
	B	1,5 x 14,54	14,32	14,54	0,0737	0,8891	30,1	10,62	4T16 2T14	11,12
	C	1,5 x 12,5	24,19	24,19	0,0818	0,884	28,1	11,85	6T16	12,06
	D	1,5 x 12,704	11,76	12,704	0,0644	0,8954	32,8	9,21	6T14	9,23
	E	1,5 x 13,24	23,75	23,75	0,0803	0,8851	28,5	11,62	6T16	12,06
	F	1,5 x 8,31	7,39	8,31	0,0421	0,9129	42,4	5,91	4T14	6,16
	G	1,5 x 9,45	22,06	22,06	0,0746	0,8886	29,9	10,75	4T16 2T14	11,12
	H	1,5 x 6,13	6,66	6,13	0,0311	0,9237	50,5	4,31	4T14	6,16
1	A	1,5 x 16,7	22,9	22,9	0,0773	0,8869	29,2	11,18	6T16	12,06
	B	1,5 x 18,8	18,17	18,8	0,0951	0,8768	25,6	13,92	4T16 4T14	14,2
	C	1,5 x 14,81	24,10	24,10	0,0813	0,8845	28,3	11,80	6T16	12,06
	D	1,5 x 16,62	13,55	16,62	0,0841	0,8829	27,7	12,22	4T20	12,56
	E	1,5 x 15,72	22,29	22,29	0,0752	0,8881	29,7	10,87	4T16 2T14	11,12
	F	1,5 x 10,94	11,69	10,94	0,0554	0,902	36,0	7,88	4T16	8,04
	G	1,5 x 11,09	22,69	22,69	0,0766	0,8874	29,4	10,07	4T16 2T14	11,12
	H	1,5 x 7,93	8,77	7,93	0,0401	0,915	43,8	5,63	4T14	6,16

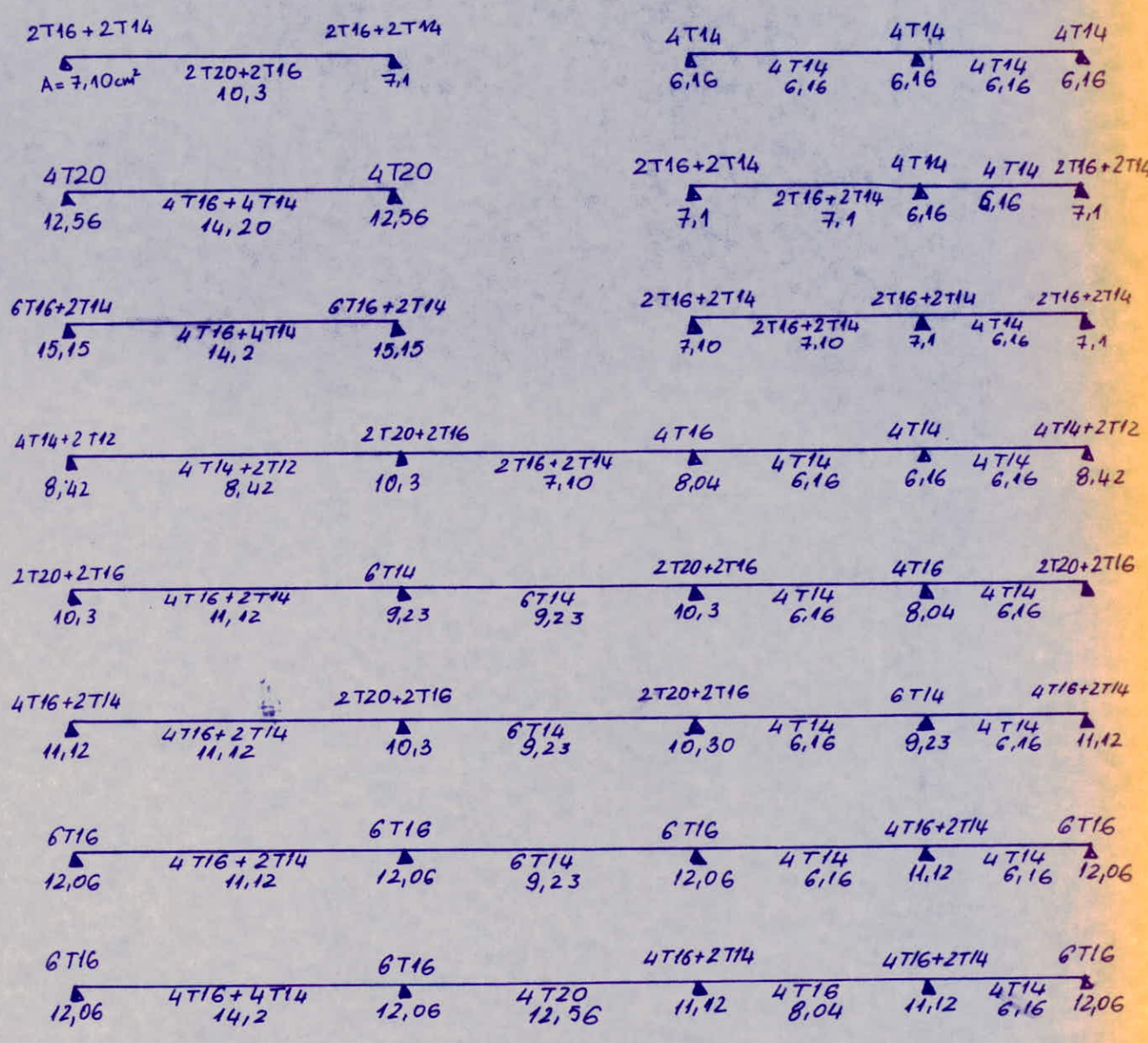
Vérification des Contraintes

N°	S	Mécanisme	ρ	Admission	σ'_b	σ_a	$I \text{ (cm}^4\text{)}$	$x \text{ (cm)}$	$\sigma_1 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$
8	A	9,39	1	7,10	69,45	2653,9	209611,8	15,50	3160,24
	B	13,002	1	10,3	83,99	2577,22	279547,7	18,06	3227,15
	E	7,25	2	6,16	56,59	2347,71	187119,8	14,60	3293,82
	F	12,252	1	"	95,62	3967,46	"	"	4940,73
	G	7,50	"	"	58,54	2428,7	"	"	3293,82
	H	4,849	"	"	37,85	1570,21	"	"	"
7	A	16,64	"	12,56	100,37	2732,36	323936,6	19,54	3715,98
	B	18,713	"	14,20	108,32	2735,8	354033	20,49	4660,83
	E	8,65	"	7,10	63,98	2444,83	209611,8	15,50	3160,24
	F	9,846	"	"	72,82	2782,9	"	"	"
	G	10,95	2	6,16	85,46	3545,8	187119,8	14,6	4940,73
	H	7,663	1	"	59,81	2481,4	"	"	3293,82
6	A	29,30	2	15,15	166,04	4029,42	370745,9	21,01	4871,33
	B	18,58	1	14,2	107,55	2718,4	354033	20,49	4660,80
	E	14,9	2	8,08	105,05	3721,84	232043	16,36	4740,36
	F	9,82	1	7,10	72,63	2775,52	209611,8	15,50	3160,24
	G	13,93	2	"	"	3937,16	"	"	4740,36
	H	7,63	1	6,16	59,55	2470,8	187119,8	14,60	3293,82
5	A	12,88	2	"	100,53	4170,8	1 "	14,60	3747,22
	B	11,39	1	8,42	79,1	2735,35	239602,7	16,64	"
	C	19,76	2	10,30	127,65	3916,8	279547	18,06	4223,23
	D	9,902	1	7,10	73,24	2798,7	209611,8	15,5	3160,24
	E	15,02	2	8,04	106,6	3787,2	231146,4	16,32	5222,29
	F	6,46	1	6,16	50,42	2091,9	187119,8	14,60	3293,82
	G	12,7	2	6,16	99,12	4112,53	"	"	4940,74
	H	4,79	1	6,16	37,39	1551,1	"	"	3293,82

vérification des Contraintes (suite)

NIV	S.P.F.	Mcalect (t.m)	S P	A choisies	σ_b (kg/cm ²)	σ_a (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	X (cm)	σ_1 (kg/cm ²)
4	A	14,46	2	7,10	106,95	4086,96	209611,8	15,50	4740,36
	B	14,17	1	11,12	89,12	2611,6	296076,3	18,62	3913,66
	C	18,91	2	9,23	127,02	4160,63	257183,9	17,28	5929,12
	D	12,42	1	9,23	83,43	2732,7	"	"	3952,75
	E	12,79	1	10,3	82,63	2535,2	279547,7	18,06	3227,15
	F	8,07	1	6,16	62,985	2613,24	187119,8	14,6	3293,82
	G	16,27	2	8,04	114,91	4083,3	231146,4	16,33	5222,29
	H	5,97	1	6,16	46,59	1933,2	187119,8	14,60	3293,82
3	A	21,36	2	11,12	134,34	3936,8	296076,3	18,62	5870,49
	B	14,17	1	"	89,12	2611,6	"	18,62	3913,66
	C	21,16	2	10,13	136,70	4194,3	279547,7	18,06	4840,73
	D	12,424	1	9,23	83,50	2733,6	257183,9	17,28	3952,75
	E	20,93	2	10,30	135,22	4148,7	279547,7	18,06	4223,23
	F	8,066	1	6,16	62,95	2611,9	187119,8	14,60	3293,82
	G	19,02	2	9,23	127,76	4184,84	257183,9	17,28	5929,13
	H	5,97	1	6,16	46,59	1933,21	187119,8	14,60	3293,82
2	A	24,15	2	12,06	147,7	4121,17	314423,3	19,23	5942,84
	B	14,54	1	11,12	91,45	2679,8	296076,3	18,62	3913,66
	C	24,19	2	12,06	147,94	4128	314423,3	19,23	5942,81
	D	12,704	1	9,23	85,34	2795,2	257183,9	17,28	3952,75
	E	23,75	2	12,06	145,25	4052,9	314423,3	19,23	5942,84
	F	8,31	1	6,16	64,86	2690,96	187119,8	14,60	3293,84
	G	22,06	2	11,12	138,74	4065,8	296076,3	18,62	5870,49
	H	6,13	1	6,16	47,84	1985,03	187119,8	14,60	3293,84
1	A	22,9	2	11,12	138,9	4071,31	296076,3	18,62	5870,09
	B	18,8	1	14,2	108,83	2748,6	354033	20,49	4660,83
	C	24,1	2	12,06	147,39	4112,6	314423,3	19,23	5942,84
	D	16,62	1	12,56	100,25	2729,1	323936,6	19,54	3715,98
	E	22,29	2	11,12	140,19	4108,2	296076,3	18,62	5870,49
	F	10,94	1	8,04	77,27	2745,7	231146,4	16,33	3484,52
	G	22,69	2	11,12	142,70	4181,89	296076,3	18,62	5870,49
	H	7,93	1	6,16	61,9	2567,9	187119,8	14,6	3293,84

Ferraillage des Poutres :



Vérifications :

1. Condition de non fragilité (art 52)

$$A_1 \geq 0,69 b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{bn}} = 0,69 \cdot 35 \cdot 55 \cdot \frac{5,9}{4200} = 1,87 \text{ cm}^2 \text{ vérifiée}$$

2. Conditions de La flèche (art 61)

$$A < \frac{43}{\bar{\nu}_{en}} \cdot b \cdot h = \frac{43}{4200} \cdot 35 \cdot 55 = 19,71 \text{ cm}^2$$

$$A_{max} = 15,15 \text{ cm}^2 < 19,71 \text{ cm}^2 \text{ - vérifiée -}$$

3. Condition de non outrainement (art 29)

$$\bar{\sigma}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)} ; \bar{\sigma}_d = 26,55 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)}$$

$$z = \frac{f}{8} \cdot h = \frac{7}{8} \cdot 55 = 48,13 \text{ cm}$$

Il faut que : $\sigma_d = \frac{T_{max}}{m.p. \cdot z} \leq \bar{\sigma}_d$

niveau 8 : $T_{max} = 12,24 \text{ t (SP}_1\text{)}$

$$\sigma_d = \frac{12,24 \cdot 10^3}{4 \cdot \pi \cdot 1,6 \cdot 48,13} = 14,11 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

Niveau	8	7	6	5	4	3	2	1
$T_{max} (t)$	12,24 (1)	19,02 (1)	19,03 (1)	11,33 (1)	13,37 (1)	13,37 (1)	21,51 (2)	15,53 (1)
σ_d (kg/cm ²)	14,11	17,55	9,83	8,92	11,053	9,22	14,82	16,05

4. Justification d'about :

a) Longueur d'appui :

On doit avoir : $C_0 = \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_0} \leq c$

$$C = a - (d + z) \text{ avec } z = 5\phi = 5 \times 2 = 10 \text{ cm}$$

$$C = 60 - (4 + 10) = 46 \text{ cm}$$

niveau 8 : $T = 13,06 \text{ t} \Rightarrow C_0 = \frac{2 \cdot 13,06 \cdot 10^3}{35 \cdot 68,5} = 10,89 \text{ cm}$
- Vérifiée -

Niveau	8	7	6	5	4	3	2	1
T (t)	13,06	20,51	22,0	12,92	14,58	15,57	16,31	16,15
C_0 (cm)	10,89	17,11	18,35	10,78	12,16	13,0	13,61	13,47

b) Armatures inférieures :

$$A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z} \Rightarrow A \geq \frac{T}{\bar{\sigma}_a} + \frac{M}{z \cdot \bar{\sigma}_a}$$

avec $z = 48,13 \text{ cm}$.

Niveau	8					7				
Appuis	A	C	E	G	I	A	C	E	G	I
T(t)	13,06	13,07	10,24	9,61	8,97	20,51	20,51	12,88	13,47	13,99
M(t.m)	-13,29	-13,29	-8,48	-7,45	-7,56	-23,6	-23,6	-11,48	-10,95	-11,99
A(cm ²)	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Niveau	6					5				
T(t)	22,0	22,0	13,63	14,62	15,13	12,92	12,64	11,54	10,31	10,44
M(t.m)	-29,3	-29,3	-13,94	-13,94	-14,9	-16,13	-19,76	-15,09	-12,7	-12,88
A(cm ²)	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Niveau	4					3				
T(t)	14,58	14,33	13,87	12,4	12,11	15,57	15,92	14,5	13,29	13,25
M(t.m)	-19,17	-18,91	-18,64	-16,27	-14,46	-21,36	-21,16	-20,93	-19,02	-15,02
A(cm ²)	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0
Niveau	2					1				
T(t)	16,31	21,51	15,61	14,57	14,85	17,51	17,35	19,98	16,04	16,15
M(t.m)	-24,15	-24,19	-23,75	-22,06	-20,91	-22,9	-24,1	-22,29	-22,69	-22,09
A(cm ²)	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0	<0

5- Condition de non écrasement du Béton :

$$z \geq 0,10 \phi \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}'_{bo}} \cdot \left(1 + \frac{\phi}{d_1}\right) \cdot \bar{\sigma}'_b$$

avec $d_1 = 5\phi + d = 5 \cdot 2 + 4 = 14 \text{ cm}$.

$$z \geq 0,10 \cdot 2 \cdot \frac{2800}{68,5} \left(1 + \frac{2}{14}\right) \cdot 1 = 9,34 \text{ cm}$$

$$z = 5\phi = 5 \cdot 2 = 10 \text{ cm} > 9,34 \text{ cm} \quad \text{- Vérifiée -}$$

Armatures transversales et espacement :

1- Armatures transversales :

Ou adopte pour les armatures transversales 2 cadres T8 cā d : $4T8 = 2,01 \text{ cm}^2 = A_t$.

Niveau 8 : $T = 12,24 \text{ t (SPa)} ; \sigma'_b = 69,55 \text{ kg/cm}^2$

$$\bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot \bar{\sigma}'_b = 3,5 \cdot 5,9 = 29,65 \text{ kg/cm}^2 \quad (\sigma'_b < \bar{\sigma}'_b)$$

$$\bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{bo}}\right) \cdot \bar{\sigma}'_b \quad \text{pour } \bar{\sigma}'_{bo} < \sigma'_b \leq \bar{\sigma}'_b$$

$$\text{or } \sigma'_b = 69,55 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_{bo} = 68,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{69,55}{68,5} \right) \cdot 5,9 = 20,56 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \bar{\tau}_b = 20,56 \text{ kg/cm}^2$$

$$\tau_b = \frac{12,24 \cdot 10^3}{35 \cdot \frac{7}{8} \cdot 55} = 7,27 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_b = 20,56 \text{ kg/cm}^2$$

2. Espacement :

$$t \leq \frac{\bar{\sigma}_{at} \cdot \beta \cdot A_t}{T}$$

$$\bar{\sigma}_{at} = \beta \cdot \sigma_{en} ; \text{ avec } \beta = \max\left(\frac{2}{5} ; \left(1 - \frac{\tau_b}{9\bar{\tau}_b}\right)\right)$$

pour $\tau_b = 7,27 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow \beta = 0,863 \rightarrow \bar{\sigma}_{at} = 3625 \text{ kg/cm}^2$

$$t \leq \frac{3625 \cdot 48,13 \cdot 2,01}{12,24 \cdot 10^3} = 28,65 \text{ cm} \rightarrow t = 25 \text{ cm}.$$

$$\bar{E} \leq \max \begin{cases} 0,2 \cdot h = 11 \text{ cm} \\ 55 \cdot \left(1 - 0,3 \cdot \frac{7,27}{5,9}\right) = 34,67 \text{ cm} \end{cases} \rightarrow \bar{E} = 30 \text{ cm}$$

on prend $t = 25 \text{ cm}.$

Niveau	8	7	6	5	4	3	2	1
T (t)	12,24	19,02	19,03	11,33	13,37	13,37	20,51	10,53
τ_b (kg/cm ²)	7,27	11,29	11,30	6,73	7,94	7,94	12,77	9,22
\bar{E} (cm)	30	20	20	35	30	30	14	30
$\bar{\sigma}_{at}$	3625	3307	3306,2	3667,7	3142,5	3142,5	3189,9	3470,73
t (cm)	25	15	15	25	20	20	18	20

C.T.C :

• Zone nodale : $t \leq \min(0,3 \cdot h ; 12\phi) = \min(16,5 ; 24) = 16,5 \text{ cm}.$
on prend : $t = 16 \text{ cm}$

• Zone Courante : $t \leq 0,5 \cdot h = 27,5 \text{ cm}$

On prend $t = 25 \text{ cm}.$

• Armatures filantes (Superieures, Inferieures) :

$$A'_{\text{filante}} \geq \max\left(\frac{A'_s}{4} ; \frac{A'_t}{4} ; 3 \text{ cm}^2\right) = 3 \text{ cm}^2.$$

$$A_1 \geq \max\left(\frac{A'_s}{4} ; \frac{A'_t}{4} ; 3 \text{ cm}^2\right) = 3 \text{ cm}^2$$

On adopte pour chaque section et pour chaque

niveau : 4 T 14 (armatures Superieures et Inferieures)

Portique TRANSVERSAL 4-4



N°	S	M (SP _a) (t.m)	M (SP _e) (t.m)	M calcul (t.m)	L	E	K	A (cm ²)	barres choisies	Achoisie (cm ²)	G P	σ _b ' (kg/cm ²)	σ _a (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	X (cm)	G _i (kg/cm ²)
8	1	0,871	2,04	2,04	0,007	0,9621	117	0,92	7T14	6,16	2	15,92	660,67	187119,8	14,60	4940,73
	2	0,47	0,30	0,47	0,0024	0,965	128	0,32	4T14	"	1	3,67	152,21	"	"	3293,82
	3	0,992	2,16	2,16	0,0073	0,9621	114	0,97	"	"	2	16,85	699,53	"	"	4940,73
	4	0,765	0,77	0,765	0,004	0,965	128	0,52	"	"	1	5,97	247,75	"	"	3293,82
	5	0,992	2,11	2,11	0,0071	0,9618	116	0,95	"	"	2	16,46	683,34	"	"	4940,73
	6	0,731	0,71	0,731	0,004	0,965	128	0,49	"	"	1	5,70	236,74	"	"	3293,82
	7	0,992	2,11	2,11	0,0071	0,9618	116	0,95	"	"	2	16,46	683,34	"	"	4940,73
	8	0,731	0,71	0,731	0,004	0,965	128	0,49	"	"	1	5,70	236,74	"	"	3293,82
	9	0,992	2,11	2,11	0,0071	0,9618	116	0,95	"	"	2	16,46	683,34	"	"	4940,73
	10	0,765	0,72	0,765	0,004	0,965	128	0,52	"	"	1	5,97	236,74	"	"	3293,82
	11	0,992	2,16	2,16	0,0073	0,9612	114	0,97	"	"	2	16,85	247,75	"	"	4940,73
	12	0,47	0,62	0,47	0,0024	0,965	128	0,32	"	"	1	3,67	699,53	"	"	3293,82
7	1	0,758	3,95	3,95	0,0133	0,9487	82,5	1,80	"	"	2	30,82	152,21	"	"	4940,73
	2	0,474	0,14	0,474	0,0024	0,965	128	0,32	"	"	1	3,69	152,21	"	"	3293,82
	3	0,868	4,10	4,10	0,0139	0,9476	80,5	1,87	"	"	2	32,10	1327,8	"	"	4940,73
	4	0,83	0,86	0,83	0,0042	0,965	128	0,56	"	"	1	6,48	268,8	"	"	3293,82
	5	0,868	3,75	3,75	0,0127	0,9498	84,5	1,71	"	"	2	29,26	1214,46	"	"	4940,73
	6	0,832	0,80	0,832	0,0042	0,965	128	0,56	"	"	1	6,49	269,45	"	"	3293,82
	7	0,868	3,75	3,75	0,0127	0,9498	84,5	1,71	"	"	2	29,26	1214,46	"	"	4940,73
	8	0,832	0,80	0,832	0,0042	0,965	128	0,56	"	"	1	6,49	269,45	"	"	3293,82
	9	0,868	3,75	3,75	0,0127	0,9498	84,5	1,71	"	"	2	29,26	1214,46	"	"	4940,73
	10	0,83	0,73	0,83	0,0042	0,965	128	0,56	"	"	1	6,48	268,8	"	"	3293,82
	11	0,868	4,10	4,10	0,0139	0,9476	80,5	1,87	"	"	2	32,10	1327,8	"	"	4940,73
	12	0,474	0,77	0,77	0,0042	0,965	128	0,35	"	"	2	6,01	249,37	"	"	"

Ferrailage et vérification des contraintes
 Article 4-4.

-201-

N°	S	M(SP ₁) (t.m)	M(SP ₂) (t.m)	Mcalect (t.m)	μ	ϵ	K	A (cm ²)	barres choisies	Achoisies (cm ²)	P	σ_b (kg/cm ²)	σ_a (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	X (cm)	σ_1 (kg/cm ²)
6	1	0,75	5,46	5,46	0,0185	0,9401	68,5	2,51	4714	6,16	2	42,60	1768,26	18719,8	14,60	4940,73
6	2	0,475	0,28	0,475	0,0024	0,9773	205	0,32	"	"	1	3,71	153,83	"	"	3293,82
6	3	0,94	6,54	6,54	0,0221	0,935	62,0	3,03	"	"	2	51,03	2118,02	"	"	4940,73
6	4	0,793	0,87	0,793	0,00402	0,9711	158	0,53	"	"	1	6,19	256,82	"	"	3293,82
6	5	0,94	5,65	5,65	0,019	0,939	67,5	2,60	"	"	2	44,08	1829,79	"	"	4940,73
6	6	0,757	0,72	0,757	0,0038	0,9718	162	0,51	"	"	1	5,91	245,16	"	"	3293,82
6	7	0,94	5,65	5,65	0,019	0,939	67,5	2,60	"	"	2	44,08	1829,79	"	"	4940,73
6	8	0,757	0,72	0,757	0,0038	0,9718	162	0,51	"	"	1	5,91	245,16	"	"	3293,82
6	9	0,94	5,65	5,65	0,019	0,939	67,5	2,60	"	"	2	44,08	1829,79	"	"	4940,73
6	10	0,793	0,65	0,793	0,00402	0,9711	158	0,53	"	"	1	6,19	256,82	"	"	3293,82
6	11	0,94	6,54	6,54	0,0221	0,935	62,0	3,03	"	"	2	51,03	2118,02	"	"	4940,73
6	12	0,475	0,63	0,495	0,0024	0,9773	205	0,32	"	"	1	3,86	160,31	"	"	3293,82
5	1	0,75	7,45	7,45	0,025	0,9767	200	3,30	"	"	2	58,13	2412,73	"	"	4940,73
5	2	0,475	0,46	0,475	0,0024	0,9773	205	0,32	"	"	1	3,71	183,83	"	"	3293,82
5	3	0,94	9,403	9,403	0,032	0,9741	178	4,18	"	"	2	73,37	3045,22	"	"	4940,73
5	4	0,793	0,91	0,793	0,00402	0,9711	158	0,53	"	"	1	6,19	256,82	"	"	3293,82
5	5	0,94	7,86	7,86	0,027	0,9761	194	3,49	"	"	2	61,33	2545,51	"	"	4940,73
5	6	0,757	0,72	0,757	0,0038	0,9718	162	0,51	"	"	1	5,91	245,16	"	"	3293,82
5	7	0,94	7,86	7,86	0,027	0,9761	194	3,49	"	"	2	61,33	2545,51	"	"	4940,73
5	8	0,757	0,72	0,757	0,0038	0,9718	162	0,51	"	"	1	5,91	245,16	"	"	3293,82
5	9	0,94	7,36	7,36	0,027	0,9761	194	3,49	"	"	2	57,43	2383,58	"	"	4940,73
5	10	0,793	0,61	0,793	0,00402	0,9711	158	0,53	"	"	1	6,19	256,82	"	"	3293,82
5	11	0,94	8,81	8,81	0,030	0,9749	184	3,91	"	"	2	68,74	2853,18	"	"	4940,73
5	12	0,475	1,36	1,36	0,025	0,9767	200	3,30	"	"	2	10,61	440,45	"	"	4940,73

Ferroillage et vérification des contraintes
 Pozitive 4-4

202

N°	S	M (SP ₁)	M (SP ₂)	M calcul	ε	ε	κ	A	barres	Achoisie	S	σ _b '	σ _a	I (cm ⁴)	X (cm)	σ _i (kg/cm ²)
		(t.m)	(t.m)	(t.m)				(cm ²)	choisies	(cm ²)	P	(kg/cm ²)	(kg/cm ²)			
4	1	0,83	9,44	9,44	0,0319	0,9231	50	4,43	4 T14	6,16	2	73,66	3057,21	187119,8	14,60	4940,73
	2	0,547	0,65	0,547	0,0028	0,9756	190	0,36	"	"	1	4,27	177,15	"	"	3293,82
	3	1,04	11,27	11,27	0,0381	0,9167	45	5,32	"	"	2	87,93	3649,86	"	"	4940,73
	4	0,915	1,05	0,915	0,0046	0,969	146	0,613	"	"	1	7,14	296,33	"	"	3293,82
	5	1,04	9,29	9,29	0,0314	0,1237	50,5	4,35	"	"	2	72,49	3008,63	"	"	4940,73
	6	0,877	0,82	0,877	0,0045	0,9697	150	0,59	"	"	1	6,84	284,02	"	"	3293,82
	7	1,04	9,29	9,29	0,0314	0,1237	50,5	4,35	"	"	2	72,49	3008,63	"	"	4940,73
	8	0,877	0,82	0,877	0,0045	0,9697	150	0,59	"	"	1	6,84	284,02	"	"	3293,82
	9	1,04	9,29	9,29	0,0314	0,1237	50,5	4,35	"	"	2	72,49	3008,63	"	"	4940,73
	10	0,915	0,67	0,915	0,0046	0,969	146	0,613	"	"	1	7,15	296,33	"	"	3293,82
	11	1,04	11,27	11,27	0,0381	0,9167	45	5,32	"	"	2	87,93	3649,86	"	"	4940,73
	12	0,547	1,69	1,69	0,0057	0,9756	190	0,75	"	"	2	24,75	547,32	"	"	4940,73
3	1	0,83	11,27	11,27	0,0381	0,9167	45	5,32	"	"	2	87,93	3649,86	"	"	4940,73
	2	0,547	0,89	0,89	0,003	0,9749	184	0,395	"	"	2	6,94	288,23	"	"	4940,73
	3	1,04	13,564	13,564	0,046	0,9094	40,2	6,46	2T16+2T14	7,10	2	100,30	3834,07	209611,8	15,50	4740,36
	4	0,915	1,09	0,915	0,0046	0,969	146	0,613	4 T14	6,16	1	7,14	296,33	187119,8	14,60	3293,82
	5	1,04	11,02	11,02	0,037	0,9178	45,8	5,20	"	"	2	85,98	3568,9	"	"	4940,73
	6	0,877	0,82	0,877	0,0045	0,9693	143	0,59	"	"	1	6,84	284,02	"	"	3293,82
	7	1,04	11,02	11,02	0,037	0,9178	45,8	5,20	"	"	2	85,98	3568,9	"	"	4940,73
	8	0,877	0,82	0,877	0,0045	0,9693	143	0,59	"	"	1	6,84	284,02	"	"	3293,82
	9	1,04	11,02	11,02	0,037	0,9178	45,8	5,20	"	"	2	85,98	3568,9	"	"	4940,73
	10	0,915	0,63	0,915	0,0046	0,969	146	0,613	"	"	1	7,14	296,33	"	"	3293,82
	11	1,04	13,56	13,56	0,046	0,9094	40,2	6,46	2T16+2T14	7,10	2	100,27	3832,94	209611,8	15,50	4740,36
	12	0,547	1,93	1,93	0,0065	0,9635	122	0,87	4 T14	6,16	2	15,06	625,04	187119,8	14,60	4940,73

Ferraillage et vérification des contraintes
 Pozitive 4-4

V-N	travaux	M(S _{P1}) (t.m)	M(S _{P2}) (t.m)	M(calcul) (t.m)	U	E	K	A (cm ²)	barres choisies	Achoisie (cm ²)	S P	σ _b ⁱ (kg/cm ²)	σ _a (kg/cm ²)	I (cm ⁴)	X (cm)	σ _i (kg/cm ²)	
	1	0,89	12,84	12,84	0,0434	0,9117	41,6	6,10	4T14	6,16	2	109,18	4158,32	187119,8	14,60	4940,73	
	2	0,619	1,03	1,03	0,0035	0,9727	168	0,45	4T14	"	2	8,04	333,57	"	"	"	
	3	1,062	15,52	15,52	0,0525	0,9042	37,2	7,43	4T16	8,04	2	109,58	3895,67	231146,4	16,32	5222,29	
	4	0,921	0,13	0,921	0,0047	0,9686	144	0,62	4T14	6,16	1	7,17	298,27	187119,8	14,60	3293,82	
2	5	1,062	12,51	12,51	0,0423	0,9129	42,4	5,93	"	6,16	2	97,61	4051,45	"	"	4940,73	
	6	0,892	0,84	0,892	0,0045	0,9693	148	0,60	"	"	1	6,96	288,88	"	"	3293,82	
	7	1,062	12,51	12,51	0,0423	0,9129	42,4	5,93	"	"	2	97,61	4051,45	"	"	4940,73	
	8	0,812	0,84	0,812	0,0041	0,9708	156	0,54	"	"	1	6,34	262,97	"	"	3293,82	
	9	1,062	12,51	12,51	0,0423	0,9129	42,4	5,93	"	"	2	87,61	4051,45	"	"	4940,73	
	10	0,931	0,61	0,931	0,0047	0,9686	144	0,62	"	"	1	7,26	301,51	"	"	3293,82	
	11	1,062	15,52	15,52	0,0525	0,9042	37,2	7,43	4T16	8,04	2	109,58	3895,67	231146,4	16,32	5222,29	
	12	0,557	2,15	2,15	0,0073	0,9612	114	1,45	4T14	6,16	2	16,78	696,28	187119,8	14,60	4940,73	
	1	1	0,914	11,52	11,52	0,039	0,9158	44,4	5,45	"	"	2	89,88	3730,83	"	"	"
		2	0,619	0,94	0,94	0,0032	0,9741	178	0,42	"	"	2	7,33	304,43	"	"	"
3		1,175	14,11	14,11	0,048	0,9077	39,2	6,73	2T16+2T14	7,10	2	104,34	3988,41	209611,8	15,50	4740,36	
4		0,921	0,48	0,921	0,0047	0,9686	144	0,62	4T14	6,16	1	7,19	298,27	187119,8	14,60	3293,82	
5		1,175	13,05	13,05	0,0441	0,9111	41,2	6,20	2T16+2T14	7,10	2	96,50	3688,78	209611,8	15,50	4740,36	
6		0,892	1,00	0,892	0,0045	0,9693	148	0,60	4T14	6,16	1	6,96	288,88	187119,8	14,60	3293,82	
7		1,175	13,05	13,05	0,0441	0,9111	41,2	6,20	2T16+2T14	7,10	2	96,50	3688,73	209611,8	15,50	4740,36	
8		0,892	1,00	0,892	0,0045	0,9693	148	0,60	4T14	6,16	1	6,96	288,88	187119,8	14,60	3293,82	
9		1,175	13,05	13,05	0,0441	0,9111	41,2	6,20	2T16+2T14	7,10	2	96,50	3688,73	209611,8	15,50	4740,36	
10		0,931	1,74	1,74	0,0059	0,965	128	0,78	4T14	6,16	2	13,58	563,51	187119,8	14,60	3283,82	
11		1,175	13,77	13,77	0,047	0,9084	39,6	6,56	2T16+2T14	7,10	2	101,82	3892,30	209611,8	15,50	4740,36	
12		0,557	1,56	1,56	0,0053	0,9669	136	0,70	4T14	6,16	2	12,17	505,22	187119,8	14,60	3283,82	

Ferrailage et Verification des Contraintes
 Pozitive 4-4

5- Condition de non écrasement du béton :

$$d_1 = 5\phi + d = 5 \times 1,6 + 4 = 12 \text{ cm.}$$

$$z \geq 0,10 \cdot 1,6 \cdot \frac{2800}{68,5} \left(1 + \frac{1,6}{12}\right) \times 1 = 7,41 \text{ cm.}$$

$$z = 5\phi = 5 \times 1,6 = 8 \text{ cm} > 7,41 \text{ cm} \quad \text{--- Vérifiée ---}$$

II- Armatures transversales et espacement :1- Armatures transversales :

Du adopte 2 cadres T8 càd $4T8 = 2,01 \text{ cm}^2$.

Niveau	8	7	6	5	4	3	2	1
T(t)	1,85	3,72	5,93	6,31	7,83	9,13	10,42	9,52
$\bar{C}_b(\text{g/cm}^2)$	1,10	2,21	3,52	3,75	4,65	5,42	6,19	5,43
$\bar{E}(\text{cm})$	50	45	45	40	40	35	35	35
$\bar{\sigma}_a$	4113	4025,2	3921,6	3903,4	3832,2	3771,3	3710,4	3770,80
t(cm)	25	25	25	25	25	25	25	25

C.T.C :• Zone nodale :

$$t \leq \min(0,3 \cdot h ; 12\phi) = 16,5 \rightarrow t = 15 \text{ cm.}$$

• Zone Courante :

$$t \leq 0,5 \cdot h = 27,5 \text{ cm} \rightarrow t = 25 \text{ cm.}$$

PORTIQUE LONGITUDINAL IIIII

		Sous G						Sous P					
Niv		M _N	M _S	T _w	T _e	N	Ncumulé	M _N	M _S	T _w	T _e	N	Ncumulé
4	1	4,026	4,026	/	9,317	9,317	60,632	1,520	1,520	/	3,377	3,377	11,965
	2	0,296	-0,296	8,933	8,638	17,571	76,407	0,110	-0,110	3,523	3,328	6,851	17,843
	3	1,015	-1,015	8,819	6,989	15,808	58,377	0,382	-0,382	3,272	2,751	6,023	15,005
	4	0,592	-0,592	7,294	5,688	12,982	78,151	0,227	-0,227	2,649	2,350	4,999	17,711
	5	1,585	-1,585	6,215	/	6,215	40,952	0,597	-0,597	2,150	/	2,150	7,498
3	1	4,026	4,239	/	9,317	9,317	69,949	1,520	1,520	/	3,377	3,377	15,342
	2	0,296	-0,312	8,933	8,638	17,571	93,978	0,110	-0,110	3,523	3,328	6,851	24,694
	3	1,015	-1,069	8,819	8,989	15,808	74,185	0,382	-0,382	3,272	2,751	6,023	21,028
	4	0,592	-0,623	7,294	5,688	12,982	91,133	0,227	-0,227	2,649	2,350	4,999	22,71
	5	1,585	-1,669	6,215	/	6,215	47,167	0,597	-0,597	2,150	/	2,150	9,648
2	1	4,239	3,920	/	9,810	9,810	79,759	1,520	2,254	/	3,377	3,377	18,719
	2	0,312	-0,297	9,406	9,113	18,519	112,497	0,110	-0,168	3,523	3,328	6,851	31,545
	3	1,069	-1,007	9,268	7,377	16,645	90,830	0,382	-0,577	3,272	2,751	6,023	27,057
	4	0,623	-0,586	7,662	5,989	13,657	104,784	0,227	-0,335	2,649	2,350	4,999	27,709
	5	1,669	-1,552	6,544	/	6,544	53,711	0,597	-0,892	2,150	/	2,150	11,798
1	1	4,677	2,335	/	9,795	9,795	89,554	2,686	1,343	/	5,473	5,473	24,132
	2	0,347	-0,174	9,422	9,118	18,54	131,037	0,200	-0,100	5,627	5,335	10,962	42,507
	3	1,993	-0,597	9,263	7,386	16,657	107,487	0,687	-0,344	5,225	4,397	9,622	36,673
	4	0,698	-0,349	7,653	6,008	13,667	118,445	0,400	-0,200	4,243	3,749	7,992	35,707
	5	1,849	-0,925	6,525	/	6,525	60,236	1,063	-0,532	3,457	/	3,457	15,249

PORTIQUE LONGITUDINAL III III

		SOUS G						SOUS P					
Niv		M _N	M _S	T _w	T _e	N	Ncumulé	M _N	M _S	T _w	T _e	N	Ncumulé
8	1	-8,119	6,660	/	10,588	10,588	10,588	1,058	0,994	/	1,380	1,380	1,380
	2	8,119	-6,636	10,588	/	10,588	10,588	1,058	-0,994	1,380	/	1,380	1,380
	3	-4,639	2,557	/	8,589	8,589	8,589	-0,863	0,583	/	1,089	1,089	1,089
	4	1,030	-0,119	7,984	6,414	14,398	14,398	0,134	-0,145	1,072	0,964	2,036	2,036
	5	3,030	-2,603	7,397	/	7,397	7,397	0,395	0,390	0,836	/	0,836	0,836
7	1	-7,493	7,111	/	16,123	16,123	26,711	-1,112	1,065	/	2,415	2,415	3,795
	2	7,465	-7,113	16,120	/	16,120	26,120	1,118	-1,065	2,415	/	2,415	3,795
	3	-2,864	2,746	/	9,808	9,808	18,386	-0,656	0,626	/	1,849	1,849	2,938
	4	-0,134	0,129	9,302	10,176	19,478	33,876	0,163	-0,157	1,932	1,648	3,580	5,616
	5	2,928	-2,800	10,852	/	10,852	18,249	0,438	-0,419	1,502	/	1,502	2,338
6	1	-7,111	3,661	/	16,132	16,132	42,843	1,065	1,065	/	2,415	2,415	6,210
	2	7,113	-0,269	16,132	/	16,132	42,843	1,065	-0,713	2,415	/	2,415	6,210
	3	-2,746	0,923	/	9,797	9,797	28,194	-0,626	0,010	/	1,851	1,851	4,789
	4	-0,129	0,538	9,314	10,191	19,505	53,381	0,157	-0,157	1,929	1,645	3,574	9,190
	5	2,801	-1,441	10,837	/	10,837	29,086	0,419	-0,419	1,505	/	1,505	3,843
5	1	-3,661	4,026	/	8,472	8,472	51,315	1,065	1,520	/	2,378	2,378	8,588
	2	0,269	-0,296	8,123	7,870	15,993	58,836	0,713	-0,110	2,452	/	4,782	10,992
	3	0,923	-1,015	8,004	6,371	14,375	42,569	0,010	-0,382	/	1,903	4,193	8,982
	4	0,538	-0,592	6,616	5,172	11,788	65,169	0,157	-0,227	1,877	1,645	3,522	12,712
	5	1,441	-1,585	5,651	/	5,651	34,737	0,419	-0,597	1,505	/	1,505	5,348

PORTIQUE 1.1. TRANSVERSAL. Moments, appareils normaux dans les poteaux.

		SOUS G						SOUS P					
Niv		M_N (t.m)	M_S (t.m)	T_w	T_e	N (t)	Ncumulé	M_N	M_S	T_w	T_e	N (t)	Ncumulé
8	1	0,1728	0,2356	/	1,0328	1,0330	1,0330	-0,0062	0,0074	/	0,036	0,036	0,036
	2	0,0430	0,0906	-1,4752	1,6233	3,099	3,099	-0,0016	0,0028	0,052	0,058	0,110	0,110
	3	0	0	-1,6599	1,6416	3,302	3,302	0	0	0,099	0,059	0,118	0,118
	4	"	"	-1,6416	"	3,283	3,283	"	"	0,059	"	"	"
	5	"	"	"	1,6599	3,302	3,302	"	"	"	0,058	0,117	0,117
	6	0,043	-0,2009	-1,6233	1,4752	3,099	3,099	0,0015	-0,0028	0,058	0,052	0,110	0,110
	7	0,1728	-0,1110	-1,0328	/	1,0330	1,0330	0,0062	-0,0074	0,036	/	0,036	0,036
7	1	-0,2650	0,2577	/	2,1574	2,1574	3,190	0,0083	0,0081	/	0,068	0,068	0,104
	2	-0,1019	0,1034	-2,8257	3,2182	6,044	9,143	-0,0032	0,0033	0,089	0,107	0,190	0,300
	3	0	0	-3,3050	3,2616	6,567	9,869	0	0	0,104	0,103	0,207	0,325
	4	"	"	-3,2616	"	6,523	9,806	"	"	0,103	"	0,206	0,324
	5	"	"	"	3,3577	6,619	9,927	"	"	"	0,104	0,207	0,324
	6	0,2260	-0,2225	-2,0315	1,4504	3,482	6,581	0,0032	-0,0033	0,107	0,089	0,190	0,300
	7	0,1249	-0,1214	-0,8981	/	0,898	1,931	0,0083	-0,0081	0,068	/	0,068	0,104
6	1	-0,2577	0,2577	/	2,1687	2,169	5,359	-0,0081	0,0081	/	0,068	0,068	0,172
	2	-0,1034	0,1034	-2,8143	3,2176	6,032	15,175	-0,0033	0,0033	0,088	0,101	0,189	0,489
	3	0	0	3,3056	3,2616	6,567	16,436	0	0	0,104	0,103	0,207	0,532
	4	"	"	-3,2616	"	6,523	16,329	"	"	0,103	"	0,206	0,530
	5	"	"	"	3,3562	6,618	16,539	"	"	"	0,104	0,207	0,537
	6	0,2225	-0,2225	-3,1670	1,4432	4,610	11,191	0,0033	-0,0033	0,101	0,088	0,189	0,489
	7	0,1214	-0,1214	-0,9053	/	0,905	2,836	0,0081	-0,0081	0,068	/	0,068	0,172
5	1	-0,2577	0,1863	/	2,1687	2,169	7,528	-0,0081	0,1166	/	0,068	0,068	0,240
	2	-0,1034	0,0653	2,8143	3,2176	6,032	21,207	-0,0033	0,0047	0,088	0,101	0,189	0,678
	3	0	0	-3,3056	3,2616	6,567	23,003	0	0	0,104	0,103	0,207	0,739
	4	"	"	-3,246	"	6,523	22,853	"	"	0,103	"	0,206	0,734
	5	"	0,1091	"	3,3562	6,618	23,157	"	"	"	0,104	0,207	0,738
	6	0,2225	-0,168	-3,1670	1,4432	4,610	15,801	0,0033	-0,0047	0,101	0,088	0,189	0,678
	7	0,1214	-0,1863	-0,9053	/	2,169	5,005	0,0081	0,1166	0,068	/	0,068	0,240

PORTIQUE TRANSVERSAL 1.1, Moments et Efforts normaux dans le poteaux (suite)

		Sous G						Sous P					
Niv		MTN	MTs	Tw	Te	N(t)	Ncumulé	MTN	MTs	Tw	Te	N(t)	Ncumulé
4	1	0,1863	0,1863	/	1,435	1,435	8,963	-0,1166	0,1166	/	0,098	0,098	0,338
	2	0,0653	0,0653	-1,962	2,152	4,114	25,321	-0,0047	0,0047	0,127	0,146	0,273	0,951
	3	0	0	-2,207	2,170	4,387	27,39	0	0	0,1496	0,148	0,2976	1,037
	4	"	"	-2,180	2,133	4,313	27,165	"	"	0,148	"	0,2960	1,032
	5	0,1091	0,1091	-2,226	3,321	5,547	28,704	"	"	0,110	0,1496	0,2976	1,036
	6	0,168	0,168	-3,271	2,118	5,389	21,190	0,0047	-0,0047	0,146	0,127	0,273	0,951
	7	0,1863	0,1863	-1,280	/	1,280	6,285	0,1166	-0,1166	0,098	/	0,098	0,338
3	1	0,1863		/	1,435	1,435	10,398	-0,1166		/	0,098	0,098	0,436
	2	0,0653		-2,962	2,152	5,114	30,435	-0,0047		0,127	0,146	0,273	1,924
	3	0		-2,207	2,180	4,387	31,777	0		0,1496	0,148	0,2976	1,334
	4	"		-2,180	2,133	4,313	31,478	"		0,148	"	0,296	1,329
	5	0,1091		-2,226	3,321	5,547	34,251	"		"	0,1496	0,2976	1,333
	6	0,168		-3,271	2,118	5,389	26,579	0,0047		0,146	0,127	0,273	1,224
	7	0,1863		-1,279	/	1,279	7,564	0,1166		0,098	/	0,098	0,436
2	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
	2			/	4,460	4,460	34,895			/	0,1379	0,1379	1,2619
	3			4,760	1,030	5,790	37,567			0,1573	0,1482	0,3055	1,6395
	4			1,530	1,310	2,840	34,318			0,147	0,1476	0,2946	1,6226
	5			1,197	3,340	4,537	38,788			0,1476	0,1558	0,3034	1,6364
	6			3,250	1,130	4,380	30,959			0,1394	0,1453	0,2847	1,5087
	7			0,780	/	0,780	8,344			0,0803	/	0,0803	0,5163
1	1			/	/	/	/						
	2												
	3												
	4												
	5												
	6												
	7			/	/	/	/						

PORTIQUE TRANSVERSAL 2.2. Moment, efforts normaux dans les poteaux.

		SOUS G						SOUS P					
Niv	Poteaux	MTN (t.m)	MTs (t.m)	TW (Poutres) (t)	Te (Poutres) (t)	N(t) (TW+Te)	Ncumulé (t)	MTN (t.m)	MTs (t.m)	TW (t)	Te (t)	N (t)	Ncumulé (t)
8	1	0,249	0,159		1,902	1,706	1,706	0,023	0,028		0,139	0,139	0,139
	2	0,062	0,061	-1,902	2,038	3,940	3,940	0,0058	0,011	-0,199	0,219	0,418	0,418
	3	0	0,199	-2,038	"	4,076	4,076	0	0	-0,224	0,227	0,445	0,445
	4	0	0	"	"	4,076	4,076	0	0	-0,227	"	0,442	0,442
	5	0	0	"	"	4,076	4,076	0	0	"	0,224	0,445	0,445
	6	0,062	0,069	"	1,902	3,940	3,940	0,0058	0,012	-0,219	0,199	0,418	0,418
	7	0,249	0,179	-1,706		1,706	1,706	0,023	0,028	-0,139			0,139
7	1	0,179	0,174		1,456	1,456	3,162	0,037	0,030		0,255	0,255	0,394
	2	0,069	0,0698	-1,907	2,077	3,984	7,924	0,012	0,013	-0,334	0,380	0,714	1,132
	3	0,223	0,219	-2,326	4,148	6,474	10,550	0	0	-0,391	0,385	0,776	1,227
	4	0	0	-4,338	4,263	8,581	12,655	0	0	-0,385	"	0,770	1,212
	5	0	0	-4,243	4,579	8,822	12,898	0	0	"	0,391	0,776	1,227
	6	0,061	0,0698	-3,906	1,907	5,813	9,753	0,011	0,013	-0,380	0,334	0,714	1,132
	7	0,159	0,174	-1,456		1,456	3,162	0,037	0,030	-0,255			0,255
6	1	0,174	0,118		1,469	1,469	4,637	0,030	0,0162		0,255	0,255	0,649
	2	0,0698	0,047	-1,899	2,079	3,978	11,902	0,013	0,0065	-0,334	0,380	0,714	1,846
	3	0,219	0	-2,324	4,150	6,474	17,024	0	0	-0,391	0,385	0,776	1,997
	4	0	0	-4,336	4,243	8,579	21,236	0	0	-0,385	"	0,770	1,982
	5	0	0	-4,243	2,538	6,781	19,679	0	0	"	0,391	0,776	1,997
	6	0,0698	0,047	-1,864	1,899	3,763	13,516	0,013	0,0065	-0,380	0,334	0,714	1,846
	7	0,174	0,118	-1,464		1,464	4,626	0,030	0,0162	-0,255			0,255
5	1	0,047	0,124		0,994	0,994	5,625	0,0162	0,0232		0,1364	0,136	0,785
	2	0,047	0,0496	-1,2899	1,4748	2,765	14,667	0,065	0,0093	-0,1771	0,2024	0,380	2,226
	3	0	0	-1,5150	1,4949	3,010	20,034	0	0	-0,208	0,2052	0,4134	2,410
	4	0	0	-1,4949	"	2,990	24,226	0	0	-0,2052	"	0,4104	2,392
	5	0	0	"	1,5150	3,010	22,689	0	0	"	0,2080	0,413	2,410
	6	0,047	0,0496	-1,4748	1,2899	2,765	16,287	0,0065	0,093	-0,2024	0,1771	0,380	2,226
	7	1,118	0,124	-0,9940		0,9940	5,620	0,0162	0,0232	-0,1364			0,136

PORTIQUE 2-2. Moments, efforts normaux dans les poteaux (Suite)

		Sous G						Sous F					
Niv	Poteaux	MTN (t.m)	MTs (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N cumulée	MTN (t.m)	MTs (t.m)	T _w (t)	T _e (t)	N (t)	N cumulée
4	1	0,124	0,124	/	1,0407	1,0407	6,666	0,0232	0,0232	/	0,1951	0,1951	0,980
	2	0,0496	0,0496	-1,3505	1,5440	2,894	17,567	0,0093	0,0093	-0,2531	0,2894	0,543	2,769
	3	0	0	-1,5862	1,5651	3,1513	23,185	0	0	-0,2974	0,2934	0,591	3,001
	4	0	0	-1,5651	"	3,1302	27,356	0	0	-0,2934	"	0,587	2,979
	5	0	0	"	1,5862	3,1513	25,840	0	0	"	0,2974	0,591	3,001
	6	0,0496	0,0496	-1,544	1,3505	2,8945	19,176	0,093	0,093	-0,2894	0,2531	0,543	2,769
	7	0,124	0,124	-1,0407	/	1,0407	6,661	0,0232	0,0232	-0,1951	/	0,1951	0,980
3	1	0,124	0,1421	/	1,0407	1,0407	7,706	0,0232	0,0232	/	0,1951	0,1951	1,175
	2	0,0496	0,0376	-1,3505	1,544	2,894	20,46	0,0093	0,0093	-0,2531	0,2894	0,543	3,312
	3	0	0	-1,5862	1,5651	3,1513	26,337	0	0	-0,2974	0,2934	0,591	3,592
	4	0	0	-1,5651	"	3,1302	30,486	0	0	-0,2934	"	0,587	3,566
	5	0	0	/	1,5862	3,1513	28,992	0	0	"	0,2974	0,591	3,592
	6	0,0496	0,0512	-1,544	1,3505	2,8945	22,07	0,093	0,093	-0,2894	0,2531	0,543	3,312
	7	0,1236	0,127	-1,0407	/	1,0407	7,701	0,0232	0,0232	-0,1951	/	0,1951	1,1730
2	1	0,1437	0,121	/	1,2091	1,2091	8,916	0,0232	0,042	/	0,1951	0,1951	1,370
	2	0,0376	0,052	-1,539	1,5901	3,129	23,585	0,0093	0,0181	-0,2531	0,2894	0,543	3,855
	3	0	0	-1,6221	1,6061	3,2282	29,565	0	0	-0,2974	0,2934	0,591	4,183
	4	0	0	-1,6061	"	3,2122	33,699	0	0	-0,2934	"	0,587	4,153
	5	0	0	"	1,6279	3,234	32,226	0	0	"	0,2974	0,591	4,183
	6	0,0512	0,052	-1,5844	1,3855	2,9699	25,04	0,093	0,0181	-0,2894	0,2531	0,543	3,855
	7	0,127	0,121	-1,0683	/	1,0683	8,770	0,0232	0,042	-0,1951	/	0,1951	1,370
1	1	0,144	0,072	/	/	/	/	0,042	0,021	/	0,3139	0,3139	1,684
	2	0,062	0,031	-1,377	1,505	2,882	26,470	0,0181	0,0091	-0,4071	0,4676	0,863	4,718
	3	0	0	-1,707	1,609	3,316	32,881	0	0	-0,4744	0,468	0,942	5,125
	4	0	0	-1,603	1,5283	3,222	36,911	0	0	-0,468	"	0,936	5,089
	5	0	0	-1,503	1,6283	3,1313	35,357	0	0	"	0,4744	0,942	5,125
	6	0,0162	0,031	-1,584	1,3766	2,961	28,001	0,0181	0,0091	-0,4676	0,4071	0,863	4,578
	7	0,144	0,072	-1,0772	/	1,077	9,847	0,042	0,021	-0,3139	/	0,3139	1,684

PORTIQUE TRANSVERSAL 4.4 - Moments, Efforts normaux dans les poteaux

		SOUS G						SOUS P					
Niv	Poteaux	N_N (t.m)	N_S (t.m)	T_w (Poutre) (t)	T_e (Poutre) (t)	$N(t)$ (T _w +T _e)	$N_{cumulé}$ (t)	N_N (t.m)	N_S (t.m)	T_w (Poutre) (t)	T_e (Poutre) (t)	$N(t)$ (T _w +T _e)	$N_{cumulé}$ (t)
8	1	-0,178	0,108	/	1,063	1,063	1,063	-0,0123	0,0148	/	0,074	0,074	0,074
	2	-0,044	0,042	-1,518	1,670	3,188	3,188	-0,0031	0,0057	-0,105	0,116	0,221	0,221
	3	0	0	-1,708	1,689	3,397	3,397	0	0	-0,118	0,117	0,235	0,235
	4	0	0	-1,689	//	3,378	3,378	0	0	-0,117	//	0,354	0,354
	5	0	0	//	1,708	3,397	3,397	0	0	//	0,118	0,235	0,235
	6	0,034	-0,0415	-1,670	1,518	3,188	3,188	0,0031	-0,0057	0,116	0,105	0,221	0,221
	7	0,178	-0,108	-1,083	/	1,063	1,063	0,0123	-0,0148	-0,074	/	0,071	0,071
7	1	-0,1215	0,118	/	0,989	0,989	2,052	-0,0167	0,0162	/	0,136	0,136	0,210
	2	-0,047	0,047	-1,295	1,496	2,781	5,979	-0,0064	0,0065	-0,178	0,203	0,381	0,602
	3	0	0	-1,494	1,495	2,989	6,386	0	0	-0,208	0,205	0,413	0,648
	4	0	0	-1,495	//	2,990	6,368	0	0	-0,205	//	0,410	0,764
	5	0	0	-1,495	1,494	2,989	6,386	0	0	//	0,208	0,413	0,648
	6	0,047	-0,047	-1,496	1,295	2,791	5,979	0,0064	-0,0065	-0,203	0,178	0,381	0,602
	7	0,1215	-0,118	-0,989	/	0,989	2,052	0,0167	-0,0162	-0,136	/	0,136	0,210
6	1	-0,118	0,118	/	0,994	0,994	3,046	-0,0162	0,0162	/	0,136	0,136	0,346
	2	-0,047	0,047	-1,2899	1,475	2,765	8,744	-0,0065	0,0065	-0,177	0,202	0,379	0,981
	3	0	0	-1,515	1,495	3,010	9,396	0	0	-0,208	0,205	0,413	1,061
	4	0	0	-1,495	//	2,990	9,358	0	0	-0,205	//	0,410	1,174
	5	0	0	-1,495	1,515	3,010	9,396	0	0	//	0,208	0,413	1,061
	6	0,047	-0,047	-1,475	1,2899	2,765	8,744	0,0065	-0,0065	-0,202	0,177	0,379	0,981
	7	0,118	-0,118	-0,994	/	0,994	3,046	0,0162	-0,0162	-0,136	/	0,136	0,346
5	1	-0,047	0,124	/	0,994	0,994	4,040	-0,0162	0,0232	/	0,136	0,136	0,482
	2	-0,047	0,0496	-1,2899	1,475	2,765	11,509	-0,0065	0,0093	-0,177	0,202	0,379	1,360
	3	0	0	-1,515	1,495	3,010	12,406	0	0	-0,208	0,205	0,413	1,474
	4	0	0	-1,495	//	2,990	12,348	0	0	-0,205	//	0,410	1,584
	5	0	0	//	1,515	3,010	12,406	0	0	//	0,208	0,413	1,474
	6	0,118	-0,0496	-1,475	1,2899	2,765	11,509	0,0065	-0,0093	-0,202	0,177	0,379	1,360
	7	0,118	-0,124	-0,994	/	0,994	4,040	0,0162	-0,0232	0,136	/	0,136	0,482

PORTIQUE TRANSVERSAL 4.4 (suite)

		SOUS G						SOUS P					
Niv	Poteaux	M _N (t.m)	M _S (t.m)	T _w (Poutre) (t)	T _e (Poutre) (t)	N (t) (T _w +T _e)	N _{cumulé} (t)	M _N (t.m)	M _S (t.m)	T _w (Poutre) (t)	T _e (Poutre) (t)	N (t) (T _w +T _e)	N _{cumulé} (t)
4	1	-0,124	0,124	/	1,041	1,041	5,081	-0,0232	0,0232	/	0,195	0,195	0,677
	2	-0,0496	0,0496	-1,351	1,544	2,895	14,404	-0,0093	0,0093	-0,253	0,289	0,542	1,902
	3	0	0	-1,586	1,565	3,151	15,557	0	0	-0,297	0,293	0,590	2,064
	4	0	0	-1,565	"	3,130	15,478	0	0	-0,293	"	0,586	2,170
	5	0	0	1,565	1,586	3,151	15,557	0	0	"	0,297	0,590	2,064
	6	0,0496	-0,0496	-1,544	1,351	2,895	14,404	0,093	-0,093	-0,289	0,253	0,542	1,902
	7	0,124	-0,124	-1,041	/	1,041	5,081	0,0232	-0,0232	-0,195	/	0,195	0,677
3	1	-0,124	0,124	/	1,041	1,041	6,121	-0,0232	0,0232	/	0,195	0,195	0,872
	2	-0,0496	0,0376	-1,351	1,544	2,895	17,299	-0,0093	0,0093	-0,253	0,289	0,542	2,444
	3	0	0	-1,586	1,565	3,152	18,708	0	0	-0,297	0,293	0,590	2,654
	4	0	0	-1,565	"	3,130	18,608	0	0	-0,293	"	0,586	2,756
	5	0	0	"	1,586	3,151	18,708	0	0	"	0,297	0,590	2,654
	6	0,0496	-0,0512	-1,544	1,351	2,895	17,299	0,093	-0,093	0,289	0,253	0,542	2,444
	7	0,1236	-0,127	-1,041	/	1,041	6,121	0,0232	-0,0232	-0,195	/	0,195	0,877
2	1	-0,124	0,121	/	1,209	1,209	7,33	-0,0232	0,0353	/	0,195	0,195	1,067
	2	-0,0376	0,052	-1,539	1,590	3,129	20,428	-0,0093	0,0152	-0,253	0,289	0,542	2,986
	3	0	0	-1,622	1,606	3,228	21,936	0	0	-0,297	0,293	0,590	3,244
	4	0	0	-1,606	"	3,212	21,820	0	0	-0,293	"	0,586	3,342
	5	0	0	"	1,628	3,234	21,936	0	0	"	0,297	0,590	3,244
	6	0,0512	-0,0520	-1,584	1,386	2,970	20,269	0,093	-0,0152	-0,289	0,253	0,542	2,986
	7	-0,127	-0,121	-1,068	/	1,068	7,189	0,0232	-0,0353	-0,195	/	0,195	1,067
1	1	-0,144	0,072	/	1,077	1,077	8,407	-0,042	0,021	/	0,314	0,314	1,381
	2	-0,062	0,031	-1,377	1,584	2,961	23,389	-0,0181	0,0091	-0,401	0,462	0,863	3,849
	3	0	0	-1,628	1,606	3,234	25,170	0	0	-0,474	0,468	0,942	4,186
	4	0	0	-1,606	"	3,212	25,032	0	0	-0,468	"	0,936	4,278
	5	0	0	"	1,628	3,234	25,170	0	0	"	0,474	0,942	4,186
	6	0,062	-0,031	-1,584	1,377	2,961	23,230	0,0181	-0,0091	-0,462	0,401	0,863	3,849
	7	-0,144	-0,072	-1,077	/	1,077	8,266	0,042	0,021	-0,314	/	0,314	1,381

CALCUL Des POTEAUX.

I. Combinaisons

Les poteaux seront dimensionnés à partir des combinaisons suivantes:

$$G + 1,2 P \quad ; \quad G + P \pm 1,2 S_{Ie} \quad ; \quad G + P \pm 1,2 S_{Ie} \quad ; \quad 0,8G \pm S_{Ie} \quad \text{et} \quad 0,8G \pm S_{Ie}$$

où G : représentera la sollicitation due à la charge permanente.

P : représentera " " " " surcharge d'exploitation.

S_{Ie} : " " " " ou séisme agissant suivant la direction longitudinale.

S_{Ite} : représentera la sollicitation due au séisme agissant suivant la direction transversale.

1. Efforts Normaux.

Dans notre cas on a :

$G \longrightarrow$	N_g		
P	N_p	avec	$\begin{cases} N_g = N_{ge} + N_{gt} \\ N_p = N_{pe} + N_{pt} \end{cases}$
$S_I \longrightarrow$	N_{SI}		

N_{ge} : effort normal (sous G dans le poteau, provenant du portique longitudinal).

N_{pt} : effort normal (sous p dans le poteau, provenant du portique transversal).

N_{pe} : effort normal (sous p dans le poteau, provenant du portique longitudinal).

N_{SIe}, N_{SIte} : efforts Normaux dans le poteau qui sont dus à l'action sismique, respectivement les deux sens longitudinal et transversal.

2. Moments Fléchissants.

M_G = moment sous G.

M_p = " " p.

M_{SIE} , M_{SIE} : moments dus au séisme.

On distinguera deux moments suivant les directions x et y.

M_x : moment dans le poteau / axe y-y (obtenu en considérant le portique longitudinal).

M_y : moment dans le poteau / axe x-x (obtenu en considérant le portique transversal).

On a cependant à faire les combinaisons ci-dessus, pour les moments suivants, dans les deux directions x-x et y-y.

$$M_G \left| \begin{matrix} M_{Gx} \\ M_{Gy} \end{matrix} \right. ; M_p \left| \begin{matrix} M_{px} \\ M_{py} \end{matrix} \right. ; M_{SIE} \left| \begin{matrix} M_{SIE} \\ 0 \end{matrix} \right. ; M_{SIE} \left| \begin{matrix} 0 \\ M_{SIE} \end{matrix} \right.$$

On remarquera que les moments sismiques ont une composante nulle, car l'action sismique n'est pas simultanée.

Nota: les valeurs des moments seront sans signe en raison de la symétrie du ferrailage adopté aux différents poteaux.

Les résultats seront résumés dans les tableaux suivants.

Niveau	Section	G + 1,2 P			G + P + 1,25 I _e			G + P - 1,2 S I _e			G + P + 1,2 S I _e			G + P - 1,2 S I _e		
		M _x	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)
8	T	9,39	0	15,69	14,11	0	16,70	4,25	0	14,07	9,18	2,69	15,4	9,18	2,69	15,38
	b	7,86	"	17,37	6,42	"	18,38	8,89	"	15,75	7,66	2,21	17,08	7,66	2,21	17,06
7	T	8,84	"	41,52	16,25	"	44,38	0,98	"	37,02	8,62	4,71	40,75	8,62	4,71	40,65
	b	8,39	"	43,2	3,09	"	46,06	13,26	"	38,70	8,18	4,71	42,43	8,18	4,71	42,33
6	T	8,46	"	67,37	18,62	"	73,84	2,26	"	58,2	8,18	6,59	66,13	8,18	6,59	65,91
	b	4,94	"	69,05	-3,81	"	75,52	13,26	"	59,88	4,73	6,59	67,81	4,73	6,59	67,59
5	T	4,94	"	85,51	8,57	"	93,95	0,89	"	73,34	4,73	8,53	83,84	4,73	8,53	83,45
	b	5,85	"	87,19	9,39	"	95,63	1,71	"	75,02	5,55	8,53	85,52	5,55	8,53	85,13
4	T	5,85	"	103,62	11,09	"	113,59	0,002	"	88,46	5,55	10,67	101,32	5,55	10,67	100,72
	b	5,85	"	105,30	11,09	"	115,27	0,002	"	90,14	5,55	10,67	103,0	5,55	10,67	102,4
3	T	5,85	"	121,74	12,09	"	133,93	0,99	"	102,87	5,55	12,55	118,83	5,55	12,55	117,97
	b	6,06	"	123,42	13,75	"	135,61	2,23	"	104,55	5,76	12,55	120,51	5,76	12,55	119,65
2	T	6,06	"	141,76	12,97	"	156,96	1,45	"	118,41	5,76	14,08	138,27	5,76	14,08	137,10
	b	6,62	"	143,44	17,00	"	158,64	4,65	"	120,09	6,17	14,08	139,95	6,17	14,08	138,78
1	T	7,89	"	158,05	8,41	"		6,30	"	130,86	7,36	13,38	153,79	7,36	13,38	151,99
	b	3,95	"	159,73	23,79	"		16,43	"	132,54	3,68	16,36	155,47	3,68	16,36	153,67

- 217 -

Niv	S ^{on}	G + 1, 2 P			G + P + 1, 2 SI _e			G + P - 1, 2 SI _e			G + P + 1, 2 SI _t			G + P - 1, 2 SI _t		
		M _x	M _y	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)
	T	6,85	0	16,85	2,13	0	17,80	11,99	0	15,77	7,06	2,84	16,50	7,06	2,84	16,48
	b	5,44	"	18,53	6,79	"	19,48	4,47	"	16,85	5,64	2,33	18,18	5,64	2,33	18,16
	T	6,12	"	42,69	1,29	"	45,37	13,98	"	38,01	6,35	4,98	41,73	6,35	4,98	41,64
	b	7,30	"	44,37	12,36	"	47,05	2,18	"	39,69	6,05	4,98	43,41	6,05	4,98	43,32
	T	5,84	"	69,72	4,39	"	75,90	16,49	"	60,25	6,05	6,96	68,19	6,05	6,96	67,95
	b	1,12	"	71,40	9,51	"	77,58	7,55	"	61,93	0,98	6,96	69,77	0,98	6,96	69,63
	T	1,12	"	94,95	3,27	"	101,08	5,23	"	83,46	0,98	8,53	92,48	0,98	8,53	92,07
	b	0,43	"	96,63	6,77	"	102,76	5,95	"	85,14	0,41	8,53	94,16	0,41	8,53	93,70
	T	0,43	"	124,6	8,55	"	129,36	9,36	"	111,51	0,41	10,67	120,75	0,41	10,67	120,12
	b	0,43	"	126,28	9,36	"	131,04	8,55	"	113,19	0,41	10,67	122,43	0,41	10,67	121,80
	T	0,43	"	151,26	11,33	"	157,60	12,14	"	139,60	0,41	12,55	148,05	0,41	12,55	148,56
	b	0,44	"	152,94	12,16	"	159,28	11,31	"	141,28	0,42	12,55	149,73	0,42	12,55	150,24
	T	0,44	"	184,94	14,15	"	186,85	14,99	"	168,73	0,42	14,08	178,39	0,42	14,08	177,19
	b	0,49	"	186,62	15,03	"	188,53	14,11	"	170,41	0,46	14,08	180,07	0,46	14,08	178,87
	T	0,59	"	221,08	2,87	"	220,84	3,97	"	202,26	0,55	13,38	212,46	0,55	13,38	210,64
	b	0,25	"	222,76	31,0	"	222,52	30,54	"	203,94	0,23	16,36	214,14	0,23	16,36	212,32

POTEAU III₂

Niv	S ^{ons}	0,8 G + 5I _e			0,8 G - 5I _e			0,8 G + 5I _e			0,8 G - 5I _e		
		M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)
8	T	2,39	0	12,21	10,61	0	10,02	6,50	2,24	11,12	6,50	2,24	10,10
	b	5,33	"	13,89	5,33	"	11,70	4,30	1,84	12,8	6,36	1,84	11,78
7	T	0,37	"	32,33	12,35	"	26,20	5,99	3,93	29,30	5,99	3,93	29,22
	b	5,69	"	34,01	5,69	"	27,88	1,45	3,93	30,98	9,93	3,93	30,90
6	T	3,01	"	53,94	14,39	"	40,91	5,69	5,49	47,51	5,69	5,49	47,33
	b	2,93	"	55,62	2,93	"	42,59	4,18	5,49	49,19	10,04	5,49	49,01
5	T	0,27	"	68,04	6,13	"	50,86	2,93	7,11	59,61	2,93	7,11	59,29
	b	3,22	"	69,72	3,22	"	52,54	0,02	7,11	61,29	6,42	7,11	60,97
4	T	1,40	"	80,89	7,84	"	59,95	3,22	8,89	70,67	3,22	8,89	70,17
	b	3,22	"	82,57	3,22	"	61,63	1,40	8,89	72,35	7,84	8,89	71,85
3	T	2,23	"	94,32	8,67	"	68,44	3,22	10,46	81,74	3,22	10,46	81,02
	b	3,39	"	96,00	3,39	"	70,12	3,27	10,46	83,42	10,05	10,46	82,70
2	T	2,82	"	105,29	9,40	"	73,17	3,39	11,73	89,72	3,39	11,73	88,74
	b	3,14	"	106,97	3,14	"	74,85	5,88	11,73	91,40	12,16	11,73	90,42
1	T	2,86	"	120,06	4,62	"	83,34	3,74	11,15	102,45	3,74	11,15	100,95
	b	1,87	"	121,74	1,87	"	85,02	14,89	13,63	104,13	18,63	13,63	102,63

Niv	Sons	0,8G + SIE			0,8G - SIE			0,8G + SIE			0,8G - SIE		
		Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)
8	T	0,61	0	12,83	2,39	0	10,69	6,50	2,37	11,74	6,50	2,37	11,72
	b	5,31	"	14,51	5,31	"	12,37	6,34	1,94	13,42	4,26	1,94	13,40
7	T	12,33	"	32,40	0,39	"	26,27	5,97	4,15	29,38	5,97	4,15	29,30
	b	6,18	"	34,08	6,18	"	27,95	10,42	4,15	31,06	1,94	4,15	30,98
6	T	14,39	"	54,41	3,01	"	41,37	5,69	5,80	47,99	5,69	5,80	47,79
	b	0,22	"	56,09	0,22	"	43,05	7,33	5,80	49,67	6,89	5,80	49,47
5	T	3,76	"	70,44	3,22	"	55,76	0,22	7,11	63,27	0,22	7,11	62,93
	b	0,24	"	72,12	0,24	"	57,44	5,54	7,11	64,95	5,06	7,11	64,61
4	T	7,70	"	87,11	7,22	"	72,23	0,24	8,89	79,93	0,24	8,89	79,41
	b	0,24	"	88,79	0,24	"	73,91	7,70	8,89	81,61	7,22	8,89	81,09
3	T	10,02	"	103,75	9,54	"	88,75	0,24	10,46	96,62	0,24	10,46	95,88
	b	0,25	"	105,43	0,25	"	90,43	10,03	10,46	98,30	9,53	10,46	97,56
2	T	12,39	"	121,20	11,89	"	106,10	0,25	11,73	114,15	0,25	11,73	113,15
	b	0,23	"	122,88	0,23	"	107,78	12,37	11,73	115,83	11,91	11,73	114,83
1	T	3,13	"	122,29	2,57	"	112,20	0,28	11,15	116,41	0,28	11,15	115,64
	b	0,14	"	123,07	0,14	"	114,66	25,78	13,63	118,66	25,50	13,63	117,40

- 220 -

Niv	Sons	G + 1,2 P			G + P + 1,2 SIE			G + P - 1,2 SIE			G + P + 1,2 SIE			G + P - 1,2 SIE		
		Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)
8	T	1,19	0	20,64	2,44	0	20,37	4,80	0	19,96	1,16	2,71	20,18	1,16	2,71	20,15
	b	0,06	"	22,32	1,98	"	22,05	1,93	"		0,03	2,22	21,86	0,03	2,22	21,83
7	T	0,062	"	47,90	6,42	"	47,33	6,47	"	45,92	0,03	4,73	46,67	0,03	4,73	46,58
	b	0,06	"	49,58	5,30	"	49,01	5,24	"		0,03	4,73	48,35	0,03	4,73	48,26
6	T	0,06	"	75,18	9,55	"	74,77	9,60	"	71,44	0,03	6,62	73,21	0,03	6,62	73,00
	b	0,73	"	76,86	8,55	"	76,45	7,14	"		0,7	6,62	74,89	0,7	6,62	74,68
5	T	0,73	"	94,67	8,71	"	95,25	10,10	"	88,38	0,7	8,83	92,02	0,7	8,83	91,61
	b	0,86	"	96,35	8,51	"	96,93	6,87	"		0,82	8,83	93,70	0,82	8,83	93,29
4	T	0,86	"	117,49	10,26	"	118,48	11,90	"	108,54	0,82	11,04	113,83	0,82	11,04	113,19
	b	0,86	"	119,17	11,90	"	120,16	10,26	"		0,82	11,04	115,51	0,82	11,04	114,87
3	T	0,86	"	140,30	13,70	"	142,01	15,34	"	128,40	0,82	12,99	135,66	0,82	12,99	134,75
	b	0,90	"	141,98	15,37	"	143,69	13,67	"		0,85	12,99	137,34	0,85	12,99	136,43
2	T	0,90	"	163,87	17,21	"	166,74	18,90	"	148,57	0,85	14,56	158,27	0,85	14,56	157,04
	b	0,99	"	165,55	18,98	"	168,42	17,14	"		0,92	14,56	159,95	0,92	14,56	158,72
1	T	1,18	"	191,45	13,71	"	194,98	15,91	"	171,94	1,10	14,08	184,40	1,10	14,08	182,54
	b	0,59	"	193,13	28,05	"	196,66	26,96	"		0,55	17,21	186,08	0,55	17,21	184,19

POTEAU III₄.

NIV	sons	0,8 G + SIE			0,8 G - SIE			0,8 G + SIE			0,8 G - SIE		
		Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)	Mx (t.m)	My (t.m)	N (t)
8	T	3,85	0	14,39	2,21	0	14,05	0,82	2,261	14,23	0,82	2,261	14,21
	b	0,10	"	16,07	0,10	"	15,73	1,73	1,85	15,91	1,53	1,850	15,83
7	T	5,26	"	32,79	5,48	"	31,61	0,11	3,945	32,24	0,11	3,945	32,16
	b	0,10	"	34,47	0,10	"	33,29	4,29	3,945	33,92	4,49	3,945	33,84
6	T	7,88	"	51,58	8,08	"	48,80	0,10	5,517	50,28	0,10	5,517	50,10
	b	0,43	"	53,26	0,43	"	50,48	6,10	5,517	51,96	6,96	5,517	51,78
5	T	8,27	"	64,87	7,41	"	59,15	0,43	7,362	62,18	0,43	7,362	61,84
	b	0,47	"	66,55	0,47	"	60,83	6,88	7,362	63,86	5,94	7,362	63,52
4	T	9,70	"	79,04	8,76	"	70,76	0,47	9,200	75,17	0,47	9,200	74,63
	b	0,47	"	80,72	0,47	"	72,44	9,70	9,200	76,85	8,76	9,200	76,31
3	T	12,57	"	93,46	11,63	"	82,12	0,47	10,830	88,17	0,47	10,830	87,41
	b	0,50	"	95,14	0,50	"	83,8	12,60	10,830	89,85	11,60	10,830	89,09
2	T	15,55	"	108,85	14,55	"	93,71	0,50	12,140	101,79	0,50	12,140	100,77
	b	0,55	"	110,53	0,55	"	95,39	15,60	12,140	103,47	14,50	12,140	102,45
1	T	12,90	"	104,38	11,78	"	105,18	0,56	14,340	115,57	0,56	14,340	113,99
	b	0,28	"	126,06	0,28	"	106,86	23,20	14,340	117,25	22,64	14,340	115,67

POTEAU III 4.

II Ferraillage des Poteaux.

Le calcul des poteaux se fera sous les combinaisons S_{P_1} et la plus défavorable de S_{P_2} et on adoptera la section d'acier la plus importante.

Les poteaux sont soumis à des efforts normaux, à des efforts tranchants et des moments fléchissants dans les deux sens principaux (transversal et longitudinal).

1. Calcul des armatures longitudinales.

1.1 Cas de Flexion Composée :

On fera le calcul des aciers pour les combinaisons, du moment et de l'effort normal, suivantes :

- * $(M^{max}, N^{compres})$, pour le calcul du béton
- * $(N^{max}, M^{compres})$ Comprimé et les aciers comprimés.
- * $(N^{min}, M^{compres})$: Calcul des armatures tendues.

1.1.1 Calcul des contraintes admissibles de compression dans le béton :

$$\bar{\sigma}'_s = 2 \bar{\sigma}'_{b_0} \longrightarrow \text{si } e_0 > h_e/2$$

$$\bar{\sigma}'_s = (1 + e_0/3e_1) \bar{\sigma}'_{b_0} \longrightarrow \text{si } e_0 < h_e/2.$$

Sachant que : $e_0 = M/N$ et $e_1 = h_e/6$.

1.1.2 Section partiellement comprimée : ($e_0 > e_1$).

Le calcul des sections partiellement comprimées a été fait à partir de la méthode du moment fictif de Pierre CHARON.

Pour tous les cas on a obtenu soit une section

d'acier négative, soit une section inférieure au minimum imposée par le R.P.A. 81. Ce qui nous a amené à choisir le pourcentage min imposé par le R.P.A. 81 qui est :
 * de 0,8%

1.1.3 Section entièrement comprimée.

On a utilisé la méthode de Pierre CHARON.

$(M, N) \longrightarrow \varphi = \bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_t / N, \quad \beta = 6M / h_t \cdot N = 6e_0 / h_t$
 $\delta' = d' / h_t = 0,06$

$C\bar{w}'^2 + D\bar{w}' + E = 0 \longrightarrow w' = \frac{-D + \sqrt{D^2 - 4CE}}{2C}$

$C = 0,27(1 - 2\delta')^2 \varphi$

$D = 0,3(\varphi - \beta) - 0,30(1 - \varphi)(1 - 2\delta')^2$

$E = (\varphi - 1 - \beta)$

$A'_i = A'_e = \bar{w}' b h_t / 100$

Calcul des contraintes:

$\sigma'_{b1} = \frac{N'}{h_t^2} \left(K + e_0 \frac{R}{h_t} \right)$

avec $K = \frac{1}{1 + 2m\omega}$ et $(n = 15)$

$\sigma'_{b2} = \frac{N'}{h_t^2} \left(K - e_0 \frac{R}{h_t} \right)$

$R = \frac{1}{2 \left[\frac{1}{n} + 2m\omega \left(\frac{1}{2} - \delta' \right)^2 \right]}$

Si w' est négatif ou inférieure à la valeur minimale on prend la valeur minimale donnée par le R.P.A.

1.2 Cas de Flexion Composée Déviée.

Nos poteaux, comme l'indiquent les tableaux de valeurs établis pour les différentes combinaisons, présentent des cas de sollicitations en Flexion Composée déviée, ceci est obtenu par l'action simultanée des moments M_x , M_y et de l'effort normal N .

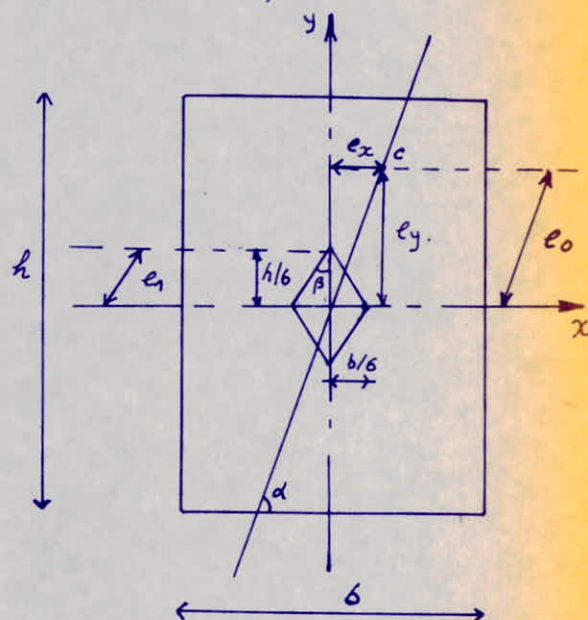
1.2.1 Calcul des contraintes admissibles de compression dans le béton :

* $\bar{\sigma}'_b = 2 \bar{\sigma}'_{b0}$ si $e_0 \geq 3e_1$.

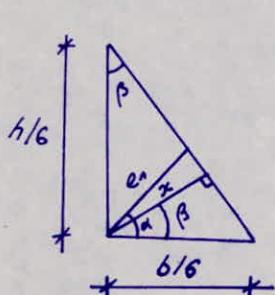
* $\bar{\sigma}'_b = (1 + e_0/3e_1) \bar{\sigma}'_{b0}$ si $e_0 < 3e_1$

e_0 : excentricité de la force extérieure par rapport au C.D.G de la section du béton seul
 ($e_0 = \sqrt{e_x^2 + e_y^2}$)

e_1 : Rayon vecteur, de même signe que e_0 , du noyau central situé dans le même plan radial passant par C.



Calcul de e_1 :



$$x = \frac{b}{6} \cos \beta$$

$$x = e_1 \cos(\alpha - \beta)$$

$$e_1 = \frac{b \cos \beta}{6 \cos(\alpha - \beta)}$$

sachant que :

$$\tan \beta = b/h \quad \text{et} \quad \tan \alpha = e_y/e_x$$

Calcul de e_x et e_y .

$$e_x = M_y/N$$

$$e_y = M_x/N$$

(M_y moment / y dans le plan x).

1.2.2. Calcul des Contraintes.

1.2.2.1. Section partiellement comprimée. ($e_0 > e_1$)

On a utilisé les abaques établis par M. A. ROUSSOPOLOS qui figurent dans le Formulaire de béton armé tome I. de R. CHAMBAUD et P. LEBELLE.

Ces abaques sont relatifs aux sections rectangulaires soumises à une force extérieure de compression appliquée à l'extérieur du noyau central (cà d section partiellement comprimée). Dans le cas contraire (cà d section entièrement comprimée) les valeurs des contraintes seront obtenues à partir des formules classiques de la R. D. M.

Chacune des faces du poteau présentera le même nombre de barres de même diamètre, les axes des barres situés le long des côtés de longueurs h et b sont situés respectivement à $0,06b$ et $0,06h$ des faces correspondantes.

L'abaque utilisé est la 57 page 433. relatif aux sections présentant un grand nombre de barres face ($n > 3$) est telle que l'aire de la section des armatures située le long d'une face soit indépendante de la face considérée.

Cet abaque correspond aussi à

$$w = 0,8 \text{ et } \delta = \frac{d_1}{h} = \frac{d_2}{b} = 0,06.$$

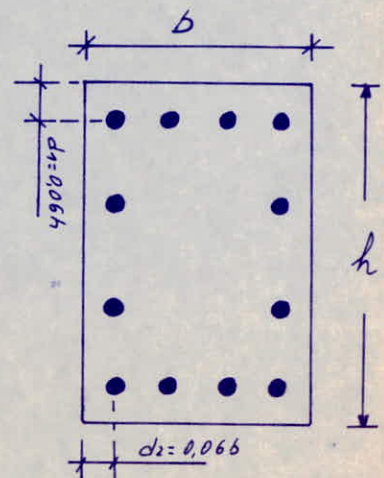
* Mode opératoire :

on calcule d'abord :

$$E_x = a_x / b \text{ et } E_y = a_y / h.$$

(a_x, a_y) étant les coordonnées du centre de pression par rapport aux axes

($0x, 0y$), ces derniers sont choisis de telle manière qu'on ait : a_x et a_y tous deux positifs.



ainsi à l'aide de l'abaque correspondant au nombre m de barres par face et au pourcentage d'acier " w " qu'on a choisit, on tire les valeurs de λ et de χ qui nous servent au calcul des contraintes σ'_b et σ'_a d'expressions:

$$\sigma'_b = N / \lambda b h \quad \text{at} \quad \sigma'_a = \chi m \sigma'_b$$

Comme $m = 15 \rightarrow \sigma'_a = \chi \cdot 15 \cdot \sigma'_b$

1.2.2.2. Section entièrement comprimée.

Après le choix du pourcentage d'acier, on détermine les contraintes maximales de compression dans le béton en utilisant la Formule classique de la R. D. 11:

$$\sigma'_b = \frac{N}{B'} + \frac{M_x \cdot h}{I_x \cdot 2} + \frac{M_y \cdot b}{I_y \cdot 2}$$

où:

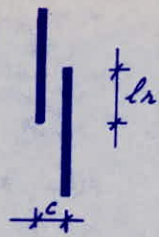
- B' : désigne la section homogénéisée.
- I_x : " le moment d'inertie de la section B' à l'axe $x-x$
- I_y : " " " " " B' à " $y-y$.

* Prescriptions du "R.P.A 81"

1. les armatures longitudinales des poteaux doivent être des barres à haute adhérence, droites et sans crochets.
2. le pourcentage min des armatures longitudinales sera de %
 - 0,8% \rightarrow zone I.
 - 1,0% \rightarrow zone II.
 sans toute fois dépasser 4%.
3. le diamètre min des armatures longitudinales est de %
 - 12 mm \rightarrow zone I
 - 14 mm \rightarrow zone II.

4. la longueur de recouvrement doit être :

$$l_r \geq \max(l_0 + e, 50 \phi_2^{\max})$$



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

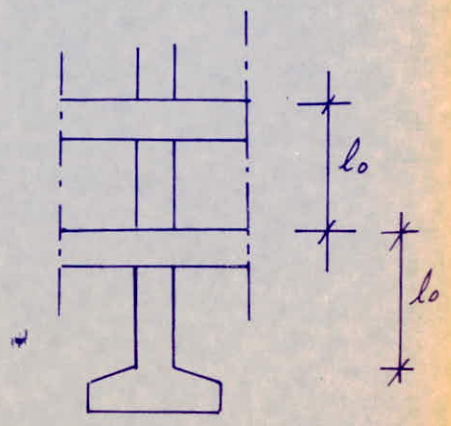
6. les jonctions, par recouvrement, doivent être faites, si possible à l'extérieur des zones des nœuds.

2. Flambement des Poteaux.

D'après C.C.B.A. 68 art 53,23 p 99, nous sommes dans un cas d'un bâtiment à plusieurs étages contreventé par un système de pans verticaux où la continuité des poteaux et de leur section est assurée, le cas sera égal à l'un :

- 0,7 l₀ si le poteau est à ses extrémités :
 - * soit encastré dans un massif de fondation.
 - * soit assemblé à des poutres de plancher ayant au moins la même rigidité que lui dans le sens considéré et le traversant de part en part.
- 0,9 l₀ dans tous les autres cas.

l₀ : représente la longueur libre.



2.1. Condition au Flambement :

(C.C.B.A. 68 art 33,2 p 61)

a) Pour les Poteaux soumis à la Flexion composée si :

- * $\lambda < 35$ il ne sera pas tenu compte du Flambement.
- * $\lambda > 35$ il faut tenir compte du Flambement en excentrant.

l'effort normal d'une excentricité complémentaire :

$$F_{nc} = 0,16 (\lambda - 35) e$$

e : étant l'excentricité de la charge / C.D.G de la section du béton seul.

b) Pour les poteaux en compression simple, il ne sera pas tenu compte du flambement si $\lambda < 50$, pour la section rectangulaire cette condition peut se mettre sous forme :

$l_0/a < 14,4$. sachant que "a" désigne la plus petite dimension du poteau.

2.2. Calcul de l'élanement " λ "

$$\lambda = l_0 / i \quad \text{avec} \quad i = \text{rayon de giration} \\ (i = \sqrt{I/B})$$

I : moment d'inertie du poteau.

B : section du poteau ($B = a \cdot b$).

Selon qu'on soit dans le sens longitudinal ou transversal

on aura :

$$I_l = \frac{a^3 b}{12} \quad \text{et} \quad I_t = \frac{a b^3}{12} \quad \text{avec} \quad (a < b).$$

$$\lambda_l = \sqrt{12} \cdot l_0 / b \quad \text{et} \quad \lambda_t = \sqrt{12} \cdot l_0 / a.$$

3. Calcul des armatures transversales :

D'après le R.P.A 81 art 4.2.2.1 la vérification de la résistance à l'effort tranchant doit être effectuée avec :

$T = 2$ fois l'effort tranchant de calcul si $\lambda \geq 15$

$T = 3$ " " " " si $\lambda < 15$.

Les armatures transversales seront calculées par la formule :

$$\frac{A_t}{t} = \frac{1,25 \times T}{h_0 \sigma_{st}} \quad \text{avec} \quad T : \text{Comme défini au dessus.}$$

Espacement entre les armatures transversales.

$$t \leq \min(10 \phi_t^{\min}, 15 \text{ cm}) : \text{zone nodale.}$$

$$t \leq 12 \phi_t^{\min} \text{ zone courante.}$$

Quantité d'armatures transversales minimale:

$$A_t^{\min} = 0,004 t \cdot ht \quad \text{en zone II}$$

$$A_t^{\min} = 0,003 t \cdot ht \quad \text{en zone I.}$$

Vérification de la résistance à l'effort tranchant

$$\bar{\sigma}_s = n T_{cal} / b \cdot z. \quad \text{avec } z = \frac{\gamma}{8} h. \text{ et } n = \begin{cases} 2 & \text{si } \gamma \geq 15 \\ 3 & \text{si } \gamma < 15. \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_s = 0,15 \sigma_{s0}$$

T_{cal} = effort tranchant de calcul

b = largeur du poteau.

on doit vérifier $\bar{\sigma}_s \leq \bar{\sigma}_s$.

dans notre cas on a:

$$\bar{\sigma}_s = 0,15 \times 275 = 41,25 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_s = 41,25 \text{ kgf/cm}^2.$$

Longueur de recouvrement:

* poteau III₁. Pour tous les niveaux $\rightarrow l_r = 80 \text{ cm.}$

* poteau III₂. niveaux: 8-7, 6-5, 4-3 $\rightarrow l_r = 80 \text{ cm.}$

niveau: 2-1 $\rightarrow l_r = 100 \text{ cm}$

* poteau III₄ pour tous les niveaux $\rightarrow l_r = 80 \text{ cm}$

POTEAUX III₁ Sous SP₁ F.C

NIV	S ^{ons}	M (t.m)	N (t)	Q ₀ (m)	Q ₁ (m)	Solicit.	$\bar{\sigma}_b$ kg/cm ²	d = d' (cm)	S . E . C			A = A' (cm ²)	w% choisi	σ_b kg/cm ²	σ_a kg/cm ²	A = A' Calculée (cm ²)
									S	B	\bar{w}					
8	T	9,39	15,69	0,5985	0,1	P.C	162	3,6	/	/	/	3,91	0,20	59,280	1821,68	4,80
	b	7,86	17,37	0,4525	"	"	"	"	/	/	/	2,495	"	49,621	1116,48	"
7	T	8,84	41,52	0,2129	"	"	138,48	"	/	/	/	-0,63	"	51,157	431,77	"
	b	8,39	43,2	0,1942	"	"	133,43	"	/	/	/	-1,236	"	48,769	325,31	"
6	T	8,46	67,37	0,1256	"	"	114,90	"	/	/	/	-4,94	"	53,409	47,00	"
	b	4,94	69,05	0,0715	"	E.C	100,30	"	3,486	0,715	-0,197	0	"	/	/	"
5	T	4,94	85,51	0,0578	"	"	96,59	"	2,711	0,578	-0,174	0	"	/	/	"
	b	5,85	87,19	0,0671	"	"	99,11	"	2,728	0,671	-0,159	0	"	/	/	"
4	T	5,85	103,62	0,0565	"	"	96,24	"	2,229	0,565	-0,130	0	"	/	/	"
	b	5,85	105,30	0,0556	"	"	96,00	"	2,188	0,556	-0,127	0	"	/	/	"
3	T	5,85	121,74	0,0481	"	"	93,97	"	1,853	0,481	-0,093	0	"	/	/	"
	b	6,06	123,42	0,0491	"	"	94,26	"	1,833	0,491	-0,087	0	"	/	/	"
2	T	6,06	141,76	0,0427	"	"	92,54	"	1,567	0,421	-0,046	0	"	/	/	"
	b	6,62	143,44	0,0461	"	"	93,45	"	1,564	0,461	-0,032	0	"	/	/	"
1	T	7,89	158,05	0,0497	"	"	94,41	"	1,434	0,497	0,021	0,504	"	/	/	"
	b	3,95	159,73	0,0247	"	"	87,67	"	1,317	0,247	-0,029	0	"	/	/	"

POTEAUX III, Sous SP₂ F.C

NIV	S _{oms}	M (t.m)	N (t)	C ₀ (m)	C ₁ (m)	solicit.	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	d=d' (cm)	S. E. C			A=A' (cm ²)	ω% choisi	$\bar{\sigma}_b'$ kgf/cm ²	σ _a kgf/cm ²	A=A' Calcu/Geo
									S	B	$\bar{\omega}'$					
8	T	14,11	16,70	0,8449	0,1	P.C	243	3,6	/	/	/	4,67	0,20	89,078	3253,58	4,80
	b	6,42	18,38	0,3493	"	"	"	"	/	/	/	0,776	"	40,53	767,64	"
7	T	16,25	44,38	0,3662	"	"	"	"	/	/	/	-0,513	"	102,59	2125,63	"
	b	3,09	46,06	0,0671	"	E.C	148,67	"	7,7466	0,671	-1,2776	0	"	/	/	"
6	T	18,62	73,84	0,2522	"	P.C	223,64	"	/	/	/	2,997	"	117,55	1522,279	"
	b	3,81	75,52	0,0505	"	E.C	141,95	"	4,0472	0,505	-1,148	0	"	/	/	"
5	T	8,57	93,95	0,0912	"	"	158,43	"	4,0473	0,912	-0,942	0	"	/	/	"
	b	9,39	95,63	0,0982	"	"	161,27	"	3,4021	0,982	-0,765	0	"	/	/	"
4	T	11,09	113,59	0,0976	"	"	161,02	"	2,7167	0,976	-0,521	0	"	/	/	"
	b	11,09	115,27	0,0962	"	"	160,46	"	3,3409	0,963	-0,76	0	"	/	/	"
3	T	12,09	133,93	0,0903	"	"	158,07	"	2,8326	0,903	-0,626	0	"	/	/	"
	b	13,75	135,61	0,1014	"	P.C	162,56	"	/	/	/	-8,965	"	86,81	76,39	"
2	T	12,97	156,96	0,0826	"	E.C	154,95	"	2,3693	1,014	-0,292	0	"	/	/	"
	b	17,00	158,64	0,1072	"	P.C	164,91	"	/	/	/	-11,69	"	107,32	94,44	"
1	T	8,41			"			"						/	/	
	b	23,79			"			"						/	/	

POTEAUX III₂ sous SP₁. F.C.

NIV	sons	M (t.m)	N (t)	Q ₀ (m)	Q ₁ (m)	solicit.	$\bar{\sigma}_0'$ (kg/cm ²)	d = d' cm	S. E. C			A = A' (cm ²)	w % choisi	$\bar{\sigma}_0'$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	A = A' calca/laa cm ²
									S	B	\bar{w}'					
8	T	6,85	16,85	0,407	0,1	P.C	162	3,6	/	/	/	1,240	0,20	43,24	973,01	4,80
	b	5,44	17,53	0,294	"	"	160,38	"	/	/	/	0,372	0,20	34,34	541,25	"
7	T	6,12	42,69	0,143	"	"	119,61	"	/	/	/	-2,865	0,20	38,64	34,00	"
	b	7,30	44,37	0,1645	"	"	125,415	"	/	/	/	-2,240	0,20	46,09	186,19	"
6	T	5,84	69,72	0,084	"	E.C	103,68	"	3,5690	0,840	-0,888	0	"	/	/	"
	b	1,12	71,4	0,016	"	"	85,32	"	2,8679	0,160	-1,250	0	"	/	/	"
5	T	1,12	94,95	0,012	"	"	84,24	"	0,1293	0,120	-1,149	0	0,20	/	/	"
	b	0,43	96,63	0,0045	"	"	82,215	"	2,04197	0,045	-1,280	0	"	/	/	"
4	T	0,43	124,6	0,0035	"	"	81,95	"	1,5785	0,035	-1,037	0	"	/	/	"
	b	0,43	126,28	0,0034	"	"	81,918	"	1,5569	0,034	-1,018	0	"	/	/	"
3	T	0,43	151,26	0,0028	"	"	81,756	"	1,2972	0,028	-0,670	0	"	/	/	"
	b	0,44	152,94	0,0029	"	"	81,783	"	1,2834	0,029	-0,639	0	"	/	/	"
2	T	0,44	184,94	0,0024	"	"	81,648	"	1,0596	0,024	-0,110	0	"	/	/	"
	b	0,49	186,62	0,0026	"	"	81,702	"	1,0507	0,026	-0,0765	0	"	/	/	"
1	T	0,59	221,08	0,0027	"	"	81,729	"	0,8872	0,027	0,510	11,51	0,51	/	/	11,51
	b	0,25	222,76	0,0011	"	"	81,297	"	0,8759	0,011	0,508	11,46	0,508	/	/	11,46

- POTEAUX III₂ Sous SP₂ - F.C.

NIV	S ^{ens}	M _(t.m)	N _(t)	Q _{0(m)}	Q _{1(m)}	solicit.	$\bar{\sigma}_b'$ k _f /cm ²	d=d' (cm)	S. E. C			A=A' (cm ²)	w% choisi	$\bar{\sigma}_b'$ k _f /cm ²	$\bar{\sigma}_a$ k _f /cm ²	A=A' Calculée (cm ²)
									S	B	\bar{w}'					
8	T	2,13	17,80	0,1197	0,1	P.C	169,98	3,6	/	/	/	-1,168	0,20	13,45	11,83	4,80
	b	6,79	19,48	0,3486	"	"	243,00	"	/	/	/	0,829	"	42,87	811,69	"
7	T	1,29	45,37	0,0284	"	E.C	133,00	"	7,0355	0,284	-1,359	0	"	/	/	"
	b	12,36	47,05	0,2827	"	P.C	227,89	"	/	/	/	0,528	"	78,03	1010,49	"
6	T	4,39	75,90	0,0578	"	E.C	144,91	"	4,5821	0,578			"	/	/	"
	b	9,51	77,58	0,1226	"	P.C	171,15	"	/	/	/	-4,126	"	69,04	52,83	"
5	T	3,27	101,08	0,0324	"	E.C	134,62	"	3,1964	0,324	-1,156	0	"	/	/	"
	b	6,77	102,76	0,0659	"	"	148,19	"	3,461	0,659	-0,203	0	"	/	/	"
4	T	8,55	129,36	0,0661	"	"	148,27	"	2,7508	0,661	-0,779	0	"	/	/	"
	b	9,36	131,04	0,0714	"	"	150,41	"	2,7548	0,714	-0,738	0	"	/	/	"
3	T	11,33	157,60	0,0719	"	"	150,62	"	2,2937	0,719	-0,508	0	"	/	/	"
	b	12,16	159,28	0,0763	"	"	152,40	"	2,2963	0,763	-0,468	0	"	/	/	"
2	T	14,15	186,85	0,0757	"	"	152,16	"	1,9544	0,757	-0,210	0	"	/	/	"
	b	15,03	188,53	0,0797	"	"	153,78	"	1,9576	0,797	-0,170	0	"	/	/	"
1	T	2,87	220,84	0,0130	"	"	126,765	"	1,3776	0,130	-0,503	0	"	/	/	"
	b	31,04	222,52	0,1395	"	P.C	177,99	"	/	/	/	-11,19	"	/	/	"

POTEAUX III₄ Sous SP₁ - FC

Niv	sons	M (t.m)	N (t)	e ₀ (m)	e ₁ (m)	sollicit	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	d=d' (cm)	S. E. C			A=A' (cm ²)	ω% choisi	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	A=A' Calculée cm ²
									g	β	$\bar{\omega}'$					
8	T	1,191	20,64	0,0577	0,1	E.C	96,58	3,6	11,23	0,577	-1,350	0	0,20	—	—	4,80
	b	0,06	22,32	0,0027	"	"	81,73	"	9,087	0,130	-1,409	0	"	—	—	"
7	T	0,062	47,90	0,0013	"	"	81,35	"	4,076	"	-1,427	0	"	—	—	"
	b	0,06	49,58	0,0012	"	"	81,32	"	4,006	0,065	-1,394	0	"	—	—	"
6	T	0,06	75,18	0,0008	"	"	81,21	"	2,5927	0,008	-1,421	0	"	—	—	"
	b	0,73	76,18	0,0096	"	"	83,59	"	2,5677	0,0455	-1,360	0	"	—	—	"
5	T	0,73	94,67	0,0077	"	"	83,08	"	2,1062	0,077	-1,225	0	"	—	—	"
	b	0,86	96,35	0,0089	"	"	83,40	"	2,0775	0,089	-1,190	0	"	—	—	"
4	T	0,86	117,49	0,0073	"	"	82,97	"	1,6949	0,073	-1,021	0	"	—	—	"
	b	0,86	119,17	0,0072	"	"	82,94	"	1,6704	0,072	-1,004	0	"	—	—	"
3	T	0,86	140,30	0,0061	"	"	82,65	"	1,4138	0,061	-0,744	0	"	—	—	"
	b	0,90	141,98	0,0063	"	"	82,70	"	1,3980	0,063	-0,714	0	"	—	—	"
2	T	0,90	163,27	0,0055	"	"	82,48	"	1,2080	0,055	-0,390	0	"	—	—	"
	b	0,99	165,55	0,00598	"	"	82,61	"	1,1977	0,0598	-0,074	0	"	—	—	"
1	T	1,18	191,45	0,0062	"	"	82,67	"	1,0364	0,062	0,016	0,36	"	—	—	"
	b	0,59	193,13	0,0031	"	"	81,84	"	1,0170	0,031	0,044	0,99	"	—	—	"

POTEAUX III₄ Sous SP₂. F.C

Niv	sens	M (t.m)	N (t)	C ₀ (m)	C ₁ (m)	solicit.	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	d=d' (cm)	S. E. C			A=A' (cm ²)	ω% choisi	$\bar{\sigma}_b'$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	A=A' Calculée
									γ	β	$\bar{\omega}'$					
8	T	2,44	20,37	0,1198	0,1	P. C	170,02	3,6	/	/	/	-1,32	0,20	15,40	13,56	4,8
	b	1,98	22,05	0,0898	"	E. C	157,87	"	17,1831	0,898	-1,352	0	"	/	/	"
7	T	6,47	47,33	0,1370	"	P. C	176,99	"	/	/	/	-2,41	"	40,85	35,94	"
	b	5,30	49,01	0,1080	"	"	165,24	"	/	/	/	-3,16	"	33,46	29,44	"
6	T	9,55	74,77	0,1284	"	"	173,50	"	/	/	/	-3,82	"	60,29	53,06	"
	b	8,53	76,45	0,1118	"	"	166,70	"	/	/	/	-4,50	"	53,85	47,39	"
5	T	8,71	95,25	0,0914	"	E. C	158,52	"	3,9942	0,914	-0,932	0	"	/	/	"
	b	8,51	96,93	0,0878	"	"	157,06	"	3,8830	0,878	-0,931	0	"	/	/	"
4	T	10,26	118,48	0,0866	"	"	156,57	"	3,1716	0,866	-0,771	0	"	/	/	"
	b	11,90	120,16	0,099	"	"	161,59	"	3,2275	0,990	-0,709	0	"	/	/	"
3	T	13,70	142,01	0,0965	"	"	160,58	"	2,7138	0,965	-0,527	0	"	/	/	"
	b	15,37	143,69	0,1070	"	P. C	164,83	"	/	/	/	-9,15	"	97,03	85,39	"
2	T	17,21	166,74	0,1032	"	"	163,29	"	/	/	/	-11,5	"	108,65	95,61	"
	b	18,98	168,42	0,1127	"	"	167,14	"	/	/	/	-10,48	"	119,82	105,44	"
1	T	13,71	194,98	0,0703	"	E. C	149,97	"	1,8460	0,703	-0,165	0	"	/	/	"
	b	28,05	196,66	0,1430	"	P. C	179,41	"	/	/	/	-9,42	"	177,08	387,813	"

F.C.D POTEAU III₁

Niv	Sons	M _x (t.m)	M _y (t.m)	N (t)	C _y (cm)	C _x (cm)	C ₀ = $\frac{C_x C_y}{\sqrt{C_x^2 + C_y^2}}$ (cm)	C ₁	\bar{I}_0' (kg/cm ⁴)	E _x = $\frac{C_x}{b}$	E _y = $\frac{C_y}{h}$	w %	∩	χ	\bar{I}_0' (kg/cm ⁴)	\bar{I}_a (kg/cm ⁴)	A totale (cm ²)
8	T	9,18	2,69	15,40	17,4675	59,6104	62,1169	5,8117	243	1,4903	0,2911	0,8	0,0613	1,85	104,68	2904,77	19,2
	b	7,66	2,21	17,08	12,9391	44,8478	46,6770	5,8193	243	1,1212	0,2157	"	0,080	1,70	88,96	2268,44	"
7	T	8,62	4,71	40,75	11,5583	21,1534	24,1052	5,5685	243	0,5288	0,1926	"	0,1659	1,00	102,35	1535,19	"
	b	8,18	4,71	42,43	11,1006	19,2788	22,2463	5,5590	243	0,4820	0,1850	"	0,1727	0,9545	102,37	1465,67	"
6	T	8,18	6,59	66,13	9,9652	12,3696	15,8843	5,5696	237,00	0,3092	0,1661	"	0,2636	0,5938	104,53	931,05	"
	b	4,73	6,59	67,81	9,7183	6,9754	11,9625	5,5503	208,79	0,2430	0,1163	"	0,3500	0,3571	80,73	432,41	"
5	T	4,73	8,53	83,84	10,1741	5,6417	11,6337	6,2423	196,98	0,1410	0,1695	"	0,4000	0,2500	87,33	327,5	"
	b	5,55	8,53	85,52	9,9743	6,4897	11,8997	6,0377	201,32	0,1622	0,1662	"	0,3833	0,2813	92,96	392,26	"
4	T	5,55	10,67	101,32	10,53099	5,4777	11,8704	6,3317	197,43	0,1369	0,1755	"	0,3900	0,2820	108,25	457,89	"
	b	5,55	10,67	103,00	10,3592	5,3884	11,6768	6,3317	196,19	0,1347	0,1727	"	0,4200	0,2080	102,18	378,81	"
3	T	5,55	12,55	118,83	10,5613	4,6705	11,5480	6,5736	192,65	0,1168	0,1760	"	0,43	0,1875	115,15	323,85	"
	b	5,76	12,55	120,51	10,4141	4,7797	11,4586	6,5166	192,71	0,1195	0,1736	"	0,435	0,1792	115,43	310,28	"
2	T	5,76	14,08	138,27	10,1830	4,1658	11,0021	6,6957	188,05	0,1041	0,1697	"	0,4500	0,1250	128,03	240,05	"
	b	6,17	14,08	139,93	10,0622	4,4094	10,9859	6,5878	189,04	0,1102	0,1677	"	0,4400	0,1667	132,51	331,34	"
1	T	7,36	13,38	153,79	8,7002	4,7858	9,9296	6,2534	185,81	0,1196	0,1450	"	0,460	0,1250	139,30	281,19	"
	b	3,68	16,36	155,47	10,5229	2,3670	10,7859	7,6640	178,50	0,0592	0,1754	"	0,5600	0	115,68	0,00	"

FCD. POTEAU. III,

NIV	sons	M_x (t.m)	M_y (t.m)	N (t)	e_y (cm)	e_x (cm)	$e_0 = \frac{e_x^2 + e_y^2}{2}$ (cm)	e_1	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm ²)	$E_x = \frac{e_x}{b}$	$E_y = \frac{e_y}{h}$	ω %	ν	χ	$\bar{\sigma}_b'$ (kg/cm ²)	$\bar{\sigma}_a$ kg/cm ²	Atotale (cm ²)
8	T	7,06	2,84	16,50	17,2121	42,7879	46,12006	5,66628	243	1,0697	0,2869	0,8	0,088	1,600	78,125	1875	19,2
	b	5,64	2,33	18,18	12,8163	31,0237	33,5662	5,6555	243	0,77558	0,2136	"	0,4200	0,2083	18,036	56,35	"
7	T	6,35	4,98	41,73	11,93386	15,21687	19,3383	5,5635	243	0,3804	0,1989	"	0,1925	0,8261	90,32	1119,26	"
	b	6,05	4,98	43,41	11,4720	13,9369	18,05114	5,57524	243	0,34842	0,1912	"	0,2927	0,7344	91,22	894,71	"
6	T	6,05	6,96	68,19	10,20678	8,87227	13,52388	5,75113	216,74	0,22181	0,1701	"	0,3250	0,3750	87,423	491,75	"
	b	0,98	6,96	69,87	9,96136	1,4026	10,05962	8,33767	170,36	0,03507	0,16602	"	0,5200	0	55,99	0	"
5	T	0,98	8,53	92,48	9,2236	1,0597	9,2843	8,1426	167,68	0,02649	0,16354	"	0,5400	0	71,36	"	"
	b	0,41	8,53	94,16	10,1355	0,4872	10,1472	8,8140	168,13	0,01218	0,17971	"	0,5300	0	74,03	"	"
4	T	0,41	10,67	120,75	8,8364	0,3395	8,84296	8,9230	161,64	0,00849	0,15667	"	0,5400	0	93,17	"	"
	b	0,41	10,67	122,43	8,7152	0,3349	8,7216	8,9230	161,10	0,00837	0,15452	"	0,5600	0	91,09	"	"
3	T	0,41	12,55	148,05	8,8349	0,2886	8,8396	8,991	161,32	0,007216	0,15665	"	"	"	110,156	"	"
	b	0,42	12,55	149,73	8,7317	0,2853	8,7363	8,991	160,85	0,007131	0,15482	"	"	"	111,41	"	"
2	T	0,42	14,08	178,39	7,8928	0,2298	7,8962	9,033	156,90	0,00575	0,13994	"	"	"	132,73	"	"
	b	0,46	14,08	180,07	7,8192	0,2555	7,8234	8,991	156,74	0,006386	0,13864	"	"	"	133,98	"	"
1	T	0,55	13,38	212,46	6,2977	0,2589	6,30297	8,893	150,20	0,00647	0,11166	"	"	"	158,08	"	"
	b	0,23	16,36	214,14	7,6399	0,1261	7,6409	9,188	155,18	0,00315	0,13546	"	"	"	169,33	"	"

F.C.D POTEAU III₄.

Niv	Sons	$M_x (t.m)$	$M_y (t.m)$	$N (t)$	$Q_y (cm)$	$Q_x (cm)$	$Q_0 = \frac{Q_y}{\sqrt{Q_x^2 + Q_y^2}} (cm)$	Q_1	$\bar{\sigma}_b' (kg/cm^2)$	$E_x = \frac{Q_x}{b}$	$E_y = \frac{Q_y}{h}$	$w\%$	ν	χ	$\sigma_b' (kg/cm^2)$	$t_{ta} (kg/cm^2)$	A totale (cm ²)
8	T	1,16	2,71	20,18	13,4291	5,76809	14,6155	6,37	214,42	0,1442	0,238105	0,8	0,32	0,417	27,95	174,85	19,20
	b	0,03	2,22	21,86	10,1555	0,13724	10,15646	9,8022	163,46	0,0034	0,1693	"	0,52	0	17,52	0	"
7	T	0,03	4,73	46,67	10,1456	0,06428	10,1438	9,317	165,59	0,001607	0,17985	"	0,54	0	38,31	0	"
	b	0,03	4,73	48,35	9,7828	0,06206	9,78303	9,9060	167,50	0,00155	0,16305	"	0,53	0	38,01	"	"
6	T	0,03	6,62	73,21	9,0425	0,04098	9,0426	9,340	107,14	0,00102	0,16033	"	0,534	0	57,124	"	"
	b	0,70	6,62	74,89	8,83963	0,934704	8,8883	8,6791	162,98	0,02337	0,14733	"	0,544	0	56,074	"	"
5	T	0,70	8,83	92,02	9,5957	0,7607	9,6258	8,482	111,641	0,01902	0,17014	"	0,534	0	76,38	0	"
	b	0,82	8,83	93,70	9,4237	0,8751	9,4642	8,347	111,614	0,02188	0,16709	"	"	"	77,78	"	"
4	T	0,82	11,04	113,83	9,6987	0,7204	9,7254	8,532	111,777	0,01801	0,17196	"	0,55	"	91,74	"	"
	b	0,82	11,04	115,51	9,5576	0,7099	9,5839	8,532	111,330	0,01775	0,16946	"	0,544	"	94,12	"	"
3	T	0,82	12,99	135,66	9,5754	0,6045	9,5945	8,649	110,950	0,01511	0,16978	"	0,56	"	107,38	"	"
	b	0,85	12,99	137,34	9,4583	0,6189	9,4785	8,624	110,675	0,015473	0,16770	"	"	"	108,71	"	"
2	T	0,85	14,56	158,27	9,1995	0,5371	9,2151	8,700	109,600	0,013426	0,16311	"	"	"	125,28	"	4
	b	0,95	14,56	159,95	9,1029	0,5752	9,1210	8,648	109,480	0,01379	0,16140	"	"	"	126,61	"	"
1	T	1,10	14,08	184,40	7,6356	0,5965	7,6588	8,493	105,348	0,01491	0,13538	"	"	"	145,96	"	"
	b	0,55	17,21	186,04	9,2487	0,2956	9,2534	8,999	108,760	0,00739	0,16398	"	"	"	147,29	"	"

FERRAILLAGE ADOPTÉ (armatures longitudinales)

Pote.	NIV	Sons	A Calculée Vérficée (cm ²)	Ferraillage adopté par face	A adoptée (cm ²)	Annin R.P.A 81	Amax R.P.A.	
POTEAU III ₁	8	T	19,20	4 T16	24,12	19,2	96,0	
		b	"	"	"	"	"	
	7	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	6	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	5	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	4	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	3	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	2	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	1	T						
		b						
	POTEAU III ₂	8	T	19,20	4 T16	24,12	19,2	96,0
			b	"	"	"	"	"
7		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
6		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
5		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
4		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
3		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
2		T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
1		T	46,04	5 T20	50,24	"	"	
		b	45,84	5 T20	50,24	"	"	
POTEAU III ₄		8	T	19,20	4 T16	24,12	19,2	96,0
			b	"	"	"	"	"
	7	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	6	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	5	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	4	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	3	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	2	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	
	1	T	"	"	"	"	"	
		b	"	"	"	"	"	

ARMATURES. TRANSVERSALES.

Pot.	NIV	Sens	Le (m)	a, b	γ	m	T ₀ (t)	δ (m)	G ₀ (kg/m ²)	
POTEAU III ₁	8-7	⊥	2,205	40	19,0959	2	2,31	32,90	3,51	
		∩	2,835	60	12,7306	3	3,12	49,35	4,74	
	6-5	⊥	2,205	40	19,0959	2	4,18	32,90	6,353	
		∩	2,835	60	12,7306	3	4,65	49,35	7,07	
	4-3	⊥	2,205	40	19,0959	2	6,15	32,90	9,347	
		∩	2,835	60	12,7306	3	3,56	49,35	5,410	
	2-1	⊥	2,065	40	17,8834	2	7,30	32,90	11,094	
		∩	2,655	60	15,3287	2	5,19	49,35	5,258	
	POTEAU III ₂	8-7	⊥	2,835	40	24,52	2	2,44	32,90	3,708
			∩	"	60	12,7306	3	3,12	49,35	4,740
		6-5	⊥	"	40	24,52	2	4,18	32,90	6,353
			∩	"	60	12,7306	3	4,65	49,35	7,070
4-3		⊥	"	40	24,52	2	6,15	32,90	9,347	
		∩	"	60	12,7306	3	5,75	49,35	8,739	
2-1		⊥	2,855	40	22,993	2	8,400	32,90	12,766	
		∩	2,655	60	15,3287	2	8,380	49,35	8,490	
POTEAU III ₄		8-7	⊥	2,835	40	24,52	2	2,321	32,90	3,527
			∩	"	60	12,7306	3	2,87	49,35	4,360
		6-5	⊥	"	40	24,52	2	4,1331	32,90	6,582
			∩	"	60	12,7306	3	4,190	49,35	6,368
	4-3	⊥	"	40	24,52	2	6,1368	32,90	9,678	
		∩	"	60	12,7306	3	7,120	49,35	10,824	
	2-1	⊥	2,655	40	22,993	2	8,840	32,90	13,434	
		∩	2,655	60	15,3287	2	10,310	49,35	10,507	

ARMATURES. TRANSVERSALES.

Poteaux	Niveaux	R. P. A. 81		sans	Ae adoptée (cm ²)	T (t)	t. Cal- culée (cm)		t adoptée cm			Ae min (cm ²)	
		zone de Recouv- rement	zone Coulan- te				zone Nodale	zone Nodale	zone Crante	zone Nodale	zone Crante		
												zone Nodale	zone Nodale
POTEAU III ₁	8-7	15	19,2	t	2,08	4,62	90,76	10	10	1,80	1,80		
				l	"	9,36	44,8						
	6-5	"	"	t	"	8,36	50,16	"	"	"	"		
				l	"	13,95	30,06						
	4-3	"	"	t	"	12,30	45,46	"	"	"	"		
				l	"	10,68	33,26						
	2-1	"	"	t	"	14,60	28,72	"	"	"	"		
				l	"	10,38	40,4						
	POTEAU III ₂	8-7	15	19,2	t	2,08	4,88	85,93	"	"	"	"	
					l	"	9,36	44,8					
		6-5	"	"	t	"	8,36	50,16	"	"	"	"	
					l	"	13,95	30,06					
4-3		"	"	t	"	12,30	34,09	"	"	"	"		
				l	"	17,25	45,46						
2-1		"	24,0	t	3,01	16,80	24,96	"	"	"	"		
				l	3,01	16,76	25,02						
POTEAU III ₄		8-7	15	19,2	t	2,08	4,64	90,37	"	"	"	"	
					l	"	8,61	48,70					
		6-5	"	"	t	"	8,66	48,42	"	"	"	"	
					l	"	12,57	33,36					
	4-3	"	"	t	"	12,74	32,91	"	"	"	"		
				l	"	21,36	19,63						
	2-1	"	"	t	"	17,68	24,27	"	"	"	"		
				l	"	20,74	20,22						

FONDITIONS

I. Introduction

Le type de fondation retenu sera le radier général étant donné que le taux de travail du sol est très faible ($\bar{\sigma}_s = 1 \text{ bar}$).

Le radier sera constitué d'une dalle (nervurée) d'épaisseur constante. On admettra que le radier est infiniment rigide.

Le poids de la construction est obtenu en faisant une descente de charge.

On obtient ainsi :

- charge permanente : $G = 5240,54 \text{ t}$

- surcharge : $P = 790,64 \text{ t}$

Le poids total de la construction sera donné par la combinaison du 1^{er} genre :

$$N = G + 1,2 \cdot P = 5240,54 + 1,2 \cdot 790,64$$

$$N = \underline{6189,31 \text{ t}}$$

1- Surface nécessaire du radier :

$$\frac{N}{S_{nec}} \leq \bar{\sigma}_s \implies S_{nec} \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s}$$

$$\bar{\sigma}_s = 1 \text{ bar} = 10 \text{ t/m}^2$$

La section nécessaire est : $S_{nec} \geq \frac{6189,31}{10} = 618,9 \text{ m}^2$

La surface du radier sans rebords est égal à :

$$S = 640,6 \text{ m}^2$$

Nous constatons que $S > S_{nec}$, donc le rebord n'est pas nécessaire, mais on prévoit un rebord minimum égal à 30 cm.

La surface du radier avec débordement sera

égale à : $S_1 = S + S_{reb} = 640,6 + 33,7 = 674,3 \text{ m}^2$

$$S_1 = \underline{674,3 \text{ m}^2}$$

2. Pression sous Le radier :

On ne tient pas compte du poids du radier :

$$p = \frac{N}{S_1} = \frac{6189,31}{674,3} = 9,18 \text{ t/m}^2$$

$$\underline{p = 9,18 \text{ t/m}^2}$$

3. Prédimensionnement de La dalle :

a) Condition de non cisaillement :

L'épaisseur du radier sera déterminée à partir de La vérification au cisaillement.

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} \leq \bar{\tau}_b = 1,15 \cdot \bar{\sigma}_b'$$

$T_{max} = q \cdot \frac{l}{2}$ avec $q = 9,18 \text{ t/ml}$, pour une bande de 1m.
 $l = 6,9 \text{ m}$ (entre nus)

$$T_{max} = 9,18 \cdot \frac{6,9}{2} = 31,67 \text{ t}$$

$$\frac{T_{max}}{b \cdot z} \leq 1,15 \bar{\tau}_b \Rightarrow z \geq \frac{T_{max}}{1,15 \cdot \bar{\sigma}_b' \cdot b} ; \text{ avec } z = \frac{7}{8} \cdot h \Rightarrow h = \frac{8}{7} \cdot z$$

$$h \geq \frac{8 \cdot T_{max}}{7 \cdot 1,15 \cdot b \cdot \bar{\sigma}_b'} \Rightarrow h \geq \frac{8 \cdot 31,67 \cdot 10^3}{7 \cdot 1,15 \cdot 5,9 \cdot 100} = 53,34 \text{ cm.}$$

on prend $h = 55 \text{ cm} \rightarrow h_t = 60 \text{ cm}$ ($d = 5 \text{ cm}$).

b) Condition forfaitaire :

Un radier ne peut efficacement jouer son rôle répartiteur de charge que s'il est assez raide vis à vis du Sol sous-adjacent, d'une manière générale on peut se fixer en première approximation :

$$h_t \geq \frac{l}{10} \text{ avec } l : \text{entre nus des appuis.}$$
$$h_t \geq \frac{6,9}{10} = 69 \text{ cm}$$

On adoptera La valeur maximale des deux Conditions :

$$\text{Soit } h_t = 70 \text{ cm} \rightarrow \underline{h = 65 \text{ cm}}$$

4- Vérification au poinçonnement:

Conformément aux règles C.C.B.A 68 art. 39.54, on fera une vérification au poinçonnement, Cette vérification est faite pour Le poteau Le plus chargé :

$$N_p = G + 1,2P = 221,1 t.$$

La Condition de non poinçonnement sous charges localisées (poteaux) doit être Satisfait sous les sollicitation du 1^{er} genre :

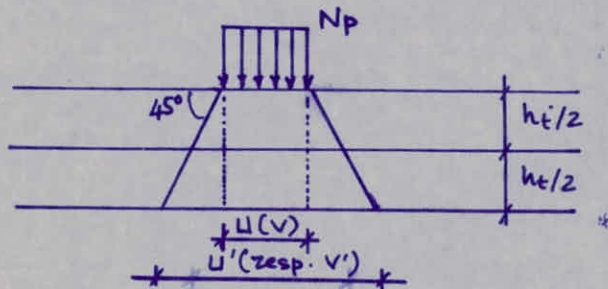
$$1,5 \frac{N_p}{P_c \cdot h_t} \leq 1,15 \bar{\sigma}_b$$

avec :

P_c = périmètre d'un contour homothétique de celui du poteau situé à mi distance de la dalle.

h_t = épaisseur totale de l'élément considéré.

N_p = Valeur de la charge localisée.



$$P_c = 2(U' + V') \text{ avec :}$$

$$U' = U + h_t \text{ et } V' = v + h_t$$

avec $h_t = 70 \text{ cm}$ on a :

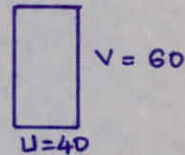
$$\begin{cases} U' = 40 + 70 = 110 \text{ cm} \\ V' = 60 + 70 = 130 \text{ cm} \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_c = 2(U' + V') = 2(110 + 130) = 480 \text{ cm}$$

$$1,5 \cdot \frac{221,1 \times 10^3}{480 \times 70} = 9,87 \text{ kg/cm}^2 > 1,2 \bar{\sigma}_b = 6,8 \text{ kg/cm}^2$$

- non vérifié -

Il est souvent très économique de marquer la position des poteaux par une surépaisseur de la dalle intéressant la dalle que l'on veut rigide d'une part et permettant une contrainte au sol admissible d'autre part, on prévoit alors des nervures ($h_t = 80 \text{ cm}$) celles-ci limiteront le poinçonnement.



avec $h_t = 90 \text{ cm} \rightarrow P_c = 560 \text{ cm}$.

$$1,5 \cdot \frac{221,1 \times 10^3}{560 \times 90} = 6,58 \text{ kg/cm}^2 < 6,8 \text{ kg/cm}^2$$

- vérifié -

b) Stabilité du radier :

d) Sollicitation du 1^{er} genre :

$$N = G' + 1,2 P \quad \text{avec } G' = \text{pois de La Construction} + \text{pois du radier.}$$

• Pois du radier :

$$G_z = S_z \cdot \rho \cdot h_t = 874,3 \cdot 2,5 \cdot 0,7 = 1180 \text{ t}$$

$$N = 6189,31 + 1180 = 7369,31 \text{ t}$$

La pression de Contact sur le sol est égale à :

$$\sigma_s = \frac{N}{S} = \frac{7369,31 \times 10^3}{674,3} = 1,09 \text{ t/m}^2 \approx \bar{\sigma}_s = 1 \text{ kg/cm}^2$$

b) Sollicitation du 2nd genre :

La vérification de la stabilité du radier, se fera en Calculant les Contraintes sous celui-ci, sous l'effet du Moment M de renversement et de l'effort normal N qui sollicitent le radier à sa base sous les sollicitation du 2nd genre, La combinaison à considérer est la suivante: $G + P + SI$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N_{\max}}{S_{\text{rad}}} \pm \frac{M}{I} \cdot v = \frac{G+P}{S_{\text{rad}}} \pm \frac{M}{I} \cdot v$$

$$G = 5240,54 \text{ t}$$

$$P = 790,64 \text{ t}$$

$$G_z = 1180 \text{ t}$$

$$M_r = 3879,38 \text{ t}$$

$$I = 26419,78 \text{ m}^4$$

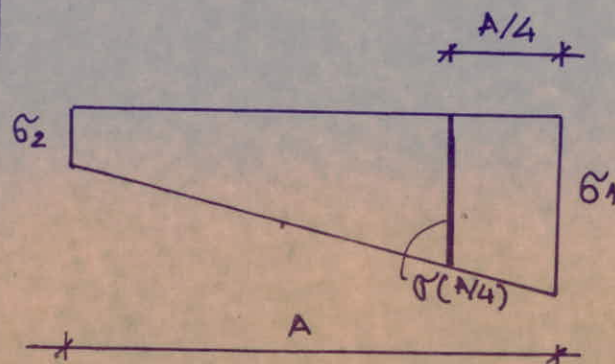
$$v = 11,7 \text{ m}$$

$$G + G_z = 6420,54 \text{ t} \rightarrow N_{\max} = 7211,18 \text{ t}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{7211,18}{674,3} \pm \frac{11,7 \cdot 3879,38}{26419,78} = 10,69 \pm 1,72$$

$$\sigma_1 = 12,41 \text{ t/m}^2 = 1,24 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 8,97 \text{ t/m}^2 = 0,9 \text{ kg/cm}^2$$



on déduit :

$$\sigma(\frac{A}{4}) = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} = \frac{3 \cdot 1,24 + 0,90}{4} = 1,16 \text{ kg/cm}^2$$

d'où $\sigma(A/4) = 1,16 \text{ kg/cm}^2$.

Vérifications :

$$\sigma(A/4) = 1,16 \text{ kg/cm}^2 < 1,33 \bar{\sigma}_s = 1,33 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 1,24 \text{ kg/cm}^2 < 1,5 \cdot \bar{\sigma}_s = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 0,90 \text{ kg/cm}^2 < 1,5 \cdot \bar{\sigma}_s = 1,5 \text{ kg/cm}^2$$

5. Détermination de la sollicitation la plus défavorable :

$$\frac{q(SP_2)}{q(SP_1)} = \frac{7211,18}{7369,31} = 0,979 < \frac{\bar{\sigma}_{en}}{\bar{\sigma}_a} = \frac{4200}{2800} = 1,5$$

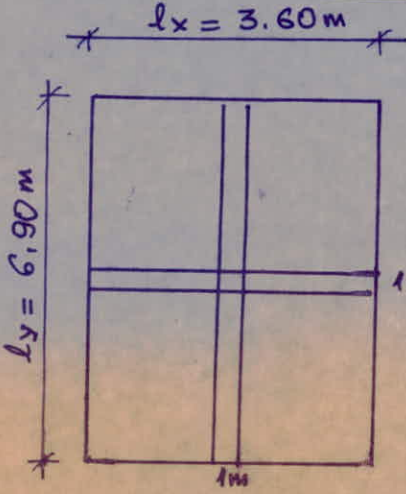
Donc la sollicitation du 1^{er} genre est la plus défavorable. La contrainte à considérer pour le calcul du radier sera celle provoquée par les sollicitations du 1^{er} genre (poids du radier non compris) : $q = 9,18 \text{ t/m}^2$

Le radier sera calculé comme un plancher dalle renversé soumis à une charge uniformément répartie.

6. Détermination des efforts :

Le radier sera calculé en considérant un panneau encasturé sur ces 4 appuis.

a) Exposé de la méthode :



Le panneau est soumis à une charge uniformément répartie d'intensité q .

La charge totale appliquée sur la dalle est : $p = q \cdot l_x \cdot l_y$

Considérons dans chaque sens 2 bandes de largeur unité

- suivant l'axe x-x : $1m \cdot l_x$.

- suivant l'axe y-y : $1m \cdot l_y$.

Les moments fléchissants seront déterminés à partir des abaques de PIGEAUD établis par la théorie d'élasticité

- $M_x = (M_1 + \nu M_2) \cdot P$ avec $\nu = 0,15$: béton
- $M_y = (M_2 + \nu M_1) \cdot P$

Les moments unitaires M_1, M_2 sont donnés en fonction de β et $\frac{1}{\beta}$ où $\beta = \frac{l_x}{l_y}$.

Soit $\beta = \frac{l_x}{l_y} = \frac{3,6}{6,9} = 0,52 : 0,4 \leq \beta = 0,52 \leq 1$

Donc la dalle porte dans les deux sens.

La charge totale appliquée sur la dalle :

$P = q \cdot l_x \cdot l_y$ avec $q = 9,18 \text{ t/m}^2$.

$P = 9,18 \cdot 3,6 \cdot 6,9 = 228,03 \text{ t}$

$\beta = \frac{l_x}{l_y} = 0,522 \longrightarrow M_1 = 0,04772$

$\frac{1}{\beta} = \frac{1}{0,522} = 1,92 \longrightarrow M_2 = 0,0083$

Les moments unitaires M_1, M_2 ont été obtenu par interpolation. $M_1 = 0,04772 ; M_2 = 0,0083$.

$M_x = (M_1 + \nu M_2) \cdot P = (0,04772 + 0,15 \cdot 0,0083) \cdot 228,03 = 11,17 \text{ t.m.}$

$M_y = (M_2 + \nu M_1) \cdot P = (0,0083 + 0,15 \cdot 0,04772) \cdot 228,03 = 3,52 \text{ t.m.}$

Les formules ci-dessus donnent les moments pour le cas où la dalle est simplement appuyée sur son pourtour, notre panneau étant continu au delà de ses appuis, donc on réduit les valeurs ainsi obtenues pour les moments en travée et on calcule un moment d'encastrement :

• appuis : $\begin{cases} M_{ax} = 0,75 \cdot M_x = 0,75 \cdot 11,17 = 8,38 \text{ t.m.} \\ M_{ay} = 0,75 \cdot M_y = 0,75 \cdot 3,52 = 2,64 \text{ t.m.} \end{cases}$

• travée : $\begin{cases} M_{tx} = 0,50 \cdot M_x = 0,50 \cdot 11,17 = 5,59 \text{ t.m.} \\ M_{ty} = 0,50 \cdot M_y = 0,50 \cdot 3,52 = 1,76 \text{ t.m.} \end{cases}$

7. FERRAILLAGE:

a) Appui:

• Sens Lx: Max = 8,38 t.m

$$A = \frac{M}{3 \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{8,38 \times 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 55 \cdot 2800} = 6,22 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{5T14/ml : } A = 7,7 \text{ cm}^2$$

• Sens Ly: Max = 2,64 t.m

$$A = \frac{M}{3 \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{2,64 \times 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 55 \cdot 2800} = 1,96 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{5T10/ml : } A = 3,92 \text{ cm}^2$$

b) Gravée:

• Sens Lx: M_{tx} = 5,59 t.m

$$A = \frac{M}{3 \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{5,59 \times 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 55 \cdot 2800} = 4,15 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{5T12/ml : } A = 5,65 \text{ cm}^2$$

• Sens Ly: M_{ty} = 1,76 t.m

$$A = \frac{M}{3 \cdot \bar{\sigma}_a} = \frac{1,76 \times 10^5}{\frac{7}{8} \cdot 55 \cdot 2800} = 1,31 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{5T10/ml : } A = 3,92 \text{ cm}^2$$

7. VERIFICATION DES CONTRAINTES:

a) Appui: α) M_x = 8,38 t.m ; A = 7,7 cm²

$$\bar{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = \frac{100 \cdot 7,7}{100 \cdot 55} = 0,14 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9383 \\ k = 66 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{8,38 \times 10^5}{7,7 \cdot 0,9383 \cdot 55} = 2108,87 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2108,87}{66} = 31,95 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

β) M_y = 2,64 t.m ; A = 3,92 cm² → $\bar{\omega} = 0,0713 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9548 \\ k = 95,5 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = 1282,46 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 ; \sigma'_b = 13,43 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

b) Gravée:

α) M_x = 5,59 t.m ; A = 5,65 cm² → $\bar{\omega} = 0,10273 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9462 \\ k = 78,0 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = 1901,16 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 ; \sigma'_b = 24,87 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2$$

β) M_y = 1,76 t.m ; A = 3,92 cm² → $\bar{\omega} = 0,0713 \rightarrow \begin{cases} \epsilon = 0,9548 \\ k = 95,5 \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_a = 854,97 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 8,95 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 137 \text{ kg/cm}^2$$

À défaut de l'existence d'un rapport de sol, on a choisi un sol fictif.

Choix des caractéristiques (Goussier page 97)

on a choisi une argile humide.

$$\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3$$

$$c = 0,3 \text{ t/m}^2$$

$$\varphi = 25^\circ$$

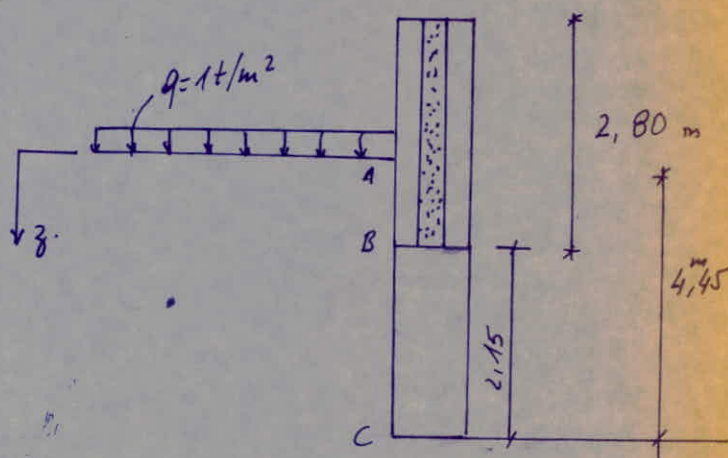
1. Voile 1

calcul de la contrainte:

$$\sigma_z = K_a' (\gamma z + q)$$

$$K_a' = \frac{1}{2} \left(\frac{\pi - \varphi}{4} \right) - \frac{2c}{\gamma h} \frac{1}{2} \left(\frac{\pi - \varphi}{4} \right)$$

$$h = 4,45 \rightarrow K_a' = 0,363.$$



Le calcul sera fait en considérant les voiles comme des dalles.

Les panneaux seront considérés simplement appuyés sur les quatre côtés.

Le calcul sera effectué à partir du calcul élastique dont les résultats sont d'une très bonne approximation;

Pour les charges uniformément réparties comme c'est le cas pour nous, les formules sont les suivantes.

Moments de Flexion

$$M_x = \frac{q l_y^2}{8} \cdot \frac{1}{K}$$

$$M_y = \frac{q l_x^2}{8} \cdot \frac{1}{K}$$

avec $K = 1 + \left(\frac{l_x}{l_y}\right)^2 + \left(\frac{l_y}{l_x}\right)^2$

* Effort tranchant arrivant au chacun des 4 cotés est uniforme et a pour valeur

$$T_x = \frac{q l_x}{2} \frac{l_y^4}{l_y^4 + l_x^4} \quad ; \quad T_y = \frac{q l_y}{2} \frac{l_x^4}{l_x^4 + l_y^4}$$

1.1 Voile BC

on distinguera deux panneaux suivant les travaux.

($l = 2,725$ et $l = 3,6$ m)

Panneau	l_x	l_y	ψ	Mode d'appui	K	M_x (t.m)/ml	M_y (t.m)/ml	T_x t/ml	T_y t/ml
1 Rive	2,15	2,725	0,789	0,4 < 0,5 < 1 portant dans les deux sens.	3,2289	1,033	0,643	2,784	1,3675
2 intermédiaire	2,15	3,60	0,5974		4,1604	1,3994	0,4991	3,427	0,730

* Ferraillage

Panneau	bhc	Acus	K_t t/ml	$\mu = \frac{15M}{\sigma_s b h^2}$	ϵ	K	A cm ² /ml	Amin cm ² /ml	Ferme/bège adopté par ml
Rive	100 x 60	x	1,033	0,00179	0,9809	245	0,692	1,2	6 T16 (42,06 cm ²)
		y	0,643	0,0011	0,9841	300	0,429	1,1	1,1
intermédiaire	100 x 60	x	1,3994	0,00242	0,9773	205	0,941	1,1	1,1
		y	0,4991	0,00086	0,9759	340	0,333	1,1	1,1

la section d'acier donnée par le calcul pour les différents cas est très petite, on adopte la section minimale imposée par le R.P.A 81 qui est de 0,20% de la section transversale

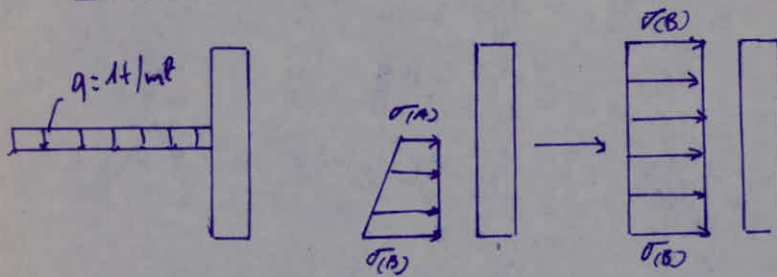
* panneau de rive:

$$A = \frac{60 \times 272,5 \times 0,20}{100 \times 2,725} = 12 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

* panneau intermédiaire:

$$A = \frac{60 \times 360 \times 0,20}{100 \times 3,6} = 12 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

1.2. Voile AB. $\longrightarrow K_b = 0,3376$



Panneau	lx	ly	φ	mode d'appui	K	Mx t/ml	My t/ml	Tx t/ml	Ty t/ml
Rive	2,15	2,80	0,7679	mode d'appui 0,4 < φ < 1 portant dans les deux sens	3,28566	0,564	0,3325	1,508	0,683
intermédiaire	2,80	3,60	0,7778		3,2580	0,940	0,569	1,938	0,912

Panneau	b ht	Acier	Mt t/ml	M = $\frac{MSH}{\sigma_{ab66L}}$	E	K	A cm ² /ml	Amin cm ² /ml	Ferailleage adp pte par ml
Rive	100 x 20	x	0,564	0,0098	0,9556	97,5	1,230	4	4712 (4152)
		y	0,3325	0,0058	0,9650	128	0,42	11	11
intermédiaire	100 x 20	x	0,940	0,0163	0,9435	73,5	2,073	11	11
		y	0,569	0,0099	0,9554	97,0	1,24	11	11

BIBLIOGRAPHIE

- | | |
|-----------------------------------------------|------------------------|
| Calcul des ouvrages en B.A | P. CHARON |
| Calcul pratique de ossatures en
Béton Armé | A. FUENTES |
| Dynamique des structures
TOME 1 | et
CLOUGH
PENZEN |
| Dynamique des structures | A DEBRUSCU |
| Regles Parasismique Algerienne '81 | |
| ReglesCC BA 68 | |
| Cours de béton armé | BELAZOUGHI |

