

3/82

USTHB



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

105

DEPARTEMENT GENIE-CIVIL

THESE DE FIN D'ETUDES
D'INGENIORAT D'ETAT

**BATIMENT A USAGE PEDAGOGIQUE
EN ZONE II
(Etudié pour deux sites differents)**

Proposé par

E. N. P. A.

Supervisé par :

M^R ZERZOUR

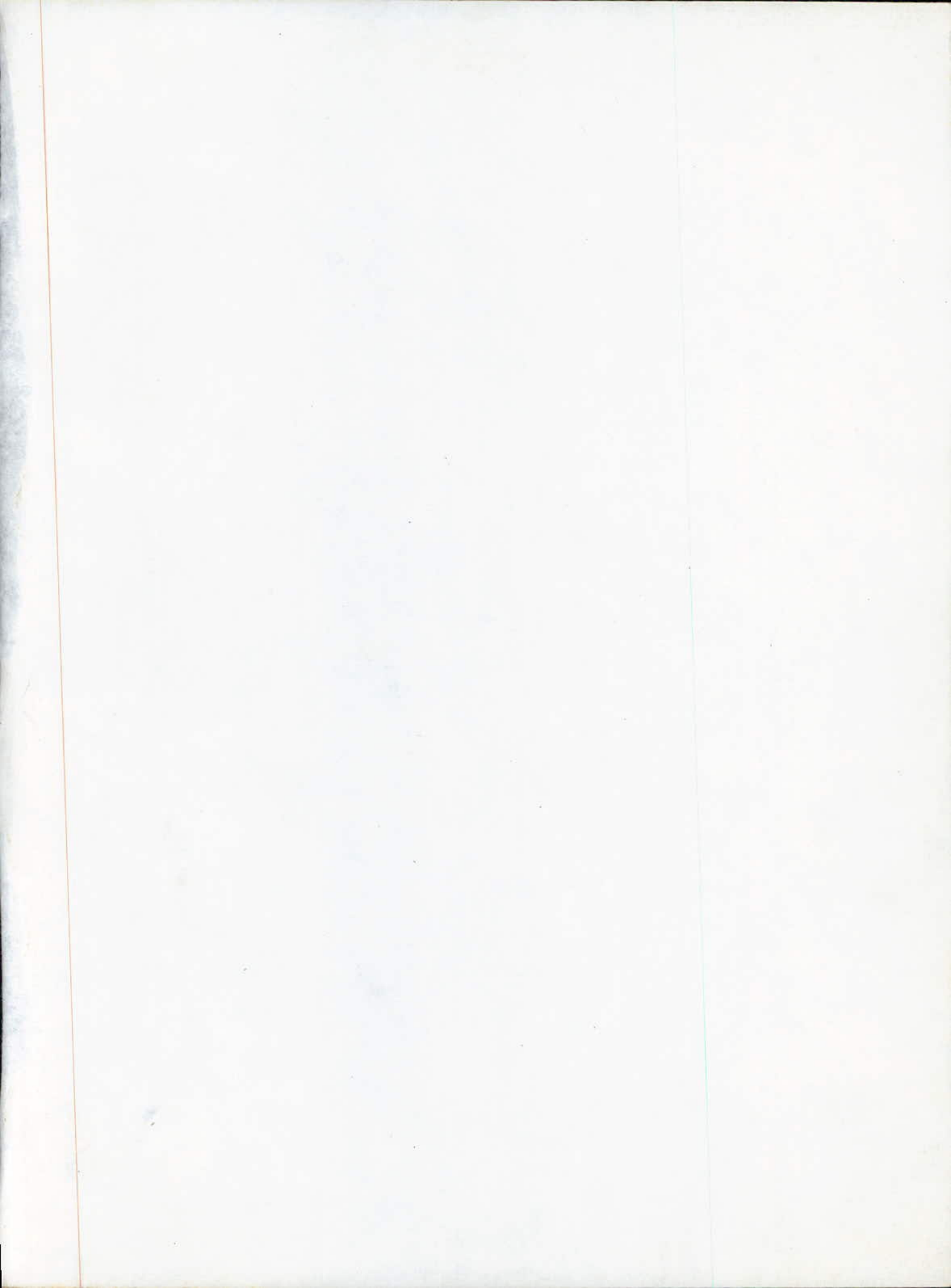
(Chef du département Genie Civil)
à l'E. N. P. A.

Etudié par :

Malik BENNACER

Antar YAHIAOUI

JUIN 1982



U S T H B

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT GENIE-CIVIL

THESE DE FIN D'ETUDES
D'INGENIORAT D'ETAT

**BATIMENT A USAGE PEDAGOGIQUE
EN ZONE II
(Etudié pour deux sites differents)**

Proposé par :

E. N. P. A.

Supervisé par :

M^R ZERZOUR

(Chef du département Genie Civil)
à l'E. N. P. A.

Etudié par :

Malik BENNACER

Antar YAHIAOUI

JUIN 1982

TABLE des MATIERES

INTRODUCTION:

· Présentation et description de l'ouvrage	1
· Caractéristiques des matériaux utilisés	3
· Charges et surcharges	5

CHAPITRE I: CALCUL DES ELEMENTS.

· Acrotère	I.2
· Calcul de la console terrasse	I.3
· Calcul de l'auvent	I.5
· Calcul des poutrelles - terrasse	I.8
· Calcul des poutrelles d.d.c.	I.13
· Escaliers	I.19

CHAPITRE II: PRE-DIMENSIONNEMENT

CHAPITRE III: ETUDE AU SEISME

CHAPITRES IV et V: METHODES de CALCUL POUR LA DETERMINATION DES EFFORTS DANS LES PORTIQUES.

IV - Sous les forces horizontales	II.1
V - Sous les forces verticales	II.1

CHAPITRES VI et VII: SUPERPOSITION DES DIFFERENTES SOLLICITATIONS - FERRAILLAGE

VI - POUTRES	VI.1
VII - POUTEAUX	VII.1

CHAPITRE VIII - ETUDE DU MUR PERIPHERIQUE

CHAPITRE IX - FONDATIONS.

SEMELLES	IX.2
RADIER	IX.15

· BIBLIOGRAPHIE.

* Nos plus sincères remerciements à notre promoteur
M^R ZERZOUR pour ses conseils éclairés et son aide.

* Qu'il nous soit permis de remercier M^R FEKHHER
Secrétaire général à l'U.S.T.H.B pour l'assistance
et la disponibilité dont il nous a fait bénéficier.

* Nous sommes heureux de témoigner notre sympathie
et notre profonde reconnaissance à messieurs :

- RABAH. OUALI de la scolarité de l'U.S.T.H.B
- SAID. CHERIEF de la roneo du rectorat.
- ZOUBIR. LAINEUR. Futur Pilote de ligne
- H'MIMI. BOUZIDI - Ingénieur en G. Civil
- SALEM. ALLAM - Ingénieur en G. Civil
- KAMEL. BENSEBAA - Ingénieur en G. Civil
- Si. MOUHOB - MOUHEB - Ingénieur en Electronique
- Abderrahmane. SLIOUTI - Ingénieur en G. Civil

Pour leur aide matérielle qu'ils ont bien voulu
nous apporter.

* Toute notre gratitude à tous les professeurs qui
ont bien voulu nous guider au cours de nos études
depuis notre jeunesse et jusqu'à notre formation ;
Parmi eux les membres du jury qui nous font
l'honneur de juger notre travail

* A tous nos amis pour leur soutien moral.

M^R BENNACER et A. YAHIAOUI.



Je dédie ce travail

- A mon père.
- A ma mère.
- A mes frères
- A ma sœur.
- A toute ma famille.
- A tous mes amis.

Antar. YAHIAOUI



Je dédie ce modeste travail :

- A mon père
- A ma mère,

Pour leurs sacrifices et en témoignage de mon affection, mon respect et mon dévouement.

- A mon frère et à mes sœurs,
en leur souhaitant tout le bonheur possible dans leur vie.

- A la mémoire de ma sœur Samia, ravie trop jeune à l'affection des siens

- A la mémoire de mes grand-mères, que leurs âmes reposent en paix.

- A toute ma famille grands et petits

- A tous ceux qui ont été, sont et seront mes amis.

- A tous les gens qui souffrent.

Malik Bennacer



INTRODUCTION

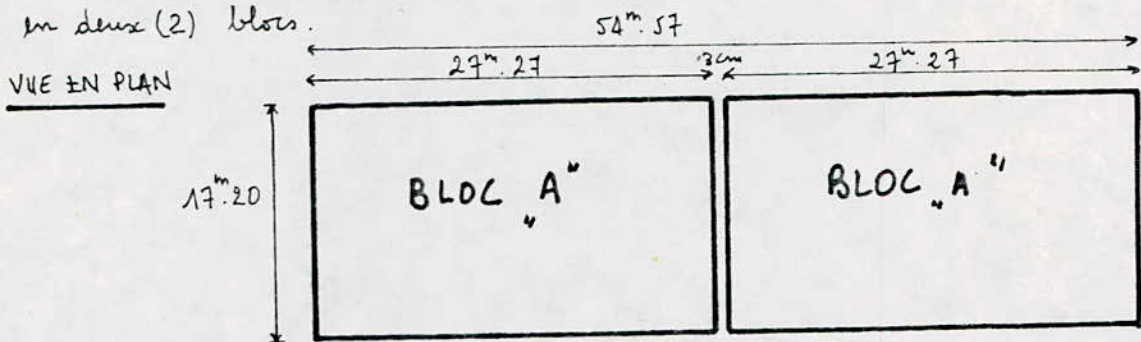
PRESENTATION et DESCRIPTION de L'OUVRAGE

Le projet qui nous a été confié, consiste en l'étude des éléments résistants d'un bâtiment à usage d'enseignement. Cet ouvrage sera situé dans la zone II qui est de moyenne sismicité.

Il est composé d'un vide sanitaire, d'un rez de chaussée et de trois (3) étages.

Les planchers seront espacés de $3^m.52$. La longueur totale en plan sera de $54^m.57$ et la largeur totale de $17^m.20$.

Compte tenu des recommandations pour les ouvrages en B.A et pour ne pas tenir compte des effets dus aux variations de température, nous avons prévu un (1) joint de dilatation de 3^cm (separation calculée plus loin) qui sépare notre bâtiment en deux (2) blocs.



Vue la symétrie de l'ouvrage, notre étude sera portée sur le bloc "A" qui présente les dimensions mentionnées ci-dessus.

Taux de TRAVAIL: Le but de ce projet est de calculer un bâtiment suivant deux (2) types de sol, pour essayer de visualiser la différence relative à la prostance du sol pour un même ouvrage.

Le 1^{er} type est de $2,5 \text{ kg/cm}^2$ (semelles)

Le 2^{ème} " est de 1 kg/cm^2 (radier général)

BETON ARME

- Béton tout le béton entrant dans la construction sera conforme:

- aux règles C.C.P.A. 68 dans un 1^{er} stade

- " " en vigueur applicables en Algérie (PS 69...)

Il sera composé de:

- 800 litres de gravillons $5/15$ ($D_g = 15^mm$)

- 400 " de sables : $D_s \leq 5^mm$

- 350 Kg de ciment C.P.A classe 325

175 litres d'eau (variables en fonction de l'humidité des granulats)

ACIER

Deux (2) nuances d'aciers seront utilisées

- acier doux (ronds lisses)
- acier à haute adhérence.

Remarques:

Le sable et les granulats doivent être propres ; en particulier ils ne doivent pas comporter ni terre, ni matière organique, ni argile, ces matières étant nuisibles au ciment et aux armatures.

. L'eau rentrant dans la composition des bétons devra être pure (sans acide)

. L'acier sera propre et débarrassé de toutes traces de rouille, de peinture et de graisse.

. La préparation du béton sera faite mécaniquement et le chantier muni d'un matériel de contrôle nécessaire.

OSSATURE : L'ossature du bâtiment est constituée de portiques longitudinaux et transversaux, qui assureront le contreventement dans les deux (2) sens l'ouvrage, reposera directement sur le sol, par l'intermédiaire d'une couche de béton de propreté de 5 à 10 cm d'épaisseur posée sous les fondations.

PLANCHERS : Ils seront constitués par des poutres creuses et une table de compression. Le plancher terrasse aura en plus une isolation thermique et hydrofuge ce dernier devra avoir une forme de pente.

ESCALIERS : Le bâtiment entier sera muni de deux (2) cages d'escaliers intérieurs. Les escaliers seront à paillasses adjacents ; ils seront construits étage par étage en même temps que l'ossature dans le but d'éviter l'utilisation de échelles.

MAÇONNERIE : MURS extérieurs : - cloison en briques creuses (10 cm)

• Un vide d'air (5 cm)

• Une cloison en briques creuses (10 cm)

Murs intérieurs cloisons de séparation en briques creuses (10 cm)

REVÊTEMENTS : Enduit de mortier de ciment (murs extérieurs)

• " en plâtre (murs intérieurs)

Céramique dans les salles d'eau. Carrelage dans les autres pièces - plinthes.

CARACTERISTIQUES MECANQUES DES MATERIAUX
CONSTITUANT le BETON-ARME.

- A - BETON: - dosage : 350 kg/m³ de CPA 325 ; contrôle atténué
 - Granulats: grosseur Cg 5/15
 - résistance nominale de compression : $\sigma'_{28} = 270$ bars
 - " " " de traction : $\sigma'_{28} = 23,2$ bars.

① Contrainte de compression admissible: (c.c.B. 268 art 9.4)

Elle est prise égale à une fraction de la résistance à 28 jours.

$$\sigma'_b = \rho'_b \cdot \sigma'_{28} \quad \text{avec } \rho'_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \varepsilon$$

- * α : dépend de la classe de ciment utilisé ; $\alpha = 1$ (CPA 325)
- * β : " de l'efficacité du contrôle ; $\beta = 5/6$ (contrôle atténué)
- * γ : " des épaisseurs relatives des éléments et des dimensions des granulats . Cg 5/15 $\rightarrow \gamma = 1$ ($h_m / 4C_g \geq 1$)
 h_m : épaisseur minimale de la pièce considérée

* δ : dépend de la nature de la sollicitation

$\delta = 0,30$ en compression simple

$\delta = 0,60$ en flexion simple

en flexion composée :

$\delta = 0,60 \rightarrow$ l'effort normal est une traction

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

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

e_1 : distance de 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.

REMARQUE :

Quand il s'agit d'une sollicitation pondérée du 2^{ème} genre, les valeurs de δ seront multipliées par le coefficient: 1,5

* ε : dépend de la forme de la section et de la position de l'axe neutre

$\varepsilon = 1 \rightarrow$ en compression simple

$0,5 < \varepsilon < 1 \rightarrow$ dans les autres cas.

Dans notre cas:

a) en compression simple:

1^{ère} genre: $\bar{\sigma}'_{b0} = 1 \cdot \frac{5}{6} \cdot 1 \cdot 0,3 \cdot 270 = 67,5$ bars (sous SP₁)

2^{ème} genre: $\bar{\sigma}'_{b0} = 1,5 \cdot 67,5 = 101,5$ bars (SP₂)

b) en flexion simple:

1^{ère} genre: $\bar{\sigma}'_b = 135$ bars (SP₁)

2^{ème} genre: $\bar{\sigma}'_b = 202,5$ bars (SP₂)

② Contrainte de traction de référence: (art 3,5. CCBA 68)

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

* α, β, γ sont les mêmes que pour la contrainte de compression.

* $\theta = 0,018 + \frac{2,1}{\sigma'_n}$ (σ'_n : en bars).

sous SP_1 : $\bar{\sigma}_b = 5,8$ bars

sous SP_2 : $\bar{\sigma}_b = 8,7$ bars.

B-ACIERS: on distingue deux (2) catégories d'aciers.

* aciers doux (ronds lisses):

- nuance $F_e E 24$ $\sigma_{en} = 2350$ bars

- contraintes admissibles:

$\bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ sous SP_1

$\bar{\sigma}_a = \sigma_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$ sous SP_2

* aciers haute adhérence:

- nuance $F_e E 40$ $\sigma_{en} = 4120$ bars $\rightarrow \varnothing \leq 20 \text{ mm}$

$\sigma_{en} = 3920$ bars $\rightarrow \varnothing > 20 \text{ mm}$

- contraintes admissibles:

$\varnothing \leq 20 \text{ mm}$ $\left\{ \begin{array}{l} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_1 \\ \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ sous } SP_2 \end{array} \right.$

* Contrainte de traction imposée par la condition de fissuration: (art 4.8)
La valeur maximale de la contrainte des armatures est limitée à la plus grande des valeurs suivantes (en bars):

$$\sigma_A = K \cdot \frac{\eta}{\varnothing} \cdot \frac{\bar{\omega}_f}{1 + 10 \bar{\omega}_f}; \quad \sigma_2 = 2,4 \sqrt{\eta \cdot \frac{K}{\varnothing} \cdot \bar{\sigma}_b}$$

σ_1 : contrainte de fissuration systématique

σ_2 : " " non systématique (ou accidentelle)

η : coefficient de fissuration ($\eta = 1 \rightarrow$ ronds lisses; $\eta = 1,6 \rightarrow$ H.A.)

\varnothing : diamètre de la plus grosse barre (en mm)

$\bar{\omega}_f$: pourcentage de fissuration: $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f}$

A : section totale des armatures tendues

B_f : section d'enrobage des barres tendues

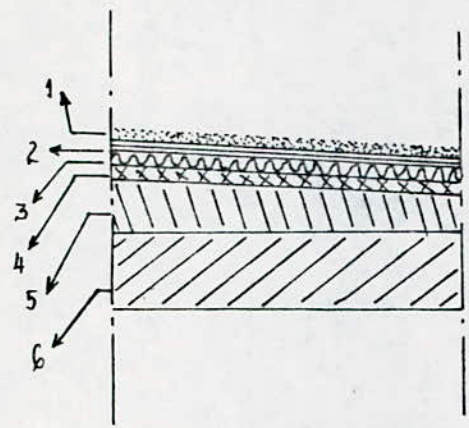
K : coefficient dépendant des conséquences de fissuration sur le comportement de l'ouvrage

$K = 1,5 \cdot 10^6$	—	fissuration peu nuisible
$K = 1 \cdot 10^6$	—	" préjudiciable
$K = 0,5 \cdot 10^6$	—	" très préjudiciable

CHARGES et SURCHARGES

CHARGES PERMANENTES:

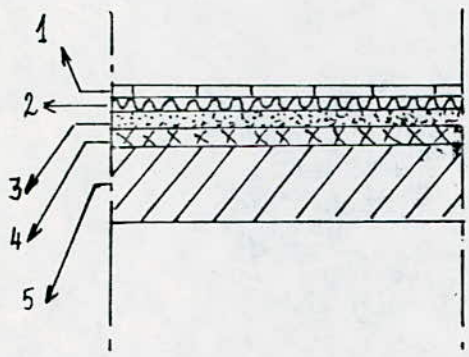
PLANCHER - TERRASSE.



- 1 - gravillons (5cm) : $0,05 \times 1500 = 75 \text{ KG/m}^2$
- 2 - multicouches : $= 10 \text{ KG/m}^2$
- 3 - chape en béton (3cm) : $0,03 \times 2000 = 60 \text{ KG/m}^2$
- 4 - isolation thermique : $0,03 \times 400 = 12 \text{ ''}$
- 5 - forme de pente : $0,07 \times 2000 = 140 \text{ ''}$
- 6 - hourdis + table : (20+5) $= 325 \text{ ''}$

$G = 622 \text{ KG/m}^2$

PLANCHER - COURANT.



- 1 - carrelage : $(22 \text{ KG/cm}^2/\text{cm}) (2 \text{ cm}) = 44 \text{ KG/m}^2$
- 2 - mortier de pose : $0,02 \times 2000 = 40 \text{ ''}$
- 3 - sable : $0,03 \times 1700 = 51 \text{ ''}$
- 4 - isolation phonique : $= 10 \text{ ''}$
- 5 - Hourdis + table : (20+6) $= 325 \text{ ''}$

$G = 470 \text{ KG/m}^2$

+ cloisons : 75 ''

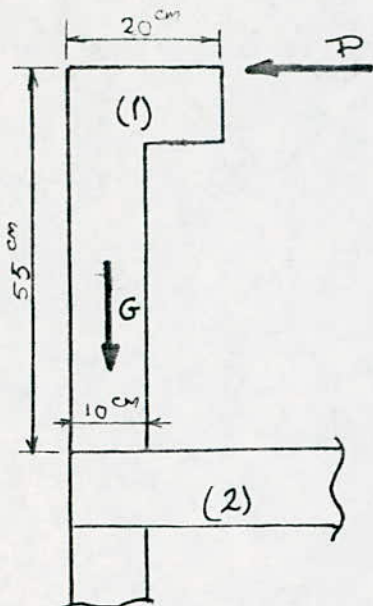
$G = 545 \text{ KG/m}^2$

SURCHARGES D'EXPLOITATION :

- Plancher terrasse (inaccessible) $P = 100 \text{ KG/m}^2$
- Plancher courant (salle de cours) $P = 350 \text{ ''}$
- Escaliers : $P = 400 \text{ ''}$

CALCUL
des
ELEMENTS

acrotère



L'acrotère (1) sera calculée en tenant que console au niveau du poste à faux (2).
Elle sera soumise à :

- son poids propre
- une surcharge due à la main courante :

$$P = 100 \text{ kg/ml}$$

Le calcul se fera par bandes de 1^m de largeur. La bande est sollicitée en flexion composée. On utilisera la méthode de P. CHARON.

- * Poids propre : $G = (0,55 \times 0,1 \times 1 + 0,10 \times 0,1 \times 1) \cdot 2500$
 $\Rightarrow G = 163 \text{ kg/ml}$
- * Surcharges : $P = 100 \text{ kg/ml}$
tenant compte de la pondération : $1,2 \cdot P = 120 \text{ kg/ml}$

Le moment produit dans la section dangereuse (section d'encastement) par la charge $1,2P$ sera :

$$M = 1,2 \cdot P \cdot h = 120 \times 0,55 \rightarrow M = 66 \text{ kg.m}$$

* Calcul du centre de pression :

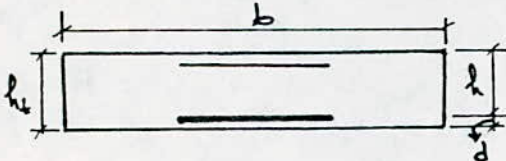
$$N = G \times 1^m = 163 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow e_0 = \frac{M}{N} = 0,40 \text{ m} = 40 \text{ cm}$$

* distance du centre de gravité au bord du noyau central :

$$e_1 = \frac{ht}{6} = \frac{0,10}{6} = 0,016 \text{ m} = 16 \text{ cm}$$

on remarque que $e_0 > e_1$: la section est partiellement comprimée. d'où, on peut dire que l'étude se fera par la théorie du moment fictif M_f en flexion simple par rapport au centre de gravité des armatures tendues.



$$d = 2 \text{ cm} ; b = 100 \text{ cm}$$

$$h_t = 10 \text{ cm}$$

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

$$M_b = Nf + M$$

$$\Rightarrow M_b = 7090 \text{ kg.cm}$$

$$\left\{ \begin{aligned} f &= \left(\frac{h_t}{2} - d \right) = 3 \text{ cm} \\ M &= 66 \text{ kg.m} \\ N &= 163 \text{ kg} \end{aligned} \right.$$

$$\omega = \frac{15 \cdot M_b}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,006 \quad \text{tableau de P. CHARON} \rightarrow \left\{ \begin{aligned} k &= 128 \\ \epsilon &= 0,965 \end{aligned} \right.$$

armatures comprimées : $\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{k} = \frac{2800}{128} = 21,8 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 135 \text{ kg/cm}^2$

$$\Rightarrow \underline{A'_s = 0} \quad (\text{armatures comprimées non nécessaires})$$

armatures tendues : $A = \frac{M_b}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot l} - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = \frac{7090}{2800 \times 0,965 \times 8} - \frac{163}{2800}$
 $\Rightarrow A = 0,27 \text{ cm}^2 / \text{par mètre}$

VERIFICATIONS:

① Condition de non-fragilité (art. 52. CCBA. 68)

$$A \geq 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{en}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,8}{4200} \times 100 \times 8 = 0,76 \text{ cm}^2$$
$$A \geq 0,76 \text{ cm}^2$$

Nous adopterons alors comme section: 5T6/ml $\rightarrow A = 1,41 \text{ cm}^2$

ecartement: l'ecartement des armatures principales sera $t = 20 \text{ cm}$ conformément à l'art. 57,33. CCBA 68

en plus des armatures principales, on prévoit des armatures transversales ou encore de peau, ayant pour section:

$$A = 4T6 \text{ avec } t = 25 \text{ cm}$$

② Condition de non fissuration:

σ_1 et σ_2 seront déterminés à l'aide des tableaux de CHARON

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,41}{100 \times 4} = 0,0035 \quad \left\{ \begin{array}{l} K = 10^6 \text{ fissurat préjudiciable} \\ \phi = 6 \text{ mm} \\ \eta = 1,6 \text{ (aciers. H.A)} \end{array} \right.$$

$$\sigma_1 = 484 \times 1,6 = 774 \text{ bars}$$

$$\sigma_2 = 2359 \times 1,265 = 2984 \text{ bars} \Rightarrow \max(\sigma_1, \sigma_2) = 2984 > \bar{\sigma}_a = 2800$$

la fissuration est ainsi vérifiée

③ Vérification à l'effort tranchant:

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

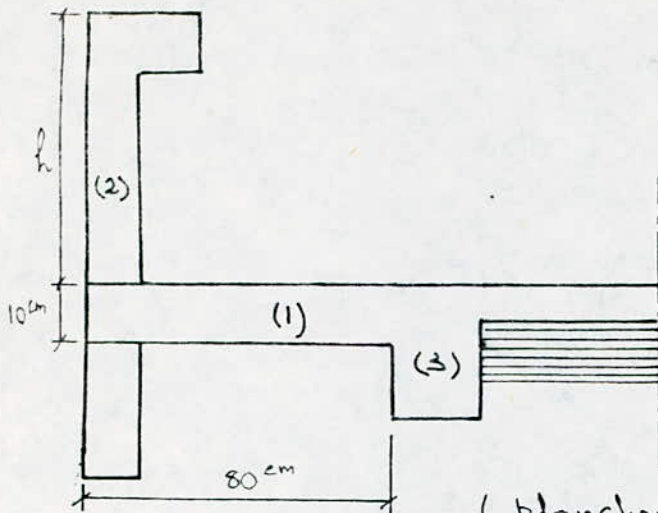
$$A \cdot \bar{\sigma}_a \geq 120 + \frac{(-66000)}{7} < \cdot \text{ vérifiée.}$$

$$T = 1,2 \cdot P = 120 \text{ Kg}$$

$$M = 6600 \text{ kg.cm}$$

$$z = \frac{7}{8} (8) = 7 \text{ cm.}$$

console-terrasse



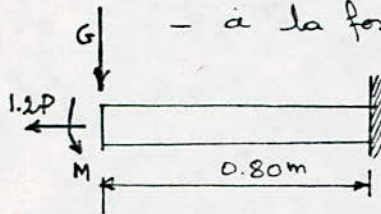
- (1) . console terrasse
- (2) . acrotère
- (3) . poutre longitudinale

La console sera calculée comme étant encastée à la poutre longitudinale

Elle sera soumise à :

- son poids propre S
- une charge concentrée à l'extrémité (due à l'acrotère) : G
- aux surcharges d'exploitation

- (plancher terrasse inaccessible)
- un moment flechissant dû à la force $(1,2P)$ agissant sur l'acrotère : $M = 1,2 \cdot P \cdot h$
- à la force $F = 1,2 \cdot P$ (main courante).



Le calcul se fera par bandes longues de 1^m et la console sera sollicitée en flexion composée.

* Poids propre : $S = (0,1 \times 1 \times 2500) = 250 \text{ kg/m}$
 revêtement : 300 kg/m .

* Surcharges :
 $P = 100 \text{ kg/m}$ (terrasse inaccessible)

$$M_f = M + G \cdot l + M'$$

M' : moment dû au poids propre de la console et les surcharges d'exploitation

$$M' = \frac{(250 + 300) \cdot 0,8^2}{2} + \frac{1,2 \cdot 100 \cdot 0,8^2}{2} \rightarrow M' = 215 \text{ kg.m}$$

$$\Rightarrow M_f = 66 + 130 + 215 \Rightarrow \underline{M_f = 412 \text{ kg.m}}$$

calcul du centre de pression : $e_0 = \frac{M}{N} = \frac{412}{120} = 3,43 \text{ m}$

distance du centre de gravité au bord du noyau central :

$$e_1 = \frac{ht}{6} = \frac{10}{6} = 1,66 \text{ cm}$$

on remarque que $e_0 > e_1$: section partiellement comprimée

théorie du moment fictif :

$$M_b = M + \left(\frac{ht}{2} - d \right) \cdot N = M + Na$$

$$a = 3 \text{ cm}$$

$$N = 120 \text{ kg (traction)} \rightarrow N < 0$$

$$\Rightarrow M_b = 412 - 0,03 \times 120 = 409 \text{ kg.m}$$

$$\mu = \frac{15 M_b}{\sigma_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0342 \rightarrow \begin{cases} k = 48 \\ \xi = 0,9206 \end{cases}$$

armatures comprimées: $\sigma'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{48} = 58 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 135 \text{ kg/cm}^2$

$\Rightarrow A' = 0$: pas d'armatures comprimées.

armatures tendues:

$$A = \frac{M_b}{\bar{\sigma}_a \cdot \xi \cdot h} = \frac{40900}{2800 \cdot 0,9206 \cdot 8} = 2 \text{ cm}^2$$

· nous adopterons une section : 10T6 $\rightarrow A = 2,8 \text{ cm}^2$ avec un espacement : $t = 10 \text{ cm}$

· on prévoit aussi une section d'armatures de répartition qui est de :
 $A_r = 4T6 / \text{m}$ avec $t = 25 \text{ cm}$.

VERIFICATIONS:

① condition de non-fragilité: (art 52.CCBA68)

$$A \geq 0,69 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{en}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,8}{4200} \cdot 100 \cdot 8 = 0,76 \text{ cm}^2 - \text{Véuifiée}$$

② condition de non fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{2,81}{100 \cdot 4} = 0,0072 \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 1,6 \times 1200 = 1930 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1,265 \times 2359 = 2984 \text{ " } \end{cases}$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 2984 > \bar{\sigma}_a - \text{Véuifiée}$$

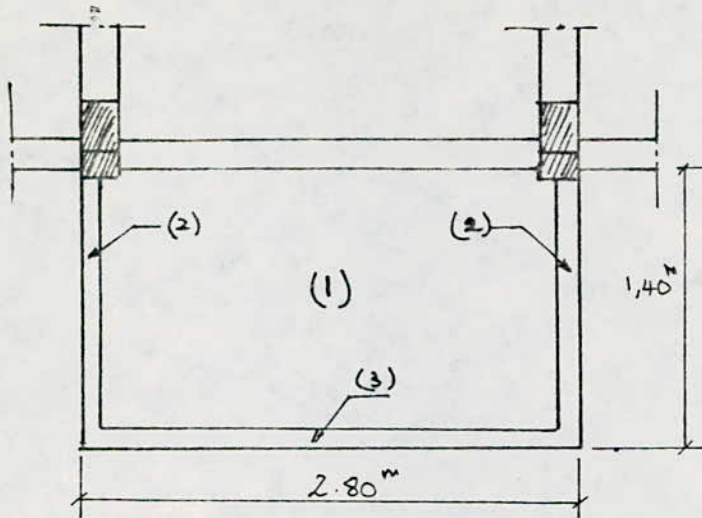
③ effort tranchant:

$$\tau_{ob} = \frac{T}{b \cdot z}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T = 699 \text{ kg} \Rightarrow \tau_{ob} = 1 \text{ kg/cm}^2 \\ b = 100 \text{ cm} \\ z = \frac{7}{8} \cdot 8 \end{array} \right. < 1,2 \bar{\tau}_b = 7 \text{ "}$$

Véuifiée.

l'auvent



l'étude de l'auvent comprendra:

- le calcul des 2 poutres - consoles (2)
- le calcul de la dalle (1) encastree sur les poutres en consoles

(1): dalle
(2): poutre-console
(3): bandeau

I - Etude des Poutres en console: (solicitée-flexion simple)

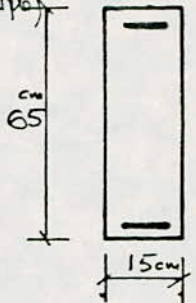
Elle sera soumise à:

- son poids propre
- poids de la dalle (1)
- poids du bandeau (3)
- aux surcharges d'exploitation: ($P = 100 \text{ kg/m}^2$).

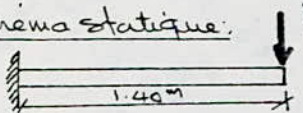
$$b = 15 \text{ cm}$$

$$h_f = 65 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$



Schema statique:



* Poids Propre:

$$G_0 = 0,15 \times 0,65 \times 2500 = 244 \text{ kg/m}$$

* Poids de la dalle: $G_1 = 0,10 \times 1,4 \times 2500 = 350 \text{ kg/m}$

* Poids du bandeau: (charge concentrée).

$$G_3 = 0,9 \times 0,06 \times 1,40 \times 2500 = 190 \text{ kg}$$

* Surcharges:

$$P = 1,4 \times 100 = 140 \text{ kg/m}$$

* Moment maximum:

$$M = \frac{(350 + 244) \cdot 1,4^2}{2} + \frac{(1,2 \cdot 1,40) \cdot 1,4^2}{2} + 190 \cdot 1,4$$

d'où $M = 1015 \text{ kg} \cdot \text{m}$

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\sigma_a \cdot A^2 \cdot b} = \frac{1015 \cdot 10^2}{2800 \cdot 15 \cdot 60^2} = 0,11 \rightarrow \begin{cases} K = 91 \\ \epsilon = 0,9528 \end{cases}$$

A. armatures longitudinales:

* armatures comprimées:

$$\sigma_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2800}{91} = 30,77 \text{ kg/cm}^2 < \sigma_b'$$

$\Rightarrow A' = 0$ pas d'armatures comprimées.

* armatures tendues:

$$A = \frac{M}{\sigma_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1015 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,952 \cdot 60} = 0,65 \text{ cm}^2$$

VERIFICATIONS:

① condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{es}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot 15 \cdot 60 = 0,88 \text{ cm}^2$$

on prendra une section $A = 2T10 \rightarrow A = 1,57 \text{ cm}^2$

② Condition de non fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,57}{4 \times 15} = 0,026 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3300 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2310 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 3300 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 - \text{Vérifiée}$$

③ Contraintes: $\bar{\omega} = 100 \cdot \frac{A}{b \cdot h} = 100 \cdot \frac{1,57}{15 \cdot 60} = 0,174 \Rightarrow \begin{cases} K = 58,5 \\ \epsilon = 0,9320 \end{cases}$

$$* \sigma_a = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1015 \cdot 10^2}{1,57 \cdot 0,9320 \cdot 60} = 1160 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$* \sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = 20 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b - \text{Vérifiées} -$$

on prendra: $\underline{A = 2T10} \quad \underline{A' = 2T8}$ (montage)

④ Armatures transversales: $T_{\max} = 1260 \text{ kg}$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1260}{15 \cdot \frac{7}{8} \cdot 60} = 1,6 \text{ kg/cm}^2$$

on a $\sigma'_b < \bar{\sigma}'_{b0} \Rightarrow \bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot \bar{\sigma}_b \Rightarrow \bar{\sigma}_b = 20,3 \text{ kg/cm}^2$
 $\underline{\sigma_b < \bar{\sigma}_b}$

écartement: $\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$ (acier deux nuances $F_e E 24$)

$$* t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} \text{ on choisi 2 trins de } \phi 6 \text{ mm.} \\ \text{1 cadre } \phi 6 \cdot A_t = 0,56 \text{ cm}^2 \\ \Rightarrow t = 35 \text{ cm.}$$

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 h = 12 \text{ cm.} \\ h(1 - 0,3 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{at}}) = 55 \text{ cm.} \end{array} \right\} \Rightarrow t = 30 \text{ cm.}$$

Le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2}$ de l'appui ($\frac{t}{2} = 15 \text{ cm}$) puis on gardera le même écartement le long de la poutre ($\bar{t} = 30 \text{ cm}$)

II. Etude de la dalle: la dalle sera calculée comme étant une plaque semi-encastée sur les 2 poutres en console.

Elle sera soumise à son poids propre et aux surcharges d'exploitation.

Le calcul se fera pour une bande de 1^m de largeur et ayant pour portée la longueur de l'avant: c'est à dire $L = 2,80 \text{ m}$.

* Poids propre:

$$G = 0,1 \times 1 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{revêtement (posée de pente)} = 100 \text{ kg/m}$$

* surcharges: $P = 100 \text{ kg/m}$.

Efforts:

$$* \text{moment maximum: } M_0 = \frac{q \cdot l^2}{8} = 460 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$\left| \begin{array}{l} M_t = 0,85 \cdot M_0 = 400 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (\text{travée}) \\ M_a = 0,30 M_0 = 180 \text{ kg} \cdot \text{m} \quad (\text{appui}) \end{array} \right.$$

Ferrailage: * en travée: $\mu = \frac{15.400 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 8^2} = 0,034 \rightarrow \begin{cases} \kappa = 48,2 \\ \varepsilon = 0,9209 \end{cases}$

* armatures comprimées: $\sigma'_b = \frac{2800}{48,2} = 58,09 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$

$\Rightarrow \underline{A' = 0}$ pas d'armatures comprimées.

* armatures tendues: $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{400 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9209 \cdot 8} = 2 \text{ cm}^2$

on prend: $\underline{A = 8 \text{ TG}}$ par mètre.

* appui: $\underline{A' = 0}$ et $\underline{A = 4 \text{ TG}}$ par mètre.

VERIFICATIONS:

① condition de non fragilité:

$$A \geq 0,69 \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{en}} \cdot b \cdot h = 0,69 \cdot \frac{5,8}{4200} \times 100 \times 8 = 0,76 \text{ cm}^2$$

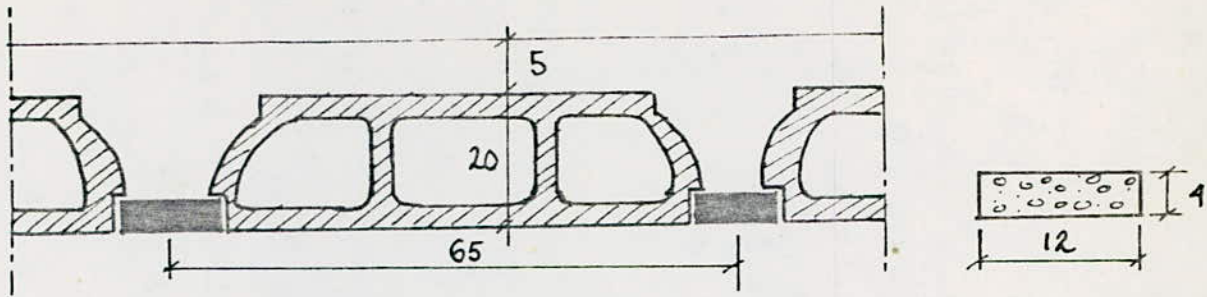
- vérifié -

② condition de non fissuration:

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,12}{4100} \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 550 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2980 \text{ kg/cm}^2 \end{cases} \text{ max} = 2980 \text{ kg/cm}^2$$

$2980 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a$ vérifié

poutrelles-terrasse



La planche terrasse est à corps creux (20+5) réalisée comme indiqué sur la figure ci-dessus.

Les poutrelles sont préfabriquées sur chantier. Elles seront calculées sous les sollicitations du 1^{er} genre: $G+1,2.P$, et disposées dans le sens de la petite portée.

La surface revenant à la poutrelle est: $0,65 \times l$

Le calcul se fera en deux (2) étapes:

1^{ère} étape: Avant coulage de la table de compression, on considère la poutrelle comme simplement appuyée. Elle va supporter:

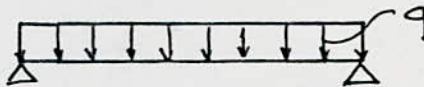
- son poids ;
- l'haucis et la surcharge due à l'ouvrier

2^{ème} étape: La poutrelle sera finie et travaillera comme une poutre reposant sur 8 appuis. Les charges et surcharges supportées étant définies précédemment.

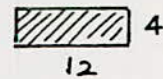
CALCULS:

* 1^{ère} étape:

schéma statique



Section:



- poids propre de la poutrelle: $0,12 \times 0,04 \times 2500 \times 1 = 12 \text{ kg/ml}$
- poids propre du corps creux: $0,65 \times 110 = 75,5 \text{ ''}$
- surcharge (ouvrier): $1,2 \times 0,65 \times 100 = 78 \text{ ''}$

Efforts: $M_0 = q \cdot \frac{l^2}{8} = \frac{161,5 \times (4,25)^2}{8} = 365 \text{ kg.m}$ $q = 161,5 \text{ kg/ml}$

$T = q \cdot \frac{l}{2} = 161,5 \times \frac{4,25}{2} = 343 \text{ kg.m}$

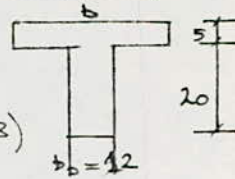
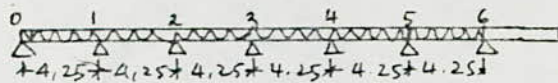
Ferraillage: (méthode de P. CHARON). $d = 2 \text{ cm}$ (choix).

$\mu = \frac{15.M}{\sigma_b \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \times 365 \cdot 10^2}{2800 \times 12 \times 2^2} = 4,07 \rightarrow K = 1,2$

* armatures comprimées: $\sigma'_b = \frac{2800}{1,2} = 233 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}'_b$

• on voit que ces armatures sont nécessaires, mais à cause de la faible hauteur de la poutrelle, elles ne peuvent être placées.
• on prévoit pour ceci un échafaudage (pieds droits) qui aidera les poutrelles à supporter ces surcharges. (Pieds droits distants de 1^m)

* 2^{ème} étape: (calcul de la poutelle en section T continue sur 7 appuis)
 schéma statique: section:



détermination de b: (art. 23.3 CCBA 68)

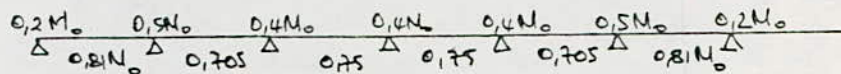
$$* \frac{(b-b_0)}{2} \leq \frac{l}{2} \Rightarrow \frac{65-12}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

$$* \frac{(b-b_0)}{2} < \frac{1}{10} l = \frac{4,25}{10} = 42,5 \text{ cm}$$

$$* \frac{(b-b_0)}{2} \leq 6 h_0 \div 8 h_0 = (6 \times 5 \div 8 \times 5) = (30 \div 40)$$

La 1^{ère} condition est la plus restrictive: $b-b_0 = 26,5 \Rightarrow b = 65 \text{ cm}$

a Efforts: la blancher est a surcharges modérées, nous utiliserons la méthode forfaitaire (art 55. CCBA 68)



Poids propre du blancher: 622 kg/m^2

surcharges: $1,2 \times 100 = 120 \text{ kg/m}^2$

$$742 \text{ kg/m}^2 \Rightarrow q = 742 \times 0,65 = 483 \text{ kg/m}$$

moments flechissants maximum:

$$M_0 = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{483 \times 4,25^2}{8} = 1090 \text{ kg.m}$$

* en travée: $M_{t \max} = 0,81 M_0 = 0,81 \cdot 1090 = 883 \text{ kg.m}$

* aux appuis: $M_{a \max} = 0,50 M_0 = 0,50 \cdot 1090 = 545 \text{ kg.m}$

Efforts tranchants: la travée la plus sollicitée étant celle de rive. on fait alors une majoration de 15%

$$\Rightarrow T_{\max} = 1,15 \cdot \frac{q \cdot l}{2} = 1,15 \times \frac{483 \times 4,25}{2} = 1180 \text{ kg}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} M_t = 883 \text{ kg.m} \\ M_a = 545 \text{ kg.m} \\ T = 1180 \text{ kg} \end{cases}$$

b. Ferrailage:

1 - armatures longitudinales:

* En travée:

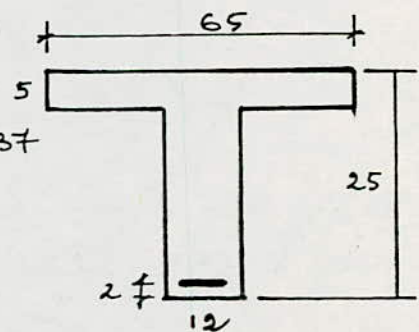
$$M_t = 883 \text{ kg.m} \Rightarrow \mu = \frac{15 \times 883 \cdot 10^2}{2800 \times 65 \times 23^2} = 0,0137$$

$$\Rightarrow \begin{cases} K = 81 \\ \alpha = 0,1563 \\ \xi = 0,9479 \end{cases}$$

Position de l'axe neutre: $f = \alpha h$

$$f = 0,1563 \times 23 = 3,6 \text{ cm} < 5 \text{ cm}$$

L'axe neutre se trouve dans la table de compression \Rightarrow sect: $65 \times 25 \text{ cm}$



armatures comprimées: $\sigma_b = \frac{2800}{81} = 34 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b \Rightarrow A' = 0$

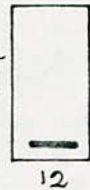
Les armatures comprimées ne sont pas nécessaires.

armatures tendues: $A = \frac{M_t}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{883 \cdot 10^2}{2800 \times 0,9473 \cdot 23} = 1,44 \text{ cm}^2$

nous prenons : 2T 10 $\rightarrow A = 1,57 \text{ cm}^2$

* aux appuis:

$M_a = 545 \text{ kg.w} \rightarrow \mu = 0,046 \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 40,2 \\ \varepsilon = 0,9094 \\ \alpha = 0,2717 \end{array} \right.$



$b = 12 \text{ cm}$
 $h = 23 \text{ cm}$
 $h_f = 25 \text{ cm}$

armatures comprimées:

$\sigma_b = \frac{2800}{40,2} = 69 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b$

$A' = 0$; pas d'armatures comprimées.

armatures tendues:

$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{545 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9094 \cdot 23} = 0,93 \text{ cm}^2$

nous prenons : 1T 19 $\rightarrow A = 1,13 \text{ cm}^2$

c. vérifications:

① condition de non fragilité: (art 52. CCBA.68).

en travées

$A \geq 0,69 \cdot 65 \cdot 23 \cdot \frac{5,8}{4200} = 1,42 \text{ cm}^2$

$1,57 > 1,42$ - vérifié -

aux appuis

$A \geq 0,69 \cdot 12 \cdot 23 \cdot \frac{5,8}{4200} = 0,26 \text{ cm}^2$

$1,13 \text{ cm}^2 > 0,26 \text{ cm}^2$
- vérifié -

② condition de non fissuration:

en travées

$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_s} = \frac{1,57}{4 \times 12} = 0,0327$

$\phi = 10 \text{ mm}$; $\eta = 1,6$ (H.A.); $\bar{\sigma}_b = 5,8 \text{ kg/cm}^2$

$K = 1,5 \cdot 10^6$: fissuration peu nuisible

$\Rightarrow \sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 2480 = 5953 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 = 1,265 \cdot 2237 = 2829 \text{ kg/cm}^2$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 5953 > \bar{\sigma}_a$

- vérifié -

aux appuis

$\bar{\omega}_f = \frac{1,13}{4 \times 12} = 0,0235$

$\phi = 20 \text{ mm}$; $\eta = 1,6$; $K = 1,5 \cdot 10^6$

$\bar{\sigma}_b = 5,8 \text{ kg/cm}^2$

$\Rightarrow \sigma_1 = 3871 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_2 = 2584 \text{ kg/cm}^2$

$\max(\sigma_1, \sigma_2) = 3871 > \bar{\sigma}_a$

- vérifié -

③ vérification des contraintes: (section rectangulaire).

en travées

$A = 1,57 \text{ cm}^2$

$\bar{\omega} = \frac{100}{b \cdot h} \cdot A = 0,105$

$\sigma_a = \frac{883 \cdot 10^2}{1,57 \times 0,9460 \times 23} = 2585 < \bar{\sigma}_a$

$\sigma_b = \frac{2585}{77,5} = 33,35 < \bar{\sigma}_b$ - vérifié -

aux appuis

$A = 1,13 \text{ cm}^2$

$\bar{\omega} = 0,409$

$\sigma_a = \frac{545 \cdot 10^2}{1,13 \times 0,9020 \times 23} = 2324 < \bar{\sigma}_a$

$\sigma_b = \frac{2324}{36} = 64,55 < \bar{\sigma}_b$ - vérifié -

④ Condition de flèche: (art 58,4. CBA 68).

Dans le cas où les conditions suivantes sont vérifiées, la justification de la flèche est alors inutile :

$$a - \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{22,5}$$

$$b - \frac{h_t}{l} \geq \frac{M_t}{15 \cdot M_0}$$

$$c - \frac{A}{b_0 \cdot h} < \frac{36}{F_{en}}$$

avec:

l : portée de la poutelle (4,25)
 M_t : moment en travée (883 kg.m)
 M_0 : → moment isostatique (1090 kg.m)
 h_t : hauteur totale (25 cm)
 h : hauteur utile (23 cm)
 A : section d'acier (1,57 cm²)
 F_{en} : 4200 kg/cm²

Les 3 conditions sont vérifiées pour le cas de la travée la plus défavorable.

⑤ Condition de non entraînement des barres:

$$\tau_d \leq \bar{\tau}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\tau}_b$$

ψ_d : coefficient de scellement = 1,5 (haute adhérence) } → $\bar{\tau}_d = 17,4 \text{ kg/cm}^2$
 $\bar{\tau}_b = 5,8 \text{ kg/cm}^2$

$$\tau_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot p \cdot z} = \frac{1180}{2 \times 3,14 \times \frac{7}{8} \times 23} = 9,34 \text{ kg/cm}^2$$

p : périmètre d'une barre.
 n : nombre de barres

$$\tau_d < \bar{\tau}_d \quad \text{— vérifiée —}$$

⑥ Condition aux appuis: (art 58.3 et 25. CBA 68)

~~Le calcul des armatures transversales se fera à l'~~

$$A \geq \frac{T + M/z}{\bar{\tau}_a} = \frac{1180 - 545/20,12 \cdot 10^{-2}}{2800} < 0$$

Vérifiée

2- armatures transversales: (art 58.3 et 25. CBA 68).

Le calcul des armatures transversales se fera à l'aide de l'effort tranchant maximum. Ces armatures seront adoptées à toutes les poutelles.

• contrainte de cisaillement maximale:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b_0 \cdot z} = \frac{1180}{12 \cdot 20,12} = 4,88 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{1}{\bar{\tau}_{b_0}} < \tau_b = 69,5 \text{ kg/cm}^2 < 2 \bar{\tau}'_{b_0} \Rightarrow \bar{\tau}_b = \left(4,5 - \frac{\tau_b}{\bar{\tau}'_{b_0}}\right) \cdot \bar{\tau}_b = 20,12 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \tau_b < \bar{\tau}_b$$

• espacement: on adoptera 2φ6 → A = 0,56 cm² (carrés)

$$\bar{\tau}_{at} = 9 \cdot F_{en} \quad \rho = \frac{2}{3} \text{ (reprise de bétonnage)}$$

$$F_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (acier doux)} \rightarrow \bar{\tau}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

• écartement admissible: $\bar{E} = \max \left\{ \begin{array}{l} t_1 = 0,2h = 4,6 \text{ cm} \\ t_2 = h(1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\tau}_b}) = 17 \text{ cm} \end{array} \right.$

$$\Rightarrow \bar{E} = 17 \text{ cm}$$

Nous allons prendre un espacement constant tout le long de la poutelle, pour éviter les ennuis lors de la préfabrication.
Le 1^{er} espacement (à l'appui) se calculera avec T_{max} :

$$\bar{t} = \frac{A_t \cdot 3 \cdot \rho_{at}}{T_{max}} = \frac{0,56 \times 20,12 \times 1600}{1180} = 15 \text{ cm.}$$

L'espacement constant sera: $t = 15 \text{ cm} < \bar{t}$; mais le 1^{er} cours d'armatures transversales sera à $\frac{t}{2}$ de l'appui.
L'article 25.12 du CBA 68 recommande: $t < h$ - vérifiée

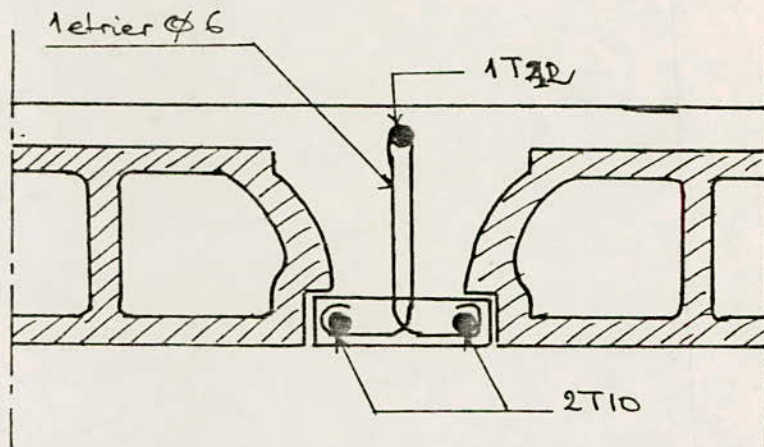


table de compression

Ferraillage de la table (art 58,2. CBA-68)

Les dimensions des mailles du treillis ne doivent pas dépasser:
20 cm: pour les armatures perpendiculaires aux nervures
33 cm: " " " parallèles aux nervures

Ces armatures sont utiles:

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

a - armatures perpendiculaires aux nervures: (A_{\perp})

$$50 < l_n = 65 \text{ cm} < 80 \text{ cm.} \Rightarrow A_{\perp} \geq \frac{43 \cdot l_n}{\sigma_{en}} = 0,53 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

l_n = écartement des nervures (entre axes)

$\sigma_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2$ (treillis soudés $\phi \leq 6 \text{ mm}$).

$$A_{\perp} = 0,53 \text{ cm}^2/\text{ml} - \text{écartement limite: } 20 \text{ cm (5 par m)}$$

b - armatures // aux nervures ($A_{//}$).

$$A_{//} \geq \frac{A_{\perp}}{2} = 0,27 \text{ cm}^2/\text{ml.}$$

Nous adopterons un treillis soudés: $\phi 5$ maille' 15x30.

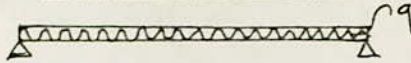
poutrelles - R.D.C

Le plancher de rez de chaussée est à corps creux (20+6) réalisé comme pour le plancher (plau) terrasse. La présence d'un vide sanitaire nous oblige d'après le règlement à considérer une telle épaisseur (6 cm) pour la table de compression.

Le mode de calcul étant le même que précédemment car c'est un plancher à surcharges verticales (art 55,3. C.C.P.A. 68).

* 1^{ère} étape: (avant coulage de la table de compression)

schéma statique

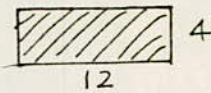


$$q = 161,5 \text{ kg/ml}$$

$$M_0 = 365 \text{ kg.m.}$$

$$T = 343 \text{ kg}$$

section:



Pour cette 1^{ère} étape, nous raisonnons de la même façon que les poutrelles terrasse. C'est à dire nécessité d'armatures complètes mais à cause de la faible hauteur des poutrelles, on ne peut les placer. On prévoit alors un échafaudage.

* 2^{ème} étape: (calcul en section T sur 7 appuis)

• détermination de b:

$$\left(\frac{b - b_0}{2} \right) \leq \frac{l}{2} \rightarrow b = 65 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{b - b_0}{2} \right) < \frac{1}{10} l \rightarrow b = 97 \text{ cm}$$

$$\left(\frac{b - b_0}{2} \right) \leq 6 h_0 \div 8 h_0 \rightarrow b = (36 \div 48 \text{ cm})$$

$$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \underline{b = 65 \text{ cm}}$$

a. efforts: (méthode forfaitaire. art 55. C.C.P.A. 68).

• poids propre du plancher: $545 + 25 = 570 \text{ kg/m}^2$

• surcharges: $1,2 \times 350 = 420 \text{ kg/m}^2$

$$q' = 990 \text{ kg/m}^2$$

* moments fléchissants:

$$M_0 = \frac{q \cdot l^2}{8} \text{ avec } q = q' \times 0,65 \rightarrow M_0 = 1454 \text{ kg.m}$$

$$M_{t \text{ max}} = 0,81 M_0 = 1178 \text{ kg.m}$$

$$M_{a \text{ max}} = 0,50 M_0 = 727 \text{ kg.m}$$

* Efforts tranchants: Comme précédemment, on majora forfaitairement de 15%

$$T = 1,15 \cdot \frac{q \cdot l}{2} \rightarrow T_{\text{max}} = 1573 \text{ kg}$$

$$M_{t \text{ max}} = 1178 \text{ kg.m}$$

$$M_{a \text{ max}} = 727 \text{ kg.m}$$

$$T_{\text{max}} = 1573 \text{ kg.m}$$

b. Ferraillage:

1° Armatures longitudinales (en travée):

• Position de l'axe neutre:

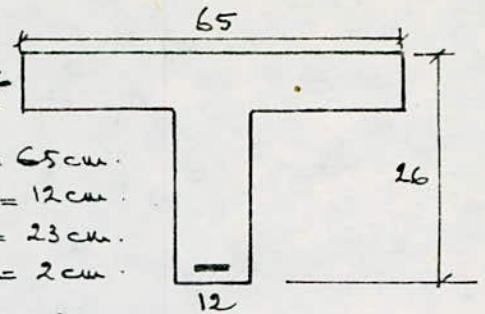
$$y = \alpha h \quad Mz = 1178 \text{ kg.m.}$$

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

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

$$h = 23 \text{ cm.}$$

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



$$u = \frac{15.M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \times 1178 \cdot 10^2}{2800 \times 65 \times 23^2} = 0,0183 \implies$$

$$\begin{cases} K = 69,0 \\ \alpha = 0,1786 \\ \epsilon = 0,9405 \end{cases}$$

$$\text{Donc : } y = 0,1786 \times 23 = 4,1 \text{ cm.}$$

$$y < h_0 = 6 \text{ cm.}$$

L'axe neutre se trouvera donc, dans la table de compression. Notre étude se fera en section rectangulaire de dimensions : 65 x 26 cm.

• armatures comprimées:

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{69} = 40,6 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b'} = 135 \text{ Kg/cm}^2$$

\implies les armatures comprimées sont inutiles.

• armatures tendues:

$$A = \frac{M \epsilon}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{1178 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9405 \cdot 23} = 1,95 \text{ cm}^2$$

nous prenons : 2T12 $\implies A = 2,26 \text{ cm}^2$.

2° Armatures longitudinales (aux appuis)

$$M_{\text{appui}} = 727 \text{ Kg.m} \quad \text{sect. rectang. : } 12 \times 26 \text{ cm.}$$

$$u = \frac{15.M}{\bar{\sigma}_a \cdot b_0 \cdot h^2} = \frac{15 \times 727 \cdot 10^2}{2800 \times 12 \times 23^2} = 0,0613 \implies \begin{cases} K = 33,8 \\ \epsilon = 0,8975 \\ \alpha = \text{---} \end{cases}$$

• armatures comprimées

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{33,8} = 82,84 \text{ Kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_{b'}$$

\implies Pas d'armatures comprimées ($A' = 0$)

• armatures tendues:

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{727 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8975 \cdot 23} = 1,25 \text{ cm}^2$$

nous prenons : 1T14 $\implies A = 1,54 \text{ cm}^2$

3° Verification.

a) Verification des contraintes: (sect. rectangulaire)

• en travée

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 2,26 \text{ cm}^2 \\ \tilde{w} = \frac{100 \cdot A}{b \cdot h} = 0,151 \end{array} \right. \xrightarrow{\text{tableaux}} \left\{ \begin{array}{l} K = 63,5 \\ \mu = 0,0211 \\ \Sigma = 0,9363 \end{array} \right.$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot \Sigma \cdot h} = \frac{1178 \cdot 10^2}{2,26 \times 0,9363 \times 23} = 2420 < 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2420}{63,5} = 38 \text{ Kg/cm}^2 < 135 \text{ Kg/cm}^2$$

Vérfifiées.

• Aux appuis :

$$\left\{ \begin{array}{l} A = 1,54 \text{ cm}^2 \\ \tilde{w} = \frac{100 \cdot A}{b_0 \cdot h} = 0,558 \end{array} \right. \xrightarrow{\text{tableaux}} \left\{ \begin{array}{l} K = 29,9 \\ \Sigma = 0,8886 \end{array} \right.$$

$$\sigma_a = \frac{727 \cdot 10^2}{1,54 \cdot 0,8886 \times 23} = 2309 \text{ Kg/cm}^2 < 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2309}{29,9} = 77 \text{ Kg/cm}^2 < 135 \text{ Kg/cm}^2$$

Vérification satisfaitte.

b) Condition de non-fragilité : (art. 52, CCBA.68)

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\sigma_b}{\sigma_{en}}$$

* en travée : $A \geq 0,69 \cdot 65 \cdot 23 \cdot \frac{5,8}{A_{200}} = 1,42 \text{ cm}^2$ - Vérifié.

* sur appui : $A \geq 0,69 \cdot 12 \cdot 23 \cdot \frac{5,8}{A_{200}} = 0,26 \text{ cm}^2$ - Vérifié.

c) Vérification de flèche : (art. 58,4 . CCBA 68)

la justification de flèche est inutile, si les conditions suivantes sont vérifiées :

1. $h \cdot t \geq \frac{l}{22,5} \Rightarrow 26 \geq \frac{425}{22,5} = 18,8$ - Vérifié

2. $h \cdot t \geq \frac{M_t}{M_0} \cdot \frac{l}{15} \Rightarrow 26 \geq 0,81 \cdot \frac{4,25}{15} = 23$ - Vérifié

3. $\frac{A}{b_0 \cdot h} < \frac{36}{\sigma_{en}} \Rightarrow 2,26 < \frac{36 \times 12 \times 23}{4200} = 2,36$ - Vérifié.

d) Vérification de la fissuration :

$$\sigma_a \leq \max(\sigma_1; \sigma_2). \text{ d'après les tableaux de CHARON.}$$

* en travée :

$$\bullet \bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{2,26}{4,12} = 0,047$$

$$\bullet \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\bullet n = 1,6 \text{ (aciers H.A)} \quad \bar{T}_b = 5,8 \text{ Kg/cm}^2$$

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

$$\Rightarrow \sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 2625 = 6300 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = 1,265 \cdot 2043 = 2584 \text{ Kg/cm}^2$$

Doit $\sigma_{af} = 6300 > \bar{\sigma}_a \Rightarrow$ vérifiée.

* sur appui

$$\bullet \bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{1,54}{4,12} = 0,032$$

$$\bullet \phi = 14 \text{ mm} \quad n = 1,6 \text{ (H.A)} ; \bar{T}_b = 5,8$$

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

$$\Rightarrow \sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1732 = 4157 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \sigma_2 = 1,265 \cdot 1894 = 2396 \text{ Kg/cm}^2$$

$\Rightarrow \sigma_{af} = 4157 > \bar{\sigma}_a$ Donc $\bar{\sigma}_a$ est admissible.

e) Condition de non entrainement des barres

$$\tau \leq \bar{\tau}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{T}_b \quad \bar{\tau}_d = 17,4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{avec } \bar{T}_b = 5,8 \text{ Kg/cm}^2$$

$\bar{\tau}_d$ calculé avec T_{\max} : ($T_{\max} = 1573 \text{ Kg}$)

$$\bar{\tau}_d = \frac{T_{\max}}{n \cdot P \cdot z} = \frac{1573}{7,54 \cdot \frac{7}{8} \cdot 23}$$

$\Rightarrow \tau < \bar{\tau}_d$ - Vérifiée

f) condition aux appuis

$$A \gg \frac{T + M/z}{\bar{\sigma}_a} = \frac{1573 - 727/20,12 \cdot 10^{-2}}{2800} < 0$$

3° - Armatures transversales (art. 583 et 25 CCBA 68)

Calculées à l'aide de l'effort tranchant maximum

• contrainte de cisaillement max :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b_0 \cdot z} = \frac{1573}{12 \cdot 20,12} = 6,51 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\sigma'_b = 77 \text{ Kg/cm}^2 \longrightarrow \bar{\sigma}'_{b0} < \sigma'_b < 2 \bar{\sigma}'_{b0}$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_{b0}}\right) \cdot \bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{77}{67,5}\right) \cdot 5,8 = 19,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_b < \bar{\sigma}'_{b0} \text{ - vérifiée}$$

on adoptera des cadres $\phi 6$, avec une section $A = 0,56 \text{ cm}^2$ ($2 \phi 6$)

- Contrainte admissible des armatures transversales

$$\boxed{\bar{\sigma}_{at} = \rho \cdot \bar{\sigma}_{en}} \quad \rho = \frac{2}{3} \text{ (reprise de bétonnage).}$$

$$ADX = 8 \bar{\sigma}_{en} = A_{200} \longrightarrow \bar{\sigma}_m = 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

- écartement admissible: $\bar{E} = \max \begin{cases} t_1 = 0,2 h = 4,6 \text{ cm} \\ t_2 = h (1 - 0,3 \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b}) = 15,25 \text{ cm} \end{cases}$
 $\Rightarrow \bar{E} = 15 \text{ cm}$

- espacement des armatures transversales:

Comme pour le plancher-terrasse, nous considérons un espacement constant, ceci dans le souci d'éviter les erreurs de préfabrication.
 Le 1^{er} espacement (à l'appui) se calculera avec T_{max}

$$t = A_t \cdot 3 \cdot \bar{\sigma}_{at} = \frac{0,56 \cdot 20 \cdot 12 \cdot 1600}{1573} = 11,5 \text{ cm}$$

Nous prendrons un écartement de $10 \text{ cm} < \bar{E}$, constant mais le 1^{er} cours d'armatures sera à 5 cm ($\frac{\bar{E}}{2}$) de l'appui.
 L'article 25.12 CCBA 68 est vérifié ($t < h_v = 23 \text{ cm}$)

4° Ferraillage de la table de compression (Art 58.2 CCBA 68)

Nous adopterons un treillis soudé $\phi 5$ de maille 15×30 , comme précédemment.
 Ceci est conforme à l'article 58.2 du CCBA. 68

PLANCHERS 1^{er}, 2^{eme}, 3^{eme} ETAGE

Nous adopterons pour ces planchers des corps creux de mêmes dimensions que le plancher R.D.C. ($20 + 6$)

Donc l'étude n'est pas nécessaire, puisqu'elle a été faite précédemment pour le plancher R.D.C

ESCALIERS

- Les escaliers sont à paillasse adjacentes, qui seront calculés comme des poutres isostatiques reposant sur :
 - la poutre palier, reposant sur les P. principaux
 - une poutre (secondaire) palier autre que la 1^{ère}, reposant elle aussi sur des poteaux.

schéma statique:

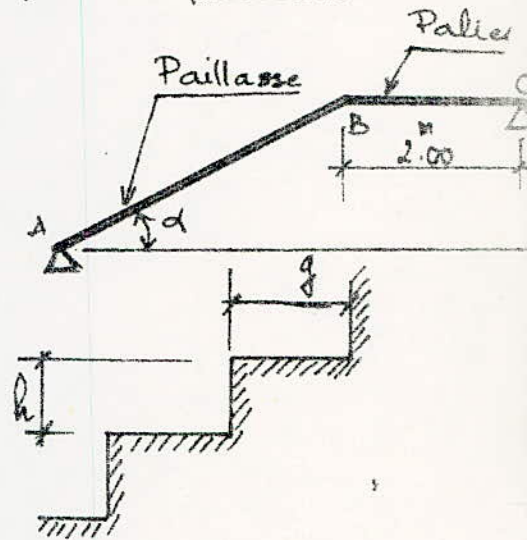
- Hauteur de l'étage : $3,52^m$
- d'après le plan architectural, il y a 22 marches d'escaliers

$$\Rightarrow h = \frac{3,52}{22} = 16 \text{ cm.}$$

- on prend : $g = 30 \text{ cm.}$

Dans l'équation empirique de RONDELET est vérifiée car

$$2h + g = 2 \times 16 + 30 = 60 \div 66 \text{ cm}$$



calcul de l'angle alpha: $\tan \alpha = \frac{1,60}{3,00} = 0,53 \Rightarrow \alpha \approx 28^\circ$

Ceci recrée dans le cas d'escaliers intérieurs dont l'angle d'inclinaison est compris entre 25° et 40° .

épaisseur de la paillasse: ~~$e_p = 15 \text{ cm}$~~ on utilise la relation :

$$\frac{l_0}{30} \leq e_p \leq \frac{l_0}{20} \quad \text{avec} \quad l_0 = \overline{AB} = 3,40^m$$

$$0,11 < e_p < 0,17 \Rightarrow \text{on prendra } \underline{e_p = 15 \text{ cm}}$$

épaisseur du palier:

$$\frac{l_0}{30} \leq e_p \leq \frac{l_0}{20} \quad \text{avec} \quad l_0 = \overline{AB} = 2,00^m$$

on prendra l'épaisseur du palier $e = 15 \text{ cm}$

I.17'

* CALCUL de l'escalier.

Le calcul se fera par 1 m d'embranchement et par mètre de projection horizontale.

(A) charges et surcharges:

* Paillasse

• Poids propre: $\frac{0,15 \cdot 2500 \cdot 1,1}{\cos 28} = 425 \text{ kg/ml}$

• Poids des marches: $\frac{\frac{1}{2} \cdot 2200 \cdot 0,15 \cdot 1 \cdot 0,30}{0,30} = 176 \text{ kg/ml}$

• revêtement:

- mortier (2cm) = 44 kg/ml
- carrelage (2cm) = 44 kg/ml

$G = 689 \text{ kg/ml}$

• surcharges: $P = 400 \text{ kg/m}^2$

Le calcul: 1^{er} genre $\Rightarrow q_1 = G + 1,2P \Rightarrow \underline{\underline{q_1 = 1169 \text{ kg/m}}}$

* Palier.

• Poids propre: $0,15 \cdot 2500 \cdot 1 = 375 \text{ kg/ml}$

• revêtement:

- mortier (2cm) = 44 /
- carrelage (2cm) = 44 /

$G = 463 \text{ kg/ml}$

• surcharges: $P = 400 \text{ kg/m}^2$

Le calcul se fera du 1^{er} genre: $q_2 = G + 1,2P \Rightarrow \underline{\underline{q_2 = 944 \text{ kg/m}}}$

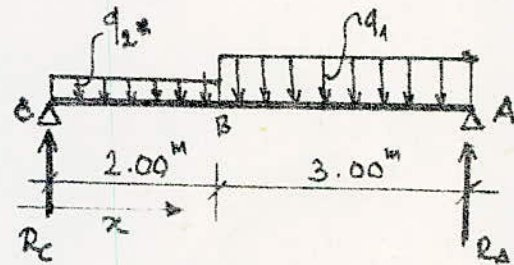
(B) calcul des efforts:

$\Sigma M/E = 0$

$R_A \cdot 5 - q_1 \cdot 3 \cdot 3,5 - q_2 \cdot 2 \cdot 1 = 0$

$\Rightarrow \underline{\underline{R_A = 2832 \text{ kg}}}$

• $R_C = q_1 \cdot 3 + q_2 \cdot 2 - R_A \Rightarrow \underline{\underline{R_C = 2561 \text{ kg}}}$



• moments flechissants:

$$0 \leq x \leq 2^m : M(x) = R_c(x) - q_2 \cdot \frac{x^2}{2}$$

$$2 \leq x \leq 5^m : M(x) = R_c(x) - q_2(x-1) \cdot 2 - q_1 \frac{(x-2)^2}{2}$$

$$0 \leq x \leq 2^m :$$

$$x = 0 \longrightarrow M = 0$$

$$x = 2^m \longrightarrow M = 3236 \text{ kg.m}$$

$$2^m \leq x \leq 5^m$$

$$x = 2 \longrightarrow M = 3236 \text{ kg}$$

$$x = 5^m \longrightarrow M = 0 \text{ kg.m}$$

• $x = 2,57^m \longrightarrow \underline{M_{max} = 3430 \text{ kg.m}}$

• Efforts tranchants:

$$0 \leq x \leq 2^m : T = R_c - q_2 \cdot x$$

$$2^m \leq x \leq 5^m : T = R_c - 2q_2 - q_1(x-2)$$

$$0 \leq x \leq 2^m$$

$$x = 0 \longrightarrow T = R_c = 2561 \text{ kg}$$

$$x = 2 \longrightarrow T = 675 \text{ kg}$$

$$2 \leq x \leq 5^m$$

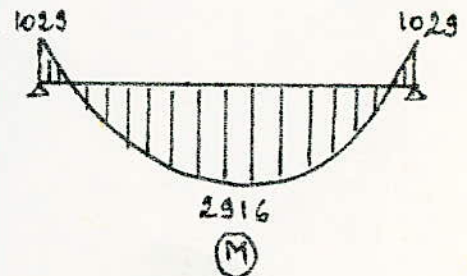
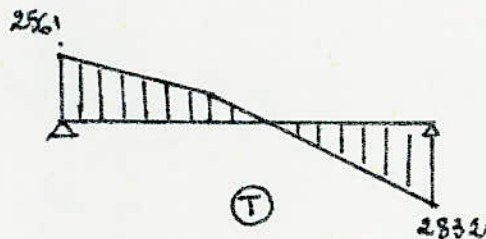
$$x = 2 \longrightarrow T = 675 \text{ kg}$$

$$x = 5 \longrightarrow T = -2832 \text{ kg}$$

Aux appuis, nous prendrons un moment forfaitaire de $0,3 \cdot M_{max}$
 et un moment en travée : $M_t = 0,85 \cdot M_{max}$.

$$M_a = 0,3 \times 3430 = 1029 \text{ kg.m}$$

$$M_t = 0,85 \times 3430 = 2916 \text{ kg.m}$$

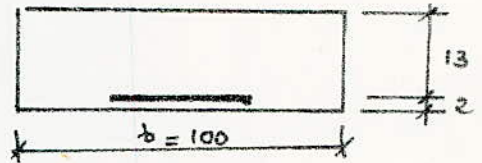


© Ferraillage des escaliers: (paillasse)

Le calcul des armatures se fera par la méthode de CHARON.

* Armatures longitudinales

• en travée: $\mu = \frac{15 \cdot 2916 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,092$



→ $\left. \begin{array}{l} K = 26,1 \\ \varepsilon = 0,8783 \end{array} \right\}$

• armatures comprimées: $\sigma_b = \frac{2800}{26,1} = 107,3 < 135 \text{ kg/cm}^2$
 ⇒ Les armatures comprimées sont inutiles.

• armatures tendues:

$$A = \frac{M}{\sigma_a \cdot \varepsilon \cdot R} = \frac{2916 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8783 \cdot 13} = 9,12 \text{ cm}^2$$

on prendra 10T12 → $A = 11,31 \text{ cm}^2$

• sur appui: $\mu = \frac{15 \cdot 1029 \cdot 10^2}{2800 \cdot 100 \cdot 13^2} = 0,032$ → $\left\{ \begin{array}{l} K = 49,4 \\ \varepsilon = 0,9224 \end{array} \right.$

• armatures comprimées: $\sigma_b = \frac{2800}{49,4} = 57 < 135 \text{ kg/cm}^2$

⇒ Pas d'armatures comprimées

• armatures tendues:

$$A = \frac{M}{\sigma_a \cdot \varepsilon \cdot h} = \frac{1029 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9224 \cdot 13} = 3,06 \text{ cm}^2$$

on prendra 5T10 → $A = 3,92 \text{ cm}^2$

• Vérfications

1) Vérfication des contraintes:

• en travée: $\left\{ \begin{array}{l} A = 11,31 \text{ cm}^2 \\ \tilde{\omega} = \frac{100}{b \cdot h} \cdot A = 0,87 \end{array} \right.$

tableaux → $\left\{ \begin{array}{l} K = 22,8 \\ \varepsilon = 0,8677 \end{array} \right.$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot \varepsilon \cdot R} = \frac{2916 \cdot 10^2}{11,31 \cdot 0,8677 \cdot 13} = 2285 < 2800 \text{ kg/cm}^2$$

✓ vérifiée

I.21

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2285}{2,28} \approx 1000 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \quad \text{Vérifiée}$$

• sur appuis: $\sigma_a = \frac{1029 \cdot 10^2}{3,92 \times 0,9138 \cdot 13} = 2209 < \bar{\sigma}_a \quad \text{Vérifiée}$

$$\left. \begin{array}{l} A = 3,92 \text{ cm}^2 \\ \tilde{\omega} = \frac{100 \cdot A}{b_0 \cdot h} = 0,3 \end{array} \right\} \longrightarrow \left\{ \begin{array}{l} K = 43 \\ \varepsilon = 0,9138 \end{array} \right.$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2209}{43} = 51,37 \text{ kg/cm}^2 < 135 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Vérifiée}$$

* Armatures de répartition:

• on prendra $\frac{1}{4}$ de la section des armatures principales.

$$\longrightarrow A_r = 3,01 \text{ cm}^2 \quad 6 \text{ T8/ml}$$

* 2) Vérification à la fissuration:

$$\bar{\sigma}_a \leq \max(\sigma_1; \sigma_2) \quad \text{d'après les tableaux de CHAB}$$

• en travée: $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{11,31}{4 \cdot 100} = 0,028$

• $\phi = 12 \text{ mm}$ • $\eta = 1,6 \text{ (H.A.)}$ • $K = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (peu nuisible)}$

$$\Rightarrow \sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 1823 = 4387 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,265 \cdot 2043 = 2584 \text{ kg/cm}^2$$

$$\longrightarrow \sigma_{af} = 4387 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \Rightarrow \text{Vérifiée}$$

• sur appui: $\bar{\omega}_f = \frac{3,92}{4 \cdot 100} = 0,0098 \approx 0,01$

• $\phi = 10 \text{ mm}$ • $\eta = 1,6 \text{ (H.A.)}$ • $K = 1,5 \cdot 10^6 \text{ (peu nuisible)}$

$$\Rightarrow \sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 909 = 2181 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,265 \cdot 2237 = 2830 \text{ kg/cm}^2$$

$$\longrightarrow \sigma_{af} = 2830 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_a \rightarrow \text{Vérifiée}$$

3) condition de non fragilité: (art 52. C.C.B.A. 68)

$$A \geq 0,69 \cdot b \cdot h \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_{eu}}$$

• en travée : $A \geq 0,68 \cdot 100 \cdot 13 \cdot \frac{5,8}{4200} = 1,23 \text{ cm}^2$ vérifié

• sur appui : vérifié

4) Vérification de la flèche : (art 61.21 CCB 68)

$$A \leq 43 \cdot \frac{b \cdot h}{\sigma_{en}}$$

La justification de la flèche est inutile, si la condition suivante est vérifiée :

$$A \leq 43 \cdot \frac{100 \cdot 13}{4200} = 13,31 \text{ cm}^2 \quad (A = 11,31 \text{ cm}^2)$$

Vérifiée.

5) Condition aux appuis : $A \geq \frac{T + M/3}{\bar{\sigma}_a} = \frac{2832 + \frac{1029 \cdot 10^2}{7 \cdot 13}}{2300}$

Vérifiée

* Armatures transversales.

$$\tau_b = \frac{T_{max}}{b \cdot z} = \frac{2832 \cdot 10^3}{100 \cdot 11,37} = 2,49 \text{ kg/cm}^2$$

calcul de $\bar{\tau}_b$: $\bar{\tau}_b = 1,15 \cdot \tau_b = 1,15 \cdot 2,49 = 2,86 \text{ kg/cm}^2$

$$\tau_b < \bar{\tau}_b - \text{Vérifiée.}$$

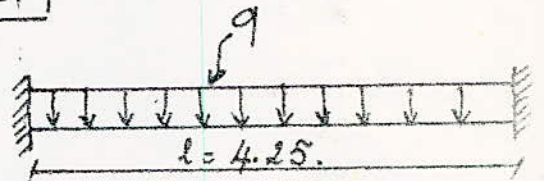
Les armatures transversales ne sont pas nécessaires

Ferraillage de la poutre Palier :

on prendra une poutre de section : $25 \times 40 \text{ (cm}^2\text{)}$

la poutre est considérée comme étant semi encastée sur les poutres principales.

sa portée est de $4,25 \text{ m}$, elle sera sollicitée par :



- son poids propre: $0,25 \times 0,4 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$.
- effort tranchant de la poutresse = 2832 kg/m .
- revêtement: $88 \times 0,65 = 57,2 \text{ kg/m}$.

$$G = 3139 \text{ kg/m}$$

$$q = G + 1,2 \cdot P = 3139 + 1,2 \cdot (350 \times 0,65)$$

$$q = 3412 \text{ kg/m}$$

* Moments fléchissant.

$$M_{ap} = 0,3 M_0 = 0,3 \cdot q \frac{l^2}{8} = 2311 \text{ kgm}$$

$$M_t = 0,85 M_0 = 6548 \text{ kgm}$$

$$T = \frac{qL}{2} = 7250 \text{ kg}$$

calcul des Armatures longitudinales

en travée: $M_t = 6548 \text{ kgm}$. (Méthode de P. CHARON).

$$b = 25 \text{ cm}, h_t = 40 \text{ cm}, h = 38 \text{ cm}$$

$$\mu = \frac{15 \cdot M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \cdot 6548 \cdot 10^2}{2800 \cdot 25 \cdot 38^2} = 0,097 \Rightarrow \begin{cases} K = 25,2 \\ E = 0,875 \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{25,2} = 111 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b \text{ (pas d'armatures comprimées)}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = \frac{6548 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,8756 \cdot 38} = 7,03 \text{ cm}^2$$

$$\text{soit } A = 4T14 + 2T8 = 7,16 \text{ cm}^2$$

Aux Appuis: $M_{ap} = 2311 \text{ kgm} \rightarrow \mu = \frac{15 \cdot 2311 \cdot 10^2}{2800 \cdot 25 \cdot 38^2} = 0,03$

$$K = 48,2$$

$$E = 0,9209$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{48,2} = 58,09 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = \frac{2311 \cdot 10^2}{2800 \cdot 0,9209 \cdot 38} = 2,36 \text{ cm}^2 \text{ soit } 4T10: 3,14 \text{ cm}^2$$

verifications.

1. contraintes :

- en travée : $M = 6548 \text{ kgm}$. $A = 7,16 \text{ cm}^2$.

$$\bar{\omega} = \frac{100 A}{b \cdot h} = \frac{6548 \cdot 100 \cdot 7,16}{25 \cdot 38} = 0,75 \rightarrow \begin{cases} K = 2 \\ E = 0,8 \end{cases}$$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} = \frac{6548 \cdot 10^2}{7,16 \cdot 0,875 \cdot 38} = 2750 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2750}{2,5} = 1100 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b = 1350 \text{ kg/cm}^2$$

- Appuis : $\bar{\omega} = \frac{314}{25 \cdot 38} = 0,33 \rightarrow \begin{cases} K = 40,8 \\ E = 0,9104 \end{cases}$

$$\sigma_a = \frac{M}{A \cdot E \cdot h} = \frac{2311 \cdot 10^2}{3,14 \cdot 0,9104 \cdot 38} = 2127 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_a$$

$$\sigma'_b = \frac{\sigma_a}{K} = \frac{2127}{40,8} = 52 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}'_b$$

2. fissuration :

travée : $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{7,16}{5 \times 25} = 0,057$. ($K = 1,5 \cdot 10^3$)

$$\sigma_1 = 1,5 \cdot 1,6 \cdot 2622 = 6290 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,265 \cdot 1894 = 2395 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_f = \max(\sigma_1, \sigma_2) = 6290 > \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

vérifié.

Appuis : $\bar{\omega}_f = \frac{3,14}{4 \times 25} = 0,0314 \Rightarrow$

$$\sigma_1 = 1,5 \times 1,6 \cdot 2424 = 5812 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = 1,265 \cdot 2237 = 2829 \text{ kg/cm}^2$$

donc : $\bar{\sigma}_f = \max(\sigma_1, \sigma_2) > \bar{\sigma}_a$: c'est vérifié

3 - flèche.

$$A \leq 43 \cdot \frac{bh}{6en} = \frac{43 \cdot 25 \cdot 38}{4200} = 9,72 \text{ cm}^2.$$

$$A = 7,16 < 9,72 \text{ cm}^2.$$

Il est donc inutile de donner une justification de flèche.

Armatures transversales.

la contrainte de cisaillement max est:

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z} = \frac{7250 \text{ Kg}}{25 \cdot \frac{7}{8} \cdot 38} \Rightarrow \tau_b = 8,72 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\bar{\tau}_b = 3,5 \cdot \tau_b. \quad \text{car} \quad \sigma'_b = 52 \text{ Kg/cm}^2 < 67,5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\tau}_b = 3,5 \cdot 8,72 = 20,3 \text{ Kg/cm}^2. \quad \text{donc:} \quad \tau_b < \bar{\tau}_b.$$

on prendra pour cadres des $\phi 6$: (acier doux).

$$\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \cdot \bar{\sigma}_{en} = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ Kg/cm}^2.$$

car il y'a reprise de bétonnage.

$$\text{on prend } A_t = 2 \text{ cadres } \phi 6 = 1,12 \text{ cm}^2.$$

* espacement admissible:

$$t \leq \bar{t}_{\max} : \begin{cases} 0,2 \cdot h = 7,6 \text{ cm.} \\ h \cdot (1 - 0,3 \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_b}) = 20 \text{ cm.} \end{cases}$$

$$\text{donc } \bar{t} = 20 \text{ cm.}$$

calcul de t.

$$t = \frac{z \cdot \bar{\sigma}_{at} \cdot A_t}{T} = \frac{33,25 \times 1600}{7250} \times 1,12 = 8,21 \text{ cm}$$

on prendra t = 8 cm. (espacement constant).

le 1^{er} cours d'armatures transversales sera à $\frac{t}{2} = 4 \text{ cm}$ des appuis.

PREDIMENSIONNEMENT

predimensionnement

Le contreventement est assuré dans le sens longitudinal par les portiques principaux. Dans le sens transversal, il le sera par les portiques secondaires.

- POUTRES : Poutres longitudinales (secondaires)

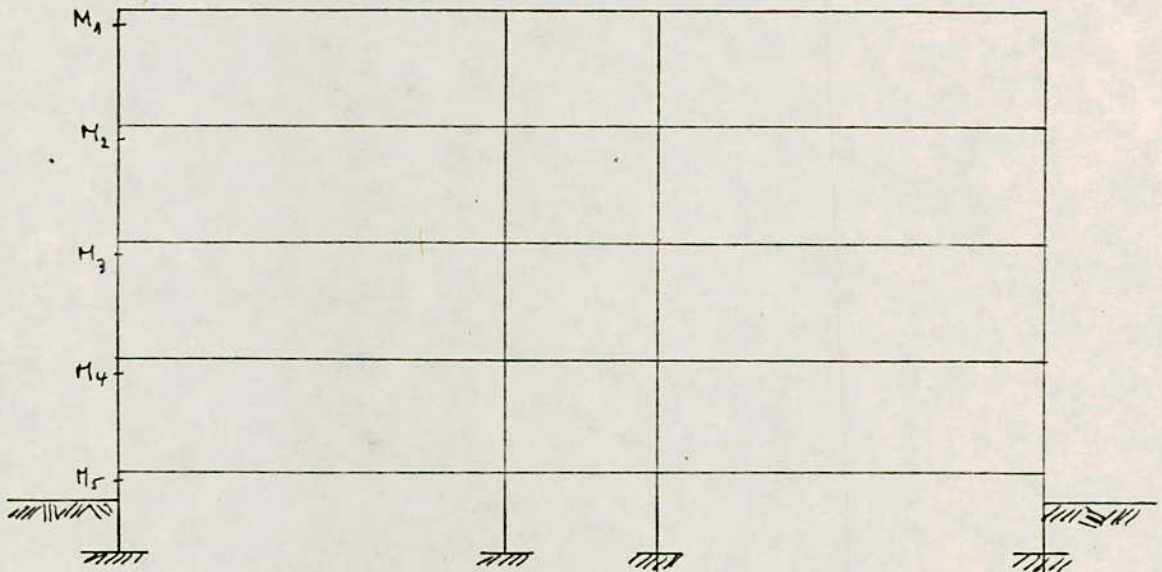
- On vérifiera $\frac{l}{16} < h_t < \frac{l}{10}$ avec $l = 4,25^m$
 $\Rightarrow 26^m < h_t < 42,5^m \rightarrow h_t = 40^m$

• Poutres transversales (principales)

$0,43^m < h_t < 0,69^m \rightarrow h_t = 65^m$

POTEAUX

(Descente de charge)



* Charges permanentes

• Poutres principales : 30×65

• Poutres secondaires : 30×40

• Plancher terrasse : 622 Kg/m^2

• Plancher courant : 570 Kg/m^2

• Acrotère ($e = 10^m$; $h = 55^m$) : 163 Kg/ml

* Surcharges :

• Plancher terrasse : 100 Kg/m^2

• Plancher courant : 350 Kg/m^2

- On fera une descente de charges uniquement pour le poteau intérieur car dans notre cas la surface revenant au poteau intérieur est proche de celle revenant au poteau de rive

— Les sections des poteaux seront les mêmes et chaque section sera constante

sur toute sa hauteur ; ceci est dû à des conditions architecturales et aussi pour faciliter les coffrages

Surface maximale revenant au poteau le plus chargé

$$4,50 \times 4,81 = 21,65 \text{ m}^2$$

* La section des poteaux à considérer pour le prédimensionnement est de 30×60 (toujours suivant les conditions architecturales)

• niveau n_1

M = {	→ Poutres principales : $0,30 \times 0,65 \times 4,81 \times 2500$ -----	2345 Kg
	→ Poutres secondaires : $0,30 \times 0,40 \times 4,50 \times 2500$ -----	1350 Kg
	→ Terrasse $21,65 \times 622$ -----	13466 Kg
	→ Poids du poteau $0,30 \times 0,60 \times 2,90 \times 2500$ -----	1200 Kg
	* Poids Permanent G_1 -----	18460 Kg
	* Surcharges : $P_1 = 21,65 \times 100$ -----	2165 Kg

• niveau n_2

M' = {	→ Venant de R_1 -----	18460 Kg
	→ charge M -----	5000 /
	→ Plancher formant $21,65 \times 5,70$ -----	12340
	* Poids permanent : G_2 -----	35800 Kg
	* Surcharges : $21,65 \cdot 350 + P_1$ -----	9742 /

• niveau n_3

M' = {	→ Venant de n_2 -----	35800 Kg
	→ charge M' -----	17340 /
	* Poids Permanent : G_3 -----	53140 Kg
	* Surcharges : $P_3 = P_2 + 0,9 \cdot 21,65 \cdot 350$ -----	16562 Kg

niveau n_4

M' = {	→ Venant de n_3 -----	53140 Kg
	→ charge M' -----	17340 /
	* Poids permanent, G_4 -----	70480 Kg
	* Surcharges : $P_4 = P_3 + 0,8 \cdot 21,65 \cdot 350$ -----	22624 /

* murée n₅

. Venant de n₄

charge M'

|| * Poids permanent G_s

|| * Surcharges P_s = P_u + 0,7 · 21,65 · 250

70480 Kg

17340 -

$$G_s = \underline{\underline{87800 \text{ Kg}}}$$

$$P_s = \underline{\underline{27928 \text{ Kg}}}$$

Poids total pondéré :

$$G_s + 1,2 \cdot P_s = 87,80 + 1,2 \cdot 27,93 = G$$

$$\underline{\underline{G = 120 \text{ tonnes}}}$$

Si on considère que le béton reprend à lui seul, les efforts de compression \Rightarrow la section de béton sera :

$$B \geq \frac{1,1 \cdot G}{\sigma'_{b0}} = \frac{1,1 \cdot 120 \cdot 10^3}{68,8} = 1920 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow \underline{\underline{B = 30 \times 60 \text{ cm}}}$$

ETUDE
au
SEISME

$\tau_x = \text{coefficient} = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \delta$

- α : coefficient d'intensité: dépend de I_N (intensité nominal)

Le bâtiment est implanté en zone II $\rightarrow \alpha = 1,2$ (PS 69, art 4,2)

- β : coefficient de réponse: caractérise l'importance de la réponse de la structure à une secousse d'égale intensité avec celle de référence, il dépend:
 - de la période T du mode fondamental de vibration de la construction dans la direction étudiée.
 - degré d'amortissement de l'ouvrage
 - accessoirement de la nature du sol de fondation.

a. Evaluation de la période du mode fondamental

Le contreventement est assuré dans le sens longitudinal et dans le sens transversal par des portiques.

L'article (3-113-3, PS 69) donne:

H : hauteur du bâtiment (m)

L_x : dimension en plan du bloc dans la direction déterminée.

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

- sens longitudinal: $L_x = 27,27 \text{ m}$
 $H = 15,03 \text{ m}$ $\rightarrow T_l = 0,26 \text{ s}$
- sens transversal: $L_x = 17,20 \text{ m}$
 $H = 15,03 \text{ m}$ $\rightarrow T_t = 0,326 \text{ s}$

b. Calcul du coefficient de réponse: on considèrera comme étant moyen, le degré d'amortissement dans les étages courants des bâtiments à usage pédagogique.

$$\beta = \frac{0,085}{\sqrt[3]{T}} \Rightarrow \begin{cases} \beta_l = 0,133 \\ \beta_t = 0,123 \end{cases}$$

on prend (relativement au PS 69):

$$\begin{cases} \beta_l = 0,130 \\ \beta_t = 0,123 \end{cases}$$

- γ : coefficient de distribution: il dépend de la structure.

Dans les constructions courantes de flexibilité normale, il est permis d'assimiler la déformée du système à une droite.

$M(z)$: masse concentrée à la cote z

$$\gamma(h) = \frac{h \cdot \sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$$

- δ : coefficient de fondation: Le coefficient δ indépendant des propriétés dynamiques est un facteur correcteur tenant compte de l'incidence.

des conditions de fondation sur le comportement de l'ouvrage.

Le terrain est de moyenne consistence:

semelles superficielles: $\delta = 1,15$

radier général: $\delta = 1,00$

Coefficient sismique horizontal: $\sigma_H = \alpha \cdot \beta \cdot \delta(h) \cdot S$

- * Sens longitudinal:
 - fondations sur semelles: $\sigma_{Hl} = 0,1794 \cdot \delta(h)$
 - fondations sur radier: $\sigma_{Hr} = 0,1560 \cdot \delta(h)$
- * Sens transversal:
 - fondations sur semelles: $\sigma_{Ht} = 0,1690 \cdot \delta(h)$
 - fondations sur radier: $\sigma_{Ht} = 0,1476 \cdot \delta(h)$

Coefficient sismique vertical:

Le coefficient sismique à prendre en compte dans le calcul de la stabilité d'ensemble est égal à:

$$\sigma_v = \pm \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \cdot \sigma_H$$

σ_H : + grand coefficient sismique trouvé dans les diverses directions horizont.

* fondations sur semelles:

$$\sigma_H = \max \begin{cases} \sigma_{Hl} = 0,1794 \cdot \delta(h) \\ \sigma_{Ht} = 0,169 \cdot \delta(h) \end{cases}$$

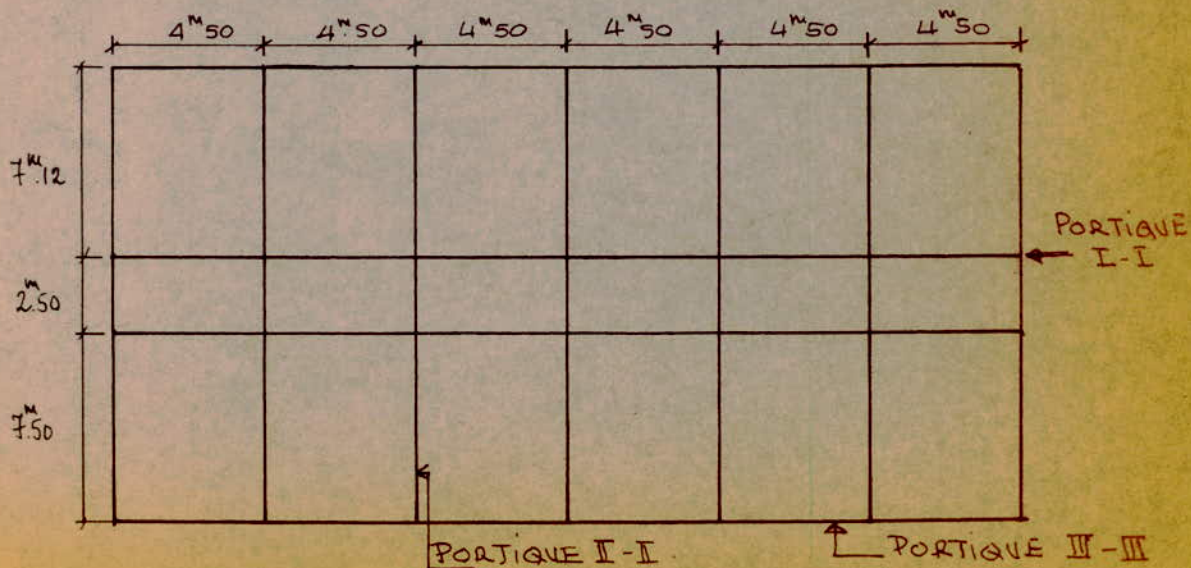
$$\Rightarrow \sigma_v = \pm \frac{1}{\sqrt{\alpha}} \cdot 0,1794 \cdot \delta(h) \Rightarrow \underline{\sigma_v = 0,163 \cdot \delta(h)}$$

* fondations sur radier général:

$$\sigma_H = \max \begin{cases} \sigma_{Hl} = 0,156 \cdot \delta(h) \\ \sigma_{Ht} = 0,1476 \cdot \delta(h) \end{cases}$$

$$\Rightarrow \underline{\sigma_v = 0,142 \cdot \delta(h)}$$

C. DETERMINATION de W DANS LES PORTIQUES.



PORTIQUE I-I:

• calcul de la surface lui revenant:

$$S_I = 4,81 \times 27 \Rightarrow \underline{S_I = 129,87 \text{ m}^2}$$

• NIVEAU I: (terrasse: $G = 622 \text{ kg/m}^2$; $P = 100 \text{ kg/m}^2$)

1. charges permanentes:

• Acrotère: $(163 \times 2,75) + (2,75 \times 0,70 \times 0,1 \times 2500)$ -----	930 Kg
• Plancher: $(622 \times 129,87)$ -----	80779 Kg
• Poutres transversales: $(4,81 \times 0,3 \times 0,65 \times 2500)$ -----	2345 Kg
• " longitudinales: $(27 \times 0,3 \times 0,4 \times 2500)$ -----	8100 Kg
• demi-poteau: $(\frac{1}{2} \times 0,3 \times 0,60 \times 2,90 \times 7 \times 2500)$ -----	4567 Kg

$$G_I = 96721 \text{ Kg}$$

2. Surcharges:

$$P_I = 100 \times 129,87 \text{ ----- } P_I = 12987 \text{ Kg}$$

$$W_I = G_I + \frac{P_I}{5} = 96721 + \frac{12987}{5} = 99,31 \text{ tonnes}$$

$$\underline{W_I = 99,31 \text{ t}}$$

• NIVEAU II: (plancher courant: $G = 570 \text{ kg/m}^2$; $P = 350 \text{ kg/m}^2$)

1. charges permanentes:

• Plancher: $(570 \times 129,87)$ -----	74026 Kg
• Poutres transversales: $(4,81 \times 0,3 \times 0,65 \times 2500)$ -----	2345 Kg
• Poutres longitudinales: $(27 \times 0,3 \times 0,40 \times 2500)$ -----	8100 Kg
• Poteaux: $(0,3 \times 0,60 \times 2,90 \times 7 \times 2500)$ -----	9134 Kg

$$G_{II} = 93605 \text{ Kg}$$

2. Surcharges:

$$P_{II} = 350 \times 129,87 \text{ ----- } P_{II} = 45455 \text{ Kg}$$

$$\underline{W_{II} = 102,69 \text{ t}}$$

• NIVEAUX III, IV, V mêmes niveaux que le II.

$$\underline{W_{III} = W_{IV} = W_V = W_{II} = 102,69 \text{ t}}$$

PORTIQUE II-II.

• surface lui revenant: niveaux R.D. et I: $S_{II} = 4,50 \times 16,74 = 75,33 \text{ m}^2$
 autres niveaux: $S_{II} = (4,50 \times 9,62) + (7,12 \times 22,5)$
 $S_{II} \approx 65,33 \text{ m}^2$

• NIVEAU I: (terrasse: $G = 622 \text{ kg/m}^2$; $P = 100 \text{ kg/m}^2$)

1. charges permanentes:

• Acrotère: $(163 \times 4,50 \times 2)$ -----	1467 Kg
• Plancher: $(622 \times 75,33)$ -----	46855 /
• Poutres transversales: $(16,74 \times 0,3 \times 0,65 \times 2500)$ -----	8161 /
• Poutres longitudinales: $(4,50 \times 0,3 \times 0,40 \times 2500) \times 4$ -----	5400 /
• demi-poteau: $\frac{1}{2} \times (0,3 \times 0,6 \times 2,90 \times 2500) \times 4$ -----	2610 /

$$G_I = 64493 \text{ Kg}$$

2. Surcharges: $P_I = 100 \times 75,33$

$$P_I = 7533 /$$

$$\underline{W_I = 66,0 \text{ t}}$$

• NIVEAU II: (plancher courant: $G = 570 \text{ kg/m}^2$; $P = 350 \text{ kg/m}^2$)

1- Charges permanentes:

• Poutres transversales: $(16,74 \times 0,65 \times 0,30 \times 2500)$ -----	8161 Kg
• Plancher: $(570 \times 65,33)$ -----	37238 /
• Poutres longitudinales: $(4,50 \times 0,30 \times 0,40 \times 2500) \cdot 4$ -----	5400 /
• Poteau: $(0,30 \times 0,60 \times 2,90 \times 2500) \cdot 4$ -----	5220 /
• Escaliers: (7250×2) -----	14500 /

$G_{II} = 70520 \text{ Kg}$

2- Surcharges:

• Plancher: $(350 \times 65,33)$ -----	22866 Kg
• Escaliers: (400×10) -----	4000 Kg

$P_{II} = 26866 \text{ Kg}$

$W_{II} = 75,89 \text{ t}$

• NIVEAUX III, IV: mêmes niveau que le II.

$W_{III} = W_{IV} = W_{II} = 75,89 \text{ t}$

• NIVEAU V: (plancher courant: $G = 570 \text{ kg/m}^2$; $P = 350 \text{ kg/m}^2$)

1- Charges permanentes:

• Plancher: $(570 \times 75,33)$ -----	42938 Kg
• autres éléments (voir niveau II)-----	33282 /

$G_V = 76220 \text{ Kg}$

2- Surcharges:

• Plancher: $(350 \times 75,33)$ -----	26366 Kg
• Escaliers: (400×10) -----	4000 Kg

$P_V = 30366 \text{ Kg}$

$W_V = 82,40 \text{ t}$

PORTIQUE III-III:

• calcul de la surface lui revenant:

$S_{III} = 27 \times 3,56 = 96,12 \text{ cm}^2$

NIVEAU I: (terrasse: $G = 622 \text{ kg/m}^2$; $P = 100 \text{ kg/m}^2$)

1- Charges permanentes:

• Acrotère: $(163 \times 27,27) + (0,70 \times 0,10 \times 27,27 \times 2500)$ -----	9217 Kg
• Plancher: $622 \times 96,12$ -----	59787 Kg
• Plancher transversales: $(3,56 \times 0,30 \times 0,65 \times 2500) \cdot 7$ -----	12148 /
• Poutres longitudinales: $(0,30 \times 0,40 \times 27,27) \cdot 2500$ -----	4567 /
• 1/2 Poteau: $(\frac{1}{2} \times 0,30 \times 0,60 \times 2,90 \times 2500) \cdot 7$ -----	8181 /

$G_I = 93900 \text{ Kg}$

$P_I = 9612 \text{ Kg}$

2- Surcharges: $P_I = 100 \times 96,12$ -----

$W_I = 95,82 \text{ t}$

• NIVEAU II : (plancher courant : $G = 570 \text{ Kg/m}^2$; $P = 350 \text{ Kg/m}^2$)

1. charges permanentes:

- plancher : $(570 \times 96,12)$ ----- 54788 Kg
- Poutres transversales + Poutres longitudinale ----- 20329 Kg
- Poteau : $(0,30 \times 0,60 \times 2,90 \times 2500)$ 7 ----- 9134 /

$$G_{II} = 84251 \text{ Kg}$$

2. surcharges:

$$P_{II} = 350 \times 96,12 \text{ ----- } P_{II} = 33642 \text{ Kg}$$

$$W_{II} = 91 \text{ tonnes}$$

• NIVEAUX III, IV, V : mêmes niveaux que le II.

$$W_{III} = W_{IV} = W_{V} = W_{II} = 91 \text{ t}$$

TABLEAUX RECAPITULATIFS.

← (tonnes) →

NIVEAUX	G	P/5	WT
I	9670	2.59	99.31
II	93.60	9.09	102.69
III	93.60	9.09	102.69
IV	93.60	9.09	102.69
V	93.60	9.09	102.69
PORTIQUE . I . I			

← tonnes →

NIVEAUX	G	P/5	WT
I	64.49	1.50	66.00
II	70.52	5.37	75.89
III	70.52	5.37	75.89
IV	70.52	5.37	75.89
V	76.22	6.07	82.40
PORTIQUE . II . II			

determination du coefficient $\gamma(h)$:

Après avoir déterminé les masses $M(z)$ aux différentes côtes, on calcule alors les coefficient $\gamma(h) = h \cdot \frac{\sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$

PORTIQUE LONGITUDINAL : I-I

NIVEAUX	I	II	III	IV	V
z (m)	16,52	13,00	9,48	5,96	2,44
z^2 (m ²)	272,91	169,00	89,87	35,52	5,95
$M(z)$ (t)	99,31	102,69	102,69	102,69	102,69
$z \cdot M(z)$	1640,6	1332,9	973,50	612,0	250,5
$z^2 \cdot M(z)$	27102,6	17354,6	9228,7	3647,5	611,0
$\frac{\sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$	0,083				
$\gamma(h)$	1,37	1,08	0,78	0,49	0,20

PORTIQUE ~~LONGITUDINAL~~ TRANSVERSAL : II-II

NIVEAUX	I	II	III	IV	V
z (m)	16,52	13,00	9,48	5,96	2,44
z^2 (m ²)	272,91	169,00	89,87	35,52	5,95
$M(z)$ (t)	66,00	75,89	75,89	75,89	82,40
$z \cdot M(z)$	1090,32	986,57	719,44	452,30	201,05
$z^2 \cdot M(z)$	18012,06	12825,41	6820,23	2695,61	490,28
$\frac{\sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$	0,084				
$\gamma(h)$	1,38	1,09	0,79	0,50	0,21

• COEFFICIENT SISMIQUE HORIZONTAL:

* LONGITUDINAL:

• semelles isolées: $\sigma_{H_L} = \alpha \cdot \beta_L \cdot \gamma(h)_L = 0,1794 \cdot \gamma(h)$

• radier général: $\sigma_{H_R} = 0,156 \cdot \gamma(h)$

* transversal:

• semelles isolées: $\sigma_{H_T} = 0,169 \cdot \gamma(h)$

• radier général: $\sigma_{H_T} = 0,147 \cdot \gamma(h)$

• COEFFICIENT SISMIQUE VERTICAL:

$\sigma_V = \pm \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \sigma_H$

$\sigma_H = \max(\sigma_{H_R}; \sigma_{H_T})$

Pour chaque type de Fondation.

SEMELLES ISOLEES:

NIVEAU	PORTIQUE LONGITUDINAL I-I					PORTIQUE TRANSVERSAL II-II				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
$\gamma(h)$	1,37	1,08	0,78	0,49	0,20	1,38	1,09	0,79	0,50	0,21
σ_H	0,245	0,193	0,140	0,088	0,036	0,233	0,184	0,133	0,084	0,035
σ_V	0,223	0,176	0,128	0,080	0,033	0,223	0,176	0,128	0,080	0,033

RADIER GENERAL:

NIVEAU	PORTIQUE LONGITUDINAL I-I					PORTIQUE TRANSVERSAL I-II				
	I	II	III	IV	V	I	II	III	IV	V
$\gamma(h)$	1,37	1,08	0,78	0,49	0,20	1,38	1,09	0,79	0,50	0,21
σ_H	0,214	0,168	0,122	0,076	0,031	0,203	0,160	0,116	0,073	0,031
σ_V	0,195	0,153	0,111	0,069	0,028	0,195	0,153	0,111	0,069	0,028

TABEAU RECAPITULATIF POUR PORTIQUE III - III

NIVEAUX	G (t)	P/5 (t)	W (t)
I	93,90	1,92	95,82
II	84,25	6,73	91,00
III	84,25	6,73	91,00
IV	84,25	6,73	91,00
V	84,25	6,73	91,00

* détermination du coefficient $\gamma(h)$.

$$\gamma(h) = h \cdot \frac{\sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$$

• on détermine les masses $M(z)$.

NIVEAUX	I	II	III	IV	V
z (m)	16,52	13,00	9,48	5,96	2,44
z^2 (m ²)	272,91	169,00	89,87	35,52	5,95
$M(z)$ (t)	95,82	91,00	91,00	91,00	91,00
$z \cdot M(z)$	1583	1183	863	542	222
$\sum z \cdot M(z)$	26150				
$\sum z^2 \cdot M(z)$	15379				
$\frac{\sum z \cdot M(z)}{\sum z^2 \cdot M(z)}$	0,082				
$\gamma(h)$	1,35	1,06	0,77	0,49	0,20

COEFFICIENTS SISMQUES:

SÉISMES	PORTIQUE III - III					
	NIVEAUX	I	II	III	IV	V
$\gamma(h)$		1,35	1,06	0,77	0,49	0,20
σ_H		0,242	0,190	0,138	0,088	0,036
σ_V		0,321	0,173	0,126	0,080	0,033

RADIO	PORTIQUE III - III					
	NIVEAUX	I	II	III	IV	V
$\gamma(h)$		1,35	1,06	0,77	0,49	0,20
σ_H		0,210	0,165	0,120	0,076	0,031
σ_V		0,191	0,150	0,109	0,069	0,028

FORCES SISMQUES HORIZONTALES

obtenues à l'aide de la relation : $F_H = W \cdot \sigma_H(h)$

SEMELLES :

PORTIQUE LONGITUDINAL I-I	NIVEAUX	W (t)	σ_H	F_H (t)	FORCES CUMULEES
	I	99,31	0,245	24,33	
II	102,69	0,193	19,82		
III	102,69	0,140	14,37		
IV	102,69	0,088	9,04		
V	102,69	0,036	3,70		
PORTIQUE TRANSVERSAL I-II	I	66,00	0,233	15,38	
	II	75,89	0,184	13,96	
	III	75,89	0,133	10,09	
	IV	75,89	0,084	6,37	
	V	82,40	0,035	2,88	

RADIER :

PORTIQUE LONGITUDINAL I-I	NIVEAUX	W (t)	σ_H	F_H (t)	FORCES CUMULEES
	I	99,31	0,214	21,25	
II	102,69	0,168	17,25		
III	102,69	0,122	12,53		
IV	102,69	0,076	7,80		
V	102,69	0,031	3,18		
PORTIQUE TRANSVERSAL I-II	I	66,00	0,203	13,40	
	II	75,89	0,160	12,14	
	III	75,89	0,116	8,80	
	IV	75,89	0,073	5,54	
	V	82,40	0,031	2,55	

SEMELLES:

$$F_H = W \cdot \sigma_H$$

PORTIQUE: III - III	NIVEAUX	W (t)	σ_H	F_H (t)	FORCES CUMULEES
	I	95,82	0,242	23,19	23,19
	II	91,00	0,190	17,29	40,50
	III	91,00	0,138	12,56	53,00
	IV	91,00	0,088	8,01	61,00
	V	91,00	0,036	3,28	64,28

RADIER:

PORTIQUE: III - III	NIVEAUX	W (t)	σ_H	F_H (t)	FORCES CUMULEES
	I	95,82	0,210	20,12	20,12
	II	91,00	0,165	15,01	35,13
	III	91,00	0,120	10,92	46,05
	IV	91,00	0,076	6,92	52,97
	V	91,00	0,031	2,82	55,79

FORCES SISMQUES VERTICALES

SENELLES:

I-I PORTIQUE LONGITUDINAL $L = 27^m$	NIVEAUX	W (t)	σ_v	$F_v = W \cdot \sigma_v$	
				(t)	(t/m ²)
	I	99,31	0,228	22,14	0,82
	II	102,69	0,176	18,07	0,67
	III	102,69	0,128	13,14	0,48
	IV	102,69	0,080	8,21	0,30
	V	102,69	0,033	3,39	0,12
II-II PORTIQUE TRANSVERSAL $L = 16,74^m$	I	66,00	0,228	14,72	0,89
	II	75,89	0,176	13,35	0,80
	III	75,89	0,128	9,71	0,58
	IV	75,89	0,080	6,07	0,36
	V	82,40	0,033	2,72	0,16

RADIER GENERAL:

I-I PORTIQUE LONGITUDINAL $L = 27^m$	NIVEAUX	W (t)	σ_v	$F_v = W \cdot \sigma_v$	
				(t)	(t/m ²)
	I	99,31	0,185	19,36	0,71
	II	102,69	0,153	15,71	0,58
	III	102,69	0,111	11,40	0,42
	IV	102,69	0,069	7,08	0,26
	V	102,69	0,028	2,87	0,11
II-II PORTIQUE TRANSVERSAL $L = 16,74^m$	I	66,00	0,185	12,87	0,77
	II	75,89	0,153	11,61	0,69
	III	75,89	0,111	8,42	0,50
	IV	75,89	0,069	5,23	0,31
	V	82,40	0,028	2,32	0,13

SEMELLES :

$$F_v = W \cdot \sigma_v$$

PORTIQUE III-III $L = 27^m$	NIVEAUX	W (t)	σ_v	$F_v = W \cdot \sigma_v$	
				(t)	(t/m)
	I	95,82	0,221	21,17	0,78
	II	91,00	0,173	15,74	0,58
	III	91,00	0,126	11,47	0,42
	IV	91,00	0,080	7,28	0,27
	V	91,00	0,033	3,00	0,11

RADIER :

PORTIQUE IV-IV $L = 27^m$	NIVEAUX	W (t)	σ_v	$F_v = W \cdot \sigma_v$	
				(t)	t/m
	I	95,82	0,191	18,30	0,68
	II	91,00	0,150	13,65	0,50
	III	91,00	0,109	9,92	0,37
	IV	91,00	0,069	6,28	0,23
	V	91,00	0,028	2,55	0,09

joint de dilatation

Dans le but de vérifier la sécurité vis à vis des déformations, nous essayons de dimensionner le joint de dilatation.

D'après l'article (3.1) du P.S.69.

$$a = 39,7 (T_1^2 \cdot \sigma_1 + T_2^2 \cdot \sigma_2)$$

contreventement par portiques

T_1 et T_2 : périodes respectives des blocs de construction considérés

σ_1 et σ_2 : coefficients sismiques des blocs du niveau dangereux.

Dans l'ouvrage que nous étudions, les 2 blocs sont identiques

$$\Rightarrow T_1 = T_2 \quad ; \quad \sigma_1 = \sigma_2$$

on aura: $T = T_1 = 0,26 \text{ s}$

$\sigma = 0,245 \rightarrow$ pour semelles isolées ou filantes

$\sigma = 0,214 \rightarrow$ pour radier général

d'où:

$$e = 1,31 \text{ cm} \rightarrow \text{Semelles isolées ou filantes}$$

$$e = 1,15 \text{ cm} \rightarrow \text{Radier général}$$

or d'après l'article 3.21 du P.S.69, la largeur du joint de dilatation ne doit en aucun cas être inférieure à 2 cm.

$$e \geq 2 \text{ cm} \quad (\text{art. 3.21. P.S.69})$$

Nous préférons garder la largeur donnée par le plan d'architecture

$$e = 3 \text{ cm} \quad \text{quelque soit le type de fondations.}$$

METHODE de CALCUL

pour la

determination des efforts

sous les

FORCES HORIZONTALES

forces horizontales

La détermination des efforts sous les forces horizontales se fera par la méthode de BOWMAN; toute fois celle-ci n'est applicable que si les conditions suivantes sont satisfaites:

- + les poteaux d'un même étage doivent avoir la même hauteur et où les raideurs des différentes travées des poutres portées d'un plancher solidaire des poteaux doivent être supérieures au cinquième ($1/5$) de la raideur du poteau le plus raide.

on admet alors que:

- + les forces horizontales agissant sur une file de poteaux se répartissent proportionnellement aux moments d'inertie de ces poteaux. Toutefois les moments d'inertie des poteaux de rive seront affectés du coefficient: 0,8
- + les poteaux des étages courants sont encastés au niveau des planchers et articulés à des hauteurs définies ci-après.

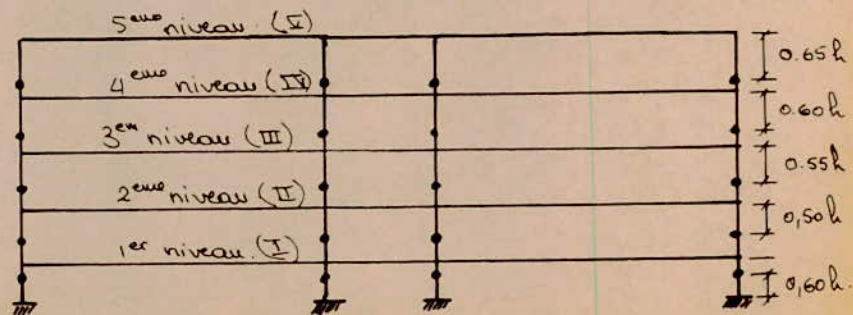
EXPOSE de la METHODE:

- A chaque niveau, le partage de l'effort tranchant se fera proportionnellement aux inerties des poteaux.

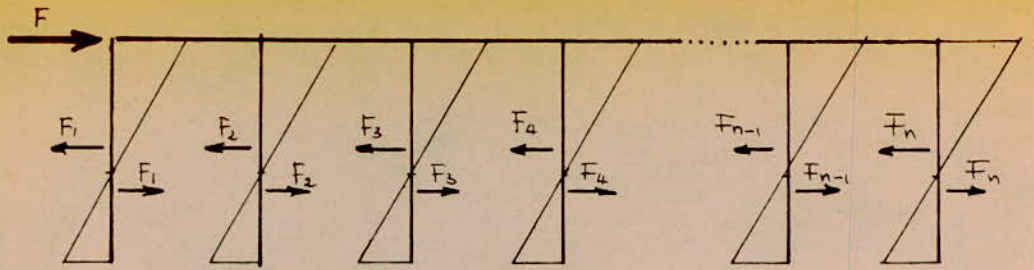
Les articulations dans les poteaux se situent comme suit:

- * dernier niveau: à $0,65h$ de la partie supérieure du poteau
- * avant dernier niveau: à $0,60h$ " " " " "
- * niveau immédiatement au dessous: à $0,55h$ de la partie supérieure
- * tout niveau, autre que le 1^{er}: à $0,50h$ " " " "
- * 1^{er} niveau: à $0,60h$ à partir de la base du poteau.

- Les moments seront partagés proportionnellement aux raideurs des barres situées à gauche du noeuds considéré et à droite de celui-ci



Compte tenu de ces hypothèses, on peut écrire:
Pour un seul niveau:



$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + \dots + F_{n-1} + F_n$$

avec:

$$F_i^0 = \frac{0,8 I_i^0}{0,8 I_1 + I_2 + I_3 + \dots + 0,8 I_n} \cdot F \quad \bar{i} = 1 \text{ et } n$$

$$F_j^0 = \frac{I_j}{0,8 I_1 + I_2 + I_3 + \dots + 0,8 I_n} \cdot F \quad \bar{j} = 2, \dots, n-1$$

+ Moments fléchissants dans les poteaux:

* en tête des poteaux

$$M = F_i^0 \cdot \alpha \cdot h$$

$$\bar{i} = 1 \text{ et } n$$

à la base des poteaux:

$$M = F_j^0 \cdot \beta \cdot h$$

$$\bar{j} = 2, \dots, n-1$$

α, β : coefficient de BOWMAN définis précédemment: $\alpha + \beta = 1$

+ Moments dans les poutres: le moment du poteau doit être équilibré par les moments fléchissants des poutres.

Pour le nœud 1 de la file 1:

Pour le nœud 2 " " " 1:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 = F_1 \alpha h \\ M_{2g} = F_2 \alpha h \cdot \frac{K_g}{K_g + K_d} \quad (\text{à gauche}) \\ M_{2d} = F_2 \alpha h \cdot \frac{K_d}{K_g + K_d} \quad (\text{à droite}) \end{array} \right.$$

l_g : portée libre de gauche

l_d : " " de droite

I_g : inertie de la travée de gauche

I_d : " " " " de droite

h : hauteur entre faces supérieures de 2 planchers consécutifs.

$$K_g = \frac{I_g}{l_g} \quad \text{et} \quad K_d = \frac{I_d}{l_d}$$

* Pour un niveau intermédiaire: soit le niveau d'un plancher de rang \bar{i}

$\sum F_i^0 = F = F_i^0 + F_{i+1}^0 + F_{i+2}^0 + \dots + F_{i+n}^0$ Charges cumulée
à l'étage de rang $\bar{i}+1$, l'effort crée au pied des poteaux supportant le plancher $(\bar{i}+1)$ des moments calculés conformément à ce qui a été exposé précédemment (partage de $\sum F_{i+1}^0$ suivant les inerties des poteaux)

Exemple: poteau 3 de l'étage $\bar{i}+1$

$$M = F_3 \cdot \alpha \cdot h \quad \text{avec} \quad F_3 = \frac{\sum F_{i+1} \cdot I_3}{0,8I_1 + I_2 + I_3 + \dots + 0,8I_n}$$

Le même calcul mené pour l'effort $\sum F_i$, nous permettra de déterminer les moments en tête des poteaux supportant le plancher \bar{i} .

Au droit d'un nœud, on pourra calculer les moments dans les travées aboutissant à ce nœud en fonction des moments M_s et M_i obtenus pour les poteaux supérieurs et inférieurs correspondants à ce nœud.

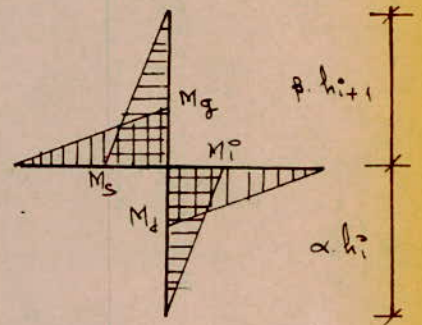
• Pour un nœud intermédiaire:

$$M_g = - (M_s + M_i) \cdot \frac{K_g}{K_g + K_d}$$

$$M_d = - (M_s + M_i) \cdot \frac{K_d}{K_d + K_g}$$

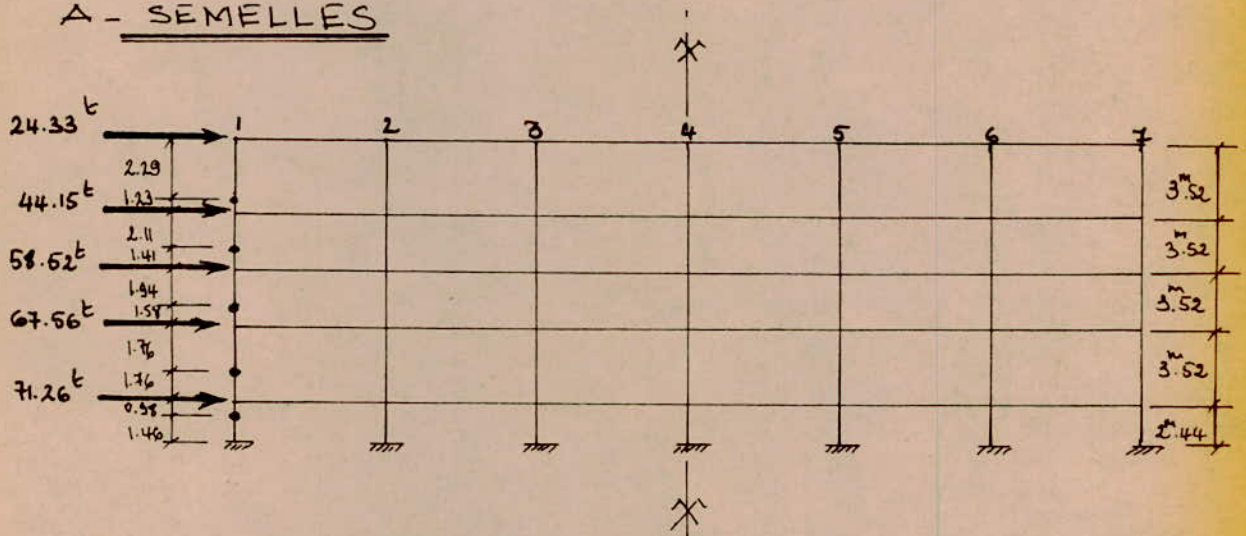
• Pour un nœud de rive:

$$M_g \text{ ou } M_d = - (M_s + M_i)$$



PORTIQUE LONGITUDINALE I-I.

A - SEMELLES



1° détermination des forces $F_1, F_2, F_3, \dots, F_7$ par niveau:

* L'inertie des poteaux est la même pour tous ceux du portique, mais varie de portique en portique.

Poteaux: section 30×60

Force totale par plancher : $F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7$

$$* F_1 = F_7 = \frac{0.8I}{6.6I} \cdot F \Rightarrow F_1 = F_7 = \frac{0.8 \cdot F}{6.6}$$

$$* F_2 = F_3 = F_4 = F_5 = F_6 = \frac{F}{6.6}$$

Tableau donnant les F_i par niveau, ainsi que les articulations :

NIVEAU	$F_1 = F_7$	$F_2 = \dots = F_6$	αh (m)	βh (m)
I	2.95	3.69	2.29	1.23
II	5.35	6.69	2.11	1.41
III	7.10	8.87	1.94	1.58
IV	8.19	10.23	1.76	1.76
V	8.64	10.79	0.98	1.46

2° détermination des moments aux nœuds :

a- moments en tête et à la base des poteaux :

- moment en tête : $M_i^o = F \cdot \alpha h$
- moment à la base : $M_s = F \cdot \beta h$

NIVEAU	NOEUD	M_i (t.m)	M_s (t.m)	M_g (t.m)	M_d (t.m)
I	1	6.75	/	/	6.75
	2 à 6	3.45	/	4.22	4.22
	7	6.75	/	6.75	/
II	1	11.29	3.63	/	14.92
	2 à 6	14.12	4.54	9.33	9.33
	7	11.29	3.63	14.92	/
III	1	13.77	7.54	/	21.31
	2 à 6	17.20	9.40	13.30	13.30
	7	13.77	7.54	21.31	/
IV	1	14.41	11.22	/	25.63
	2 à 6	18.00	14.00	16.00	16.00
	7	14.41	11.22	25.63	/
V	1	8.47	14.41	/	22.88
	2 à 6	10.57	18.00	14.28	14.28
	7	8.47	14.41	22.88	/
FONDATION	1	/	12.61	/	/
	2 à 6	/	15.75	/	/
	7	/	12.61	/	/

b- moments dans les poutres. Les dimensions des poutres de ce pontique sont : $30 \times 40 \text{ cm}$, de portée : 3.90 . Ceci étant constant pour toutes les poutres du pontique :

$$\left. \begin{array}{l} I_y = I_d \\ I_g = I_d \end{array} \right\} \Rightarrow K_g = K_d$$

• moments :

- pour travées intermédiaires :

$$M_g = M_d = \frac{M_b + M_i^0}{2}$$

- pour travées de rive :

$$M_g = M_d = M_s + M_i^0$$

3° détermination des moments en travées :

• sous $\vec{S}I_H$:

$$M_t = \frac{M_d - M_g}{2}$$

• sous $\overleftarrow{S}I_H$:

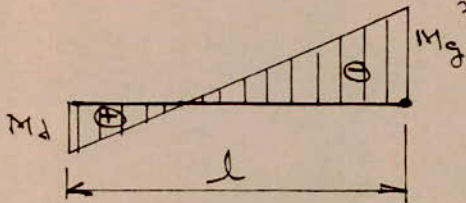
$$M_t = - \frac{M_d - M_g}{2}$$

4° détermination des efforts tranchants : Le calcul des efforts tranchants se fait en tenant compte des moments de continuité des poutres (M_i^0 aux nœuds).

• méthode de calcul :

• sous $\vec{S}I_H$: équation du moment : $M(x) = \alpha x + \beta$.

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \\ x=l \end{array} \right\} \rightarrow \alpha = - \frac{(M_d + M_g)}{l} \Rightarrow M(x) = - \frac{M_d + M_g}{l} x + M_d$$



$$T = \frac{dM}{dx} = - \frac{M_d + M_g}{l}$$

• sous $\overleftarrow{S}I_H$:

$$T = \frac{M_d + M_g}{l}$$

5° détermination des efforts normaux dans les poteaux : Le poteau supportant la poutre au niveau du nœud i , subira un effort normal :

$$N_i^0 = T_{id} - T_{ig}$$

$N_i^0 > 0 \rightarrow$ poteau comprimé

$N_i^0 < 0 \rightarrow$ = tendu

	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

DES MOMENTS - CALCULÉS POUR DES PILES
(POUR SEULES.)

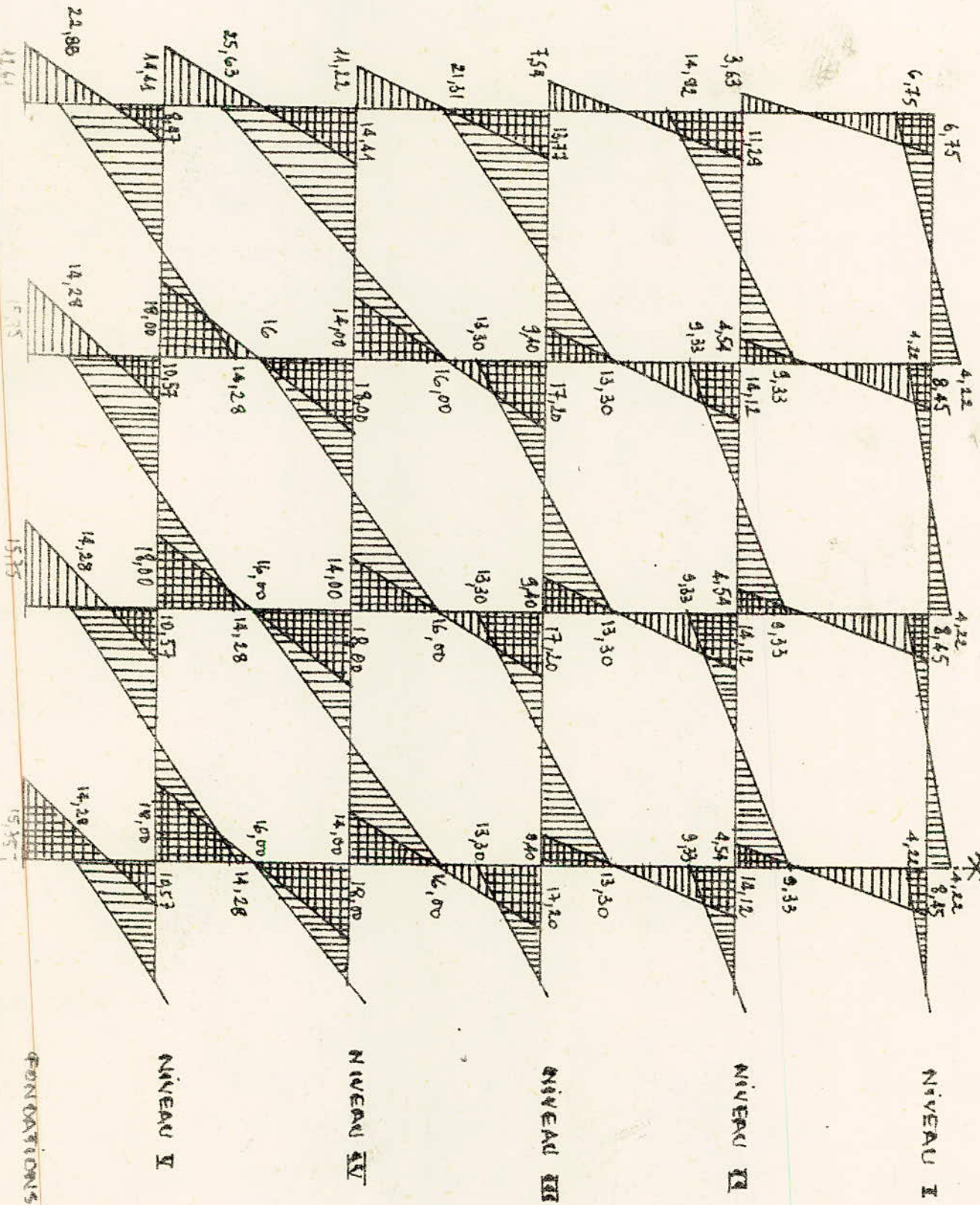


TABLEAU DONNANT EFFORTS TRANCHANTS ET MOMENTS EN TRAVEES :

NIVEAUX	TRAVEES	l (m)	M_d (t.m)	M_g (t.m)	$T_{(H)} \xrightarrow{SI_H}$	$T_{(H)} \xleftarrow{SI_H}$	$M_e \xrightarrow{SI_H}$ (t.m)	$M_e \xleftarrow{SI_H}$ (t.m)
I	1-2	3,90	6,75	4,22	-2,81	2,81	+1,26	-1,26
	2-3	3,90	4,22	4,22	-2,16	2,16	0	0
II	5-6	3,90	14,92	9,33	-6,22	6,22	2,79	-2,79
	6-7	3,90	9,33	9,33	-4,78	4,78	0	0
III	9-10	3,90	21,31	13,30	-8,87	8,87	4,00	-4,00
	10-11	3,90	13,30	13,30	-6,82	6,82	0	0
IV	13-14	3,90	25,63	16,00	-10,67	10,67	4,81	-4,81
	14-15	3,90	16,00	16,00	-8,20	8,20	0	0
V	17-18	3,90	22,88	14,28	-9,53	9,53	4,30	-4,30
	18-19	3,90	14,28	14,28	-7,32	7,32	0	0

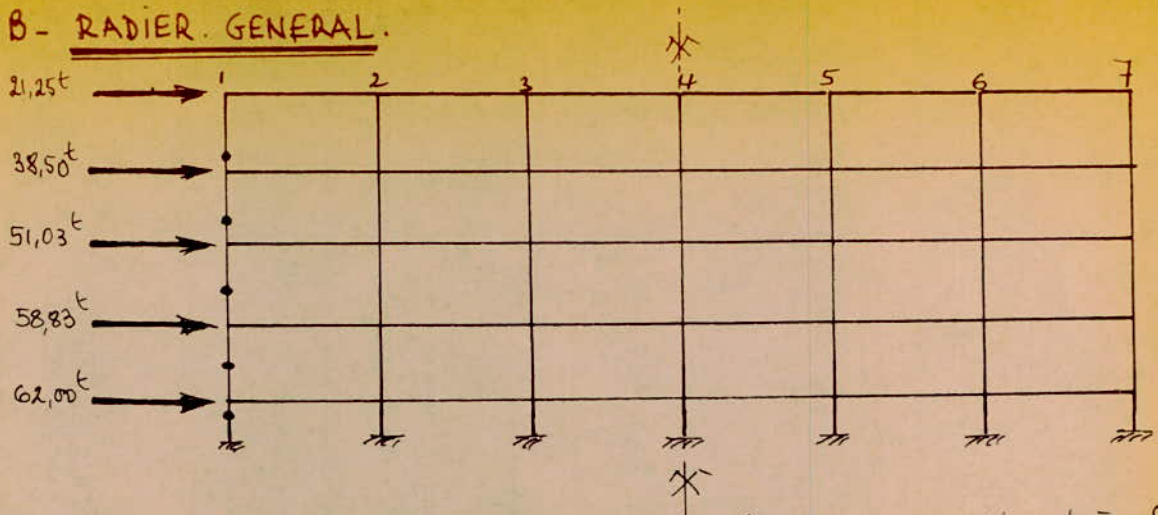
TABLEAU - EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX :

files	Poteaux	$T_{i,g}$ (t)	$T_{i,d}$ (t)	N (t)	N. cumulé (t)
1	1-5	/	- * 2,81	- * 2,81	- 2.81
	5-9	/	- * 6,22	- * 6,22	- 9.03
	9-13	/	- * 8,87	- * 8,87	- 17.9
	13-17	/	- * 10,67	- * 10,67	- 28.57
	17-21	/	- * 9,53	- * 9,53	- 38.10
2	2-6	- * 2,81	- * 2,16	+ 0.65	+ 0.65
	6-10	- * 6,22	- * 4,78	+ 1.44	+ 2.08
	10-14	- * 8,87	- * 6,82	+ 2.05	+ 4.13
	14-18	- * 10,67	- * 8,20	+ 2.47	+ 6.60

-IV. 8-

2	18-22	- 9,53	- 7,32	+ 2.20	+ 8.82
3	3-7	- 2,16	- 2,16	0	/
	7-11	- 4,78	- 4,78	0	/
	11-15	- 6,82	- 6,82	0	/
	15-19	- 8,20	- 8,20	0	/
	19-23	- 7,32	- 7,32	0	/
4	4-8	- 2,16	- 2,16	0	/
	8-12	- 4,78	- 4,78	0	/
	12-16	- 6,82	- 6,82	0	/
	16-20	- 8,20	- 8,20	0	/
	20-24	- 7,32	- 7,32	0	/
5	3'-7'	- * 2,16	- * 2,16	0	/
	7'-11'	- * 4,78	- * 4,78	0	/
	11'-15'	- * 6,82	- * 6,82	0	/
	15'-19'	- * 8,20	- * 8,20	0	/
	19'-23'	- * 7,32	- * 7,32	0	/
6	2'-6'	- 2.16	- 2.81	- 0.65	- 0.65
	6'-10'	- 4.78	- 6.22	- 1.44	- 2.09
	10'-14'	- 6.82	- 8.87	- 2.05	- 4.14
	14'-18'	- 8.20	- 10.67	- 2.47	- 6.61
	18'-22'	- 7.32	- 9.53	- 2.21	- 8.82
7	1'-5'	- 2.81	/	2.81	2.81
	5'-9'	- 6.22	/	6.22	9.03
	9'-13'	- 8.87	/	8.87	17.9
	13'-17'	- 10.67	/	10.67	28.57
	17'-21'	- 9.53	/	9.53	38.10

B - RADIER GENERAL.



L'étude des efforts horizontaux, dans le cas du radier général, sera la même que celle faite pour la semelle. C'est dans un laps de temps que nous ne donnerons que les résultats obtenus.

1° - Forces F_i par niveau :

NIVEAU	$F_1 = F_7$	$F_2 = \dots = F_6$	$\alpha h (m)$	$\beta h (m)$
I	2.58	3.22	2.29	1.23
II	4.67	5.83	2.11	1.41
III	6.19	7.73	1.94	1.58
IV	7.18	8.91	1.76	1.76
V	7.52	9.40	0.98	1.46

avec :

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 + F_6 + F_7$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_1 = F_7 = \frac{0,8}{6,6} F \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_2 = F_3 = F_4 = \dots = F_6 = \frac{F}{6,6} \end{array} \right.$$

-IV.10-

II. DETERMINATION DES MOMENTS AUX NOEUDS:

1. moments dans les poteaux:

$$\begin{cases} \text{en tête: } M_i = F \cdot \alpha \cdot h \\ \text{en la base: } M_s = F \cdot \beta \cdot h \end{cases}$$

2. moments dans les poutres:

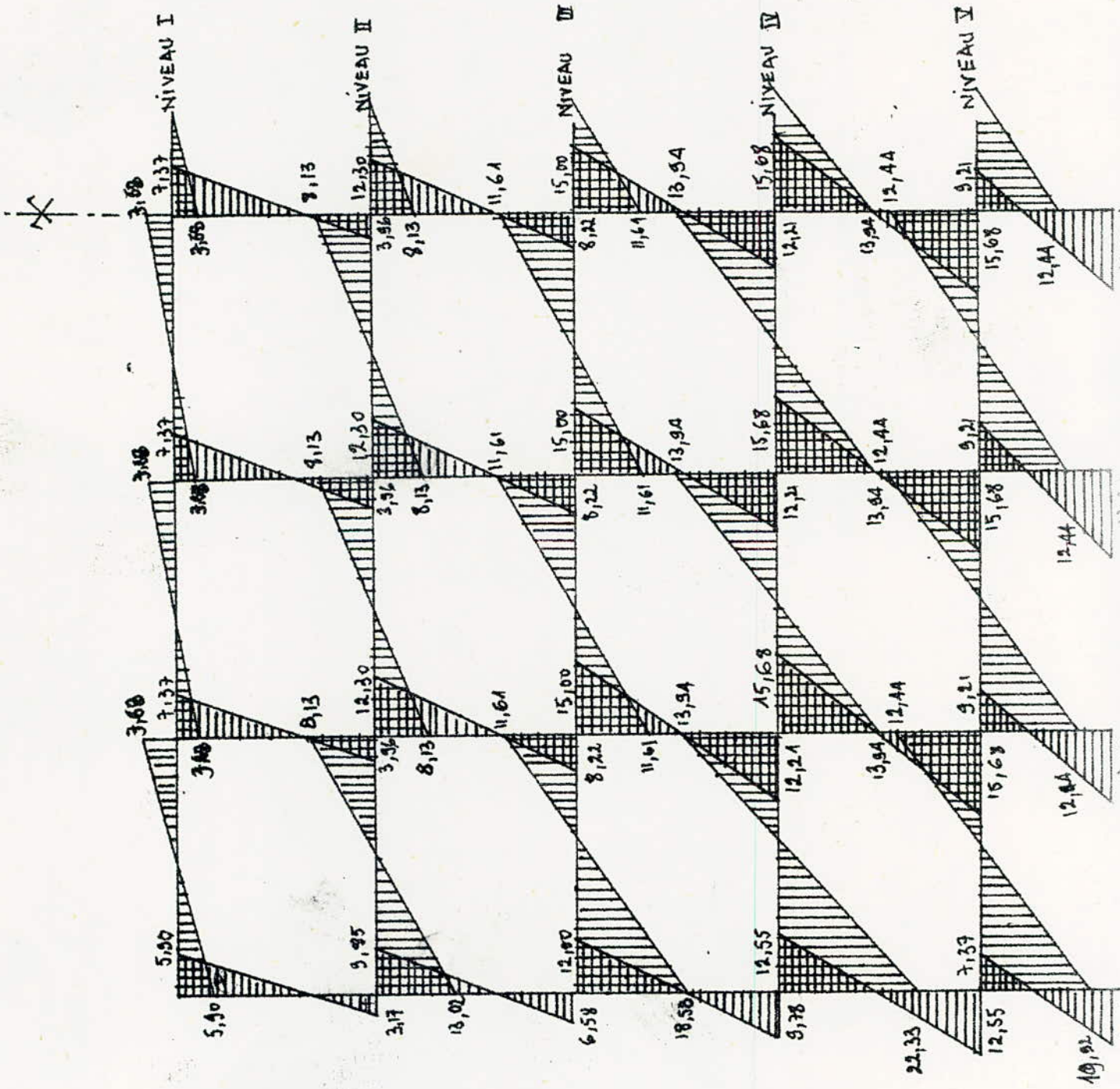
travées intermédiaires:
$$M_g = M_d = \frac{M_s + M_i}{2}$$

travées de rive:
$$M_g = M_d = M_s + M_i$$

TABLEAU RECAPITULATIF - MOMENTS AUX NOEUDS:

NIVEAU	NOEUD	M_i (t.km)	M_s (t.km)	M_g (t.km)	M_d (t.km)
I	1	5,90	—	—	5,90
	2 à 6	7,37	—	3,68	3,68
	7	5,90	—	5,90	—
II	1	9,85	3,17	—	13,02
	2 à 6	12,30	3,96	8,13	8,13
	7	9,85	3,17	13,02	—
III	1	12,00	6,58	—	18,58
	2 à 6	15,00	8,22	11,61	11,61
	7	12,00	6,58	18,58	—
IV	1	12,55	9,78	—	22,33
	2 à 6	15,68	12,21	13,94	13,94
	7	12,55	9,78	22,33	—
V	1	7,37	12,55	—	19,92
	2 à 6	9,21	15,68	12,44	12,44
	7	7,37	12,55	19,92	—
FONDATEMENTS	1	—	10,97	—	10,97
	2 à 6	—	13,72	6,86	6,86
	7	—	10,97	10,97	—

DIAGRAMME · MOMENTS AUX NOEUDS - CHARGES HORIZONTALES.



III. DETERMINATION DES MOMENTS EN TRAVÉES :

• sous $\vec{S}I_H$:
$$M_t = + \frac{M_d - M_g}{2}$$

• sous $\overleftarrow{S}I_H$:
$$M_t = - \frac{M_d - M_g}{2}$$

IV. DETERMINATION DES EFFORTS TRANCHANTS : (aux appuis)

• sous $\vec{S}I_H$:
$$T = - \frac{M_d + M_g}{l}$$

l : portée de la travée
 $l = 3,90\text{m}$.

• sous $\overleftarrow{S}I_H$:
$$T = \frac{M_d + M_g}{l}$$

V. DETERMINATION DES EFFORTS NORMAUX :

$$N_T = T_{i,d} - T_{i,g}$$

TABLEAU - EFFORTS TRANCHANTS ET MOMENTS EN TRAVÉES

NIVEAU	TRAVÉE	l (m)	M_d (t.m)	M_g (t.m)	$T_{(H)} \vec{S}I_H$	$T_{(H)} \overleftarrow{S}I_H$	$M_t \vec{S}I_H$ (t.m)	$M_t \overleftarrow{S}I_H$ (t.m)
I	1-2	3,90	5,90	3,68	-2,45	2,45	1,11	-1,11
	2-3	3,90	3,68	3,68	-1,89	1,89	0	0
II	5-6	3,90	13,02	8,13	-5,42	5,42	2,44	-2,44
	6-7	3,90	8,13	8,13	-4,17	4,17	0	0
III	9-10	3,90	18,58	11,61	-7,74	7,74	3,48	-3,48
	10-11	3,90	11,61	11,61	-5,95	5,95	0	0
IV	13-14	3,90	22,33	13,94	-9,30	9,30	4,20	-4,20
	14-15	3,90	13,94	13,94	-7,15	7,15	0	0
V	17-18	3,90	19,92	12,44	-8,30	8,30	3,74	-3,74
	18-19	3,90	12,44	12,44	-6,38	6,38	0	0

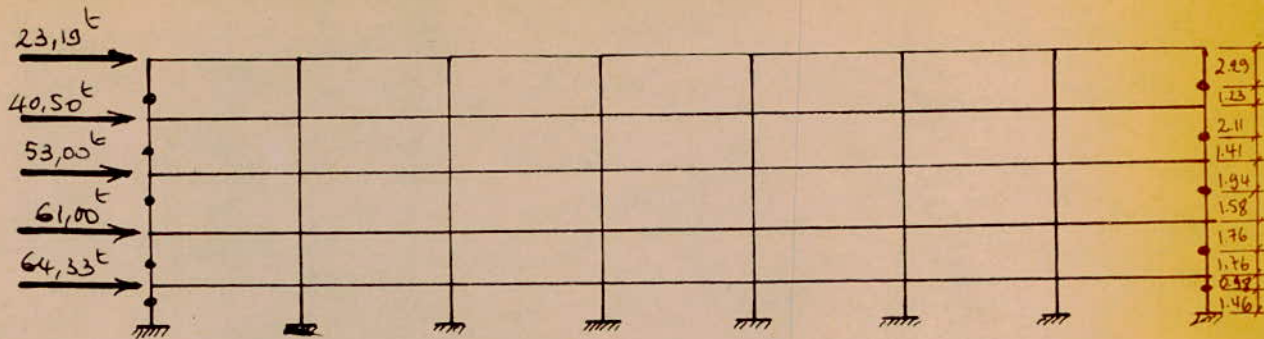
TABLEAU - EFFORTS - NORMAUX DANS LES POTEAUX :

file	Poteau	T_{12} (t)	T_{13} (t)	N (tonnes)	N cumule'
1	1-5	/	-2.45	-2.45	-2.45
	5-9	/	-5.42	-5.42	-7.87
	9-13	/	-7.74	-7.74	-15.61
	13-17	/	-9.30	-9.30	-24.91
	17-21	/	-8.30	-8.30	-33.21
2	2-6	-2.45	-1.89	+0.56	+0.56
	6-10	-5.42	-4.17	+1.25	+1.81
	10-14	-7.74	-5.95	+1.79	+3.60
	14-18	-9.30	-7.15	+2.15	+5.75
	18-22	-8.30	-6.38	+1.92	+7.67
3	3-7	-1.89	-1.89	/	/
	7-11	-4.17	-4.17	/	/
	11-15	-5.95	-5.95	/	/
	15-19	-7.15	-7.15	/	/
	19-23	-6.38	-6.38	/	/
4	4-8	-1.89	-1.89	/	/
	8-12	-4.17	-4.17	/	/
	12-16	-5.95	-5.95	/	/
	16-20	-7.15	-7.15	/	/
	20-24	-6.38	-6.38	/	/
5	5'-7'	-1.89	-1.89	/	/
	7'-11'	-4.17	-4.17	/	/
	11'-15'	-5.95	-5.95	/	/
	15'-19'	-7.15	-7.15	/	/
	19'-23'	-6.38	-6.38	/	/
6	2'-6'	-1.89	-2.45	-0.56	-0.56
	6'-10'	-4.17	-5.42	-1.25	-1.81
	10'-14'	-5.95	-7.74	-1.79	-3.60
	14'-18'	-7.15	-9.30	-2.15	-5.75
	18'-22'	-6.38	-8.30	-1.92	-7.61
7	1'-5'	-2.45	/	-2.45	+2.45
	5'-9'	-5.42	/	-5.42	+7.87
	9'-13'	-7.74	/	-7.74	+15.61
	13'-17'	-9.30	/	-9.30	+24.91
	17'-21'	-8.30	/	-8.30	+33.91

PORTIQUE LONGITUDINAL III-III.

A - SEMELLES:

- l'Inertie des poteaux est la même pour chaque niveau.
poteaux de dimensions : 30 x 60 cm.



1° - détermination des forces F_i par niveau: \sum

Force totale par plancher: $F = \sum_{i=1}^7 F_i$

avec $F_1 = F_7 = \frac{0,8 \cdot I}{6,6 I} F$

$F_2 = F_3 = \dots = F_6 = \frac{F}{6,6}$

tableau donnant F_1, \dots, F_7 pour chaque niveau.

NIVEAU	$F_1 = F_7$	$F_2 = \dots = F_6$	$\alpha \cdot h$ (m)	$\beta \cdot h$ (m)
I	2.81	3.51	2.29	1.23
II	4.90	6.13	2.11	1.41
III	6.42	8.03	1.94	1.58
IV	7.40	9.24	1.76	1.76
V	7.79	9.74	0.98	1.46

2° - détermination des moments aux nœuds:

a - moments en tête et à la base des poteaux:

à la tête : $F = \alpha \cdot h$

à la base : $F = \beta \cdot h$

b - moments dans des poutres:

$\left. \begin{array}{l} I_g = I_d \\ l_g = l_d \end{array} \right\} \implies K_d = K_g$

• traves de rive : $M_g = M_d = M_s + M_i$

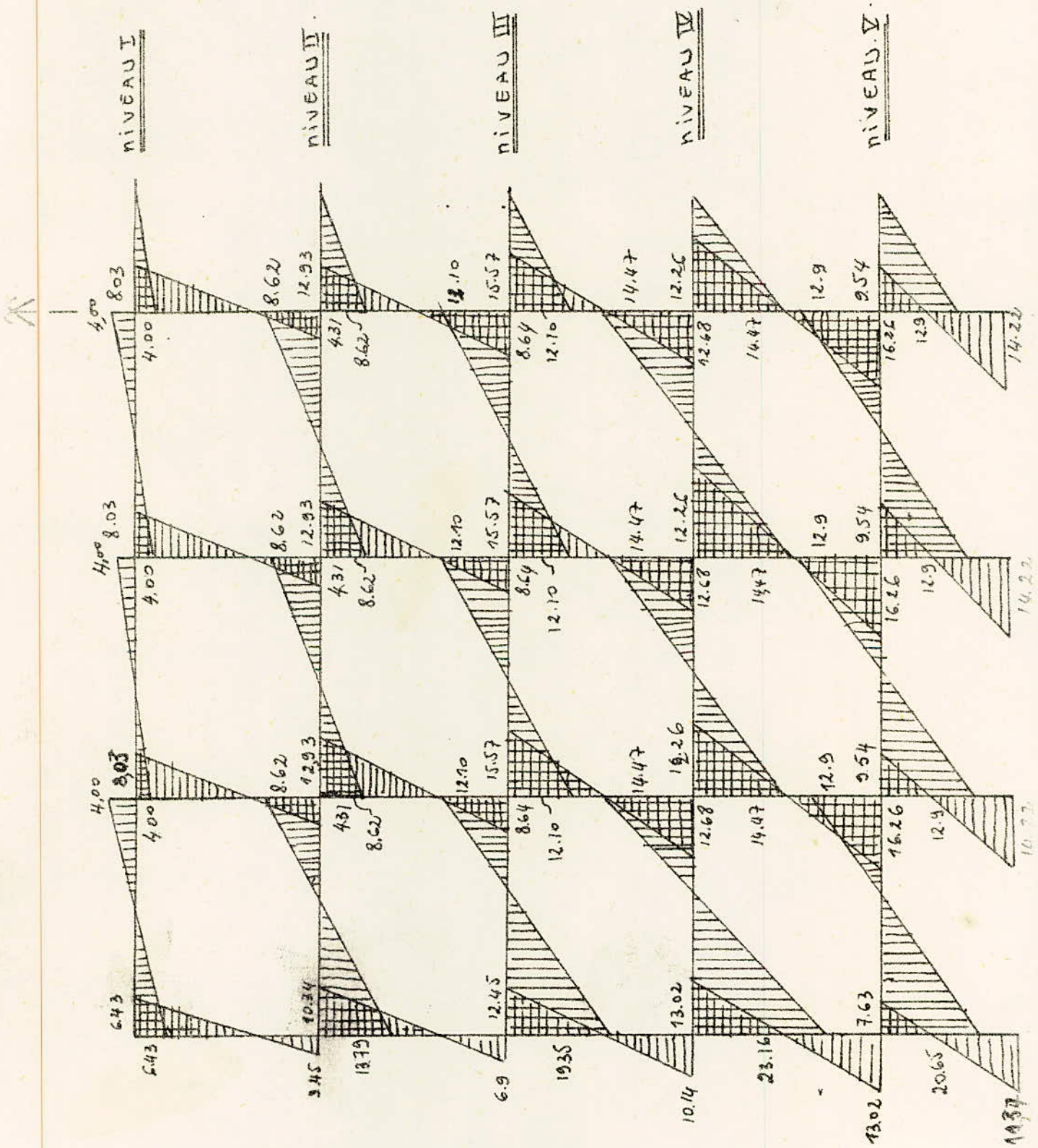
• traves intermediaires : $M_g = M_d = \frac{M_s + M_i}{2}$

MOMENTS AUX NOEUDS - TABLEAU RECAPITULATIF:

Moments exprimés en t.m

NIVEAU	NOEUD	M_i^o (t)	M_s (t)	M_g (t)	M_d (t)
I	1	6.43	/	/	6.43
	2 à 6	8.03	/	4.00	4.00
	7	6.43	/	6.43	/
II	1	10.34	3.45	/	13.79
	2 à 6	12.93	4.31	8.62	8.62
	7	10.34	3.45	13.79	/
III	1	12.45	6.90	/	19.35
	2 à 6	15.57	8.64	12.10	12.10
	7	12.45	6.90	19.35	/
IV	1	13.02	10.14	/	23.16
	2 à 6	16.26	12.68	14.47	14.47
	7	13.02	10.14	23.16	/
V	1	7.63	13.02	/	20.65
	2 à 6	9.54	16.26	12.90	12.90
	7	7.63	13.02	20.65	/
FONDATEMENTS	1	/	11.37	/	11.37
	2 à 6	/	14.22	14.22	14.22
	7	/	11.37	11.37	/

DIAGRAMME .MOMENTS AUX NOEUDS -
FORCES HORIZONTALES



3° - détermination des moments en travées

• Sous $\vec{S}I_H$:

$$M_t = \frac{M_{di} - M_{gi+1}}{2}$$

• Sous $\overleftarrow{S}I_H$:

$$M_t = - \frac{M_{di} - M_{gi+1}}{2}$$

4° - détermination des efforts normaux :

• Sous $\vec{S}I_H$

$$T = - \frac{M_{di} + M_{gi+1}}{l}$$

• Sous $\overleftarrow{S}I_H$

$$T = \frac{M_{di} + M_{gi+1}}{l}$$

5° - détermination des efforts normaux dans les poteaux :

$$N_i = T_{id} - T_{ig}$$

$N_i > 0$ —> poteau comprimé

$N_i < 0$ —> = tendu.

Tableau donnant - efforts tranchants - moments en travées :

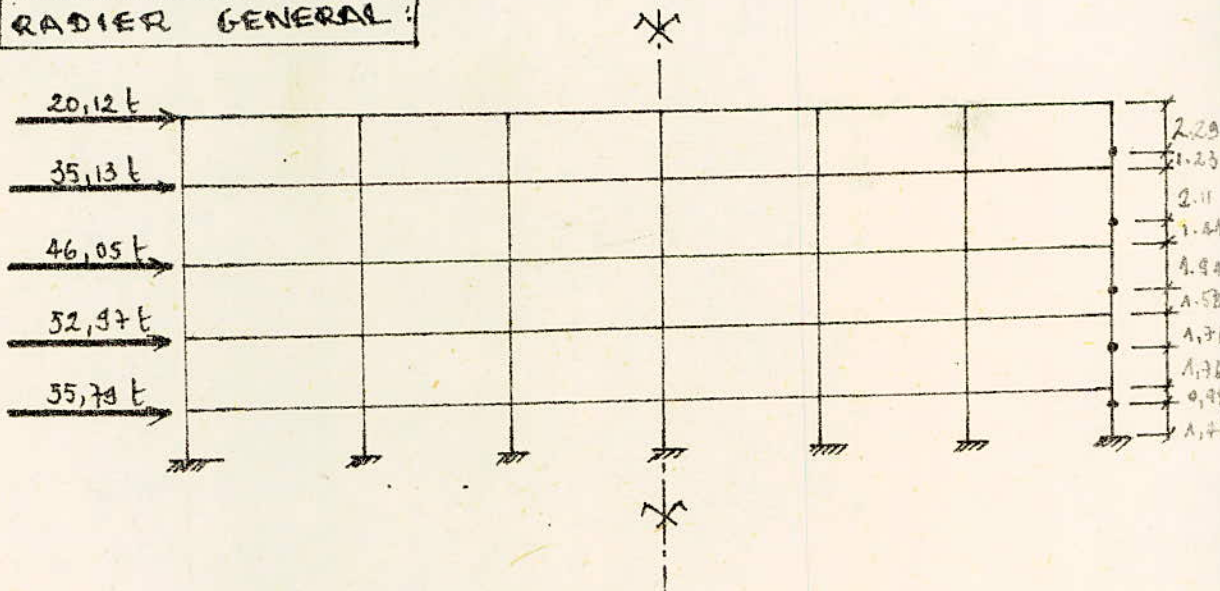
NIVEAU	TRAYERS	l (m)	M _d (t.m)	M _g (t.m)	T _(H) ($\vec{S}I_H$)	T _(H) ($\overleftarrow{S}I_H$)	M _t ($\vec{S}I_H$) (t.m)	M _t ($\overleftarrow{S}I_H$) (t.m)
I	1-2	3.90	6.43	4.00	-2.67	2.67	1.21	-1.21
	2-3	3.90	4.00	4.00	-2.05	2.05	0	0
II	5-6	3.90	13.79	8.62	-5.74	5.74	2.58	-2.58
	6-7	3.90	8.62	8.62	-4.42	4.42	0	0
III	9-10	3.90	19.35	12.10	-8.06	8.06	3.62	-3.62
	10-11	3.90	12.10	12.10	-6.20	6.20	0	0
IV	13-14	3.90	23.16	14.47	-9.65	9.65	4.34	-4.34
	14-15	3.90	14.47	14.47	-7.42	7.42	0	0
V	17-18	3.90	20.65	12.90	-8.60	8.60	3.87	-3.87
	18-19	3.90	12.90	12.90	-6.61	6.61	0	0

EFFORTS NORMAUX - TABLEAU RECAPITULATIF:

FILE	POTEAU	Teg (t)	Tid (t)	N (t)	N cumulé
1	1-5	/	-2.67	-2.67	-2.67
	5-9	/	-5.74	-5.74	-8.41
	9-13	/	-8.06	-8.06	-16.47
	13-17	/	-9.65	-9.65	-26.12
	17-21	/	-8.60	-8.60	-34.72
2	2-6	-2.67	-2.05	0.62	0.62
	6-10	-5.74	-4.42	1.32	1.94
	10-14	-8.06	-6.20	1.86	3.80
	14-18	-9.65	-7.42	2.23	5.66
	18-22	-8.60	-6.61	1.99	7.65
3	3-7	-2.05	-2.05	/	/
	7-11	-4.42	-4.42	/	/
	11-15	-6.20	-6.20	/	/
	15-19	-7.42	-7.42	/	/
	19-23	-6.61	-6.61	/	/
4	4-8	-2.05	-2.05	/	/
	8-12	-4.42	-4.42	/	/
	12-16	-6.20	-6.20	/	/
	16-20	-7.42	-7.42	/	/
	20-24	-6.61	-6.61	/	/
5	3'-7'	-2.05	-2.05	/	/
	7'-11'	-4.42	-4.42	/	/
	11'-15'	-6.20	-6.20	/	/
	15'-19'	-7.42	-7.42	/	/
	19'-23'	-6.65	-6.65	/	/
6	2'-6'	-2.05	-2.67	-0.62	-0.62
	6'-10'	-4.42	-5.74	-1.32	-1.94
	10'-14'	-6.20	-8.06	-1.86	-3.80
	14'-18'	-7.42	-9.65	-2.23	-5.66
	18'-21'	-6.61	-8.60	-1.99	-7.65
7	1'-5'	-2.67	/	2.67	2.67
	5'-9'	-5.74	/	5.74	8.41
	9'-13'	-8.06	/	8.06	16.47
	13'-17'	-9.65	/	9.65	26.12
	17'-21'	-8.60	/	8.60	34.72

⑥

RADIER GENERAL :



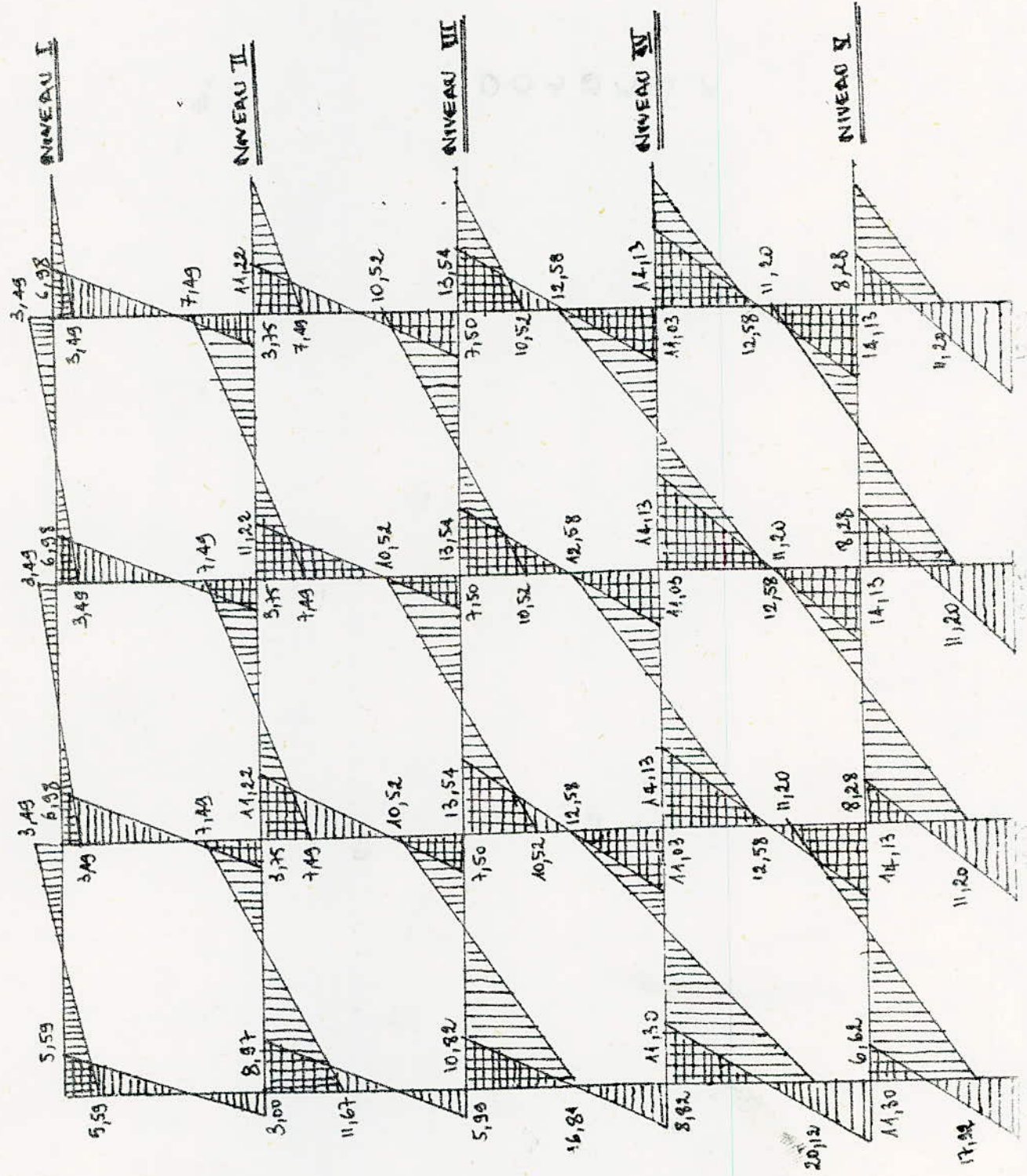
I. FORCES $F_1 \dots F_7$ - TABLEAU. (F_i → en tonnes)

NIVEAU	$F_1 = F_7$	$F_2 = \dots = F_6$	$\alpha \cdot h$	$\beta \cdot h$
I	2,14	3,05	2,29	1,23
II	4,05	5,32	2,11	1,41
III	5,58	6,98	1,94	1,58
IV	6,42	8,03	1,76	1,76
V	6,76	8,45	0,98	1,46

II. MOMENTS AUX NOEUDS - TABLEAU RECAPITULATIF:

NIVEAU	NOEUD	M_1 (t)	M_3 (t)	M_8 (t)	M_d (t)
I	1	5,59	—	—	5,59
	2 à 6	6,98	—	3,49	3,49
	7	5,59	—	5,59	—
II	1	8,97	3,00	—	11,67
	2 à 6	11,22	3,75	7,49	7,49
	7	8,97	3,00	11,67	—
III	1	10,82	5,99	—	16,81
	2 à 6	13,54	7,50	10,52	10,52
	7	10,82	5,99	16,81	—
IV	1	11,30	8,82	—	20,12
	2 à 6	14,13	11,03	12,58	12,58
	7	11,30	8,82	20,12	—
V	1	6,62	11,30	—	17,92
	2 à 6	8,28	14,13	11,20	11,20
	7	6,62	11,30	17,92	—
FONDATIONS	1	—	9,87	—	9,87
	2 à 6	—	12,33	6,16	6,16
	7	—	9,87	9,87	—

DIAGRAMME - MOMENTS AUX NOEUDS
 FORCES HORIZONTALES.



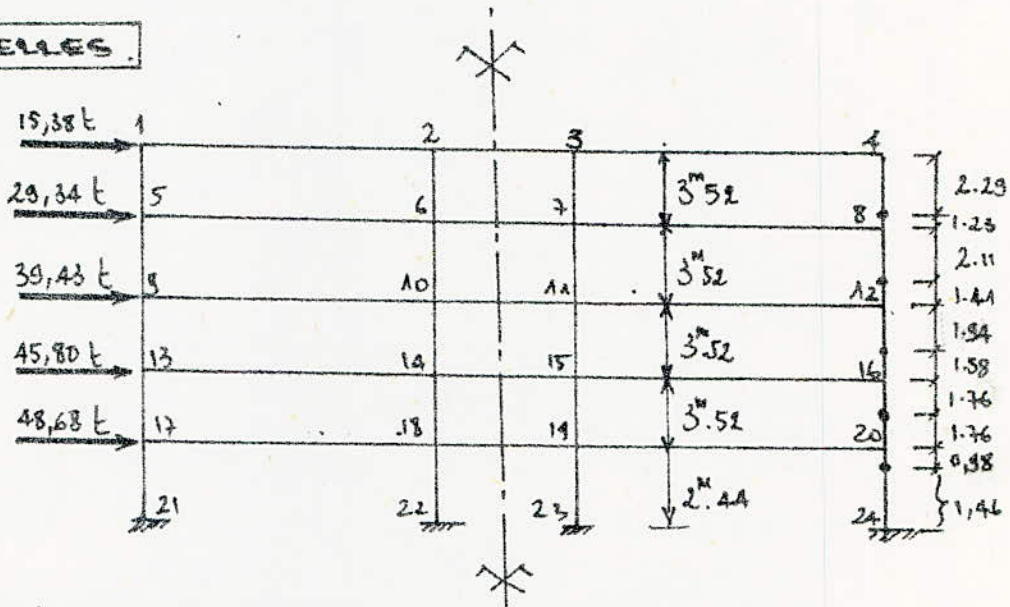
III. TABLEAU RECAPITULATIF - EFFORTS TRANCHANTS / MOMENTS en TRAVEES.

NIVEAU	TRAVEE	$l(m)$	M_d (t.m)	M_g (t.m)	T (t) \rightarrow S_{IH}	T (t) \leftarrow S_{IH}	M_E (t.m) \rightarrow S_{IH}	M_E (t.m) \leftarrow S_{IH}
I	1-2	3,90	5,59	3,49	-2,32	2,32	1,05	-1,05
	2-3	3,90	3,49	3,49	-1,79	1,79	0	0
II	5-6	3,90	11,67	7,49	-4,91	4,91	2,09	-2,09
	6-7	3,90	7,49	7,49	-3,84	3,84	0	0
III	9-10	3,90	16,81	10,52	-7,00	7,00	3,14	-3,14
	10-11	3,90	10,52	10,52	-5,39	5,39	0	0
IV	13-14	3,90	20,12	12,58	-8,38	8,38	3,77	-3,77
	14-15	3,90	12,58	12,58	-6,45	6,45	0	0
V	17-18	3,90	17,92	11,20	-7,47	7,47	3,36	-3,36
	18-19	3,90	11,20	11,20	-5,74	5,74	0	0

III. EFFORTS NORMAUX - TABLEAU RECAPITULATIF

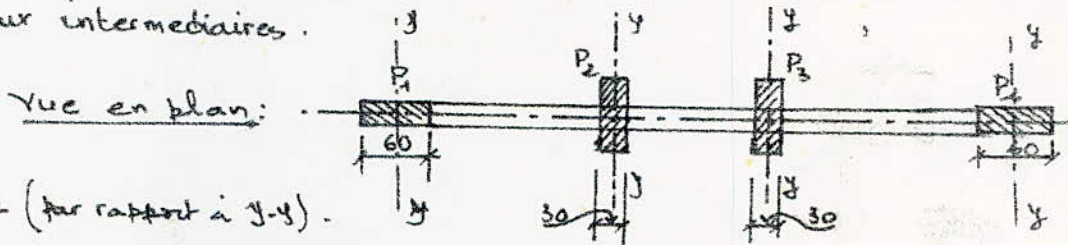
FILE	POTEAU	T_{ig} (t)	T_{id} (t)	N (t)	N cumulé
1	1-5	/	-2.32	-2.32	-2.32
	5-9	/	-4.91	-4.91	-7.23
	9-13	/	-7.00	-7.00	-14.23
	13-17	/	-8.38	-8.38	-22.61
	17-21	/	-7.47	-7.47	-30.08
2	2-6	-2.32	-1.79	0.53	+0.53
	6-10	-4.91	-3.84	1.07	1.60
	10-14	-7.00	-5.39	1.61	3.21
	14-18	-8.38	-6.45	1.93	5.14
	18-22	-7.47	-5.74	1.73	6.87
3	3-7	-1.79	-1.79	/	/
	7-11	-3.84	-3.84	/	/
	11-15	-5.39	-5.39	/	/
	15-19	-6.45	-6.45	/	/
	19-23	-5.74	-5.74	/	/
4	4-8	-1.79	-1.79	/	/
	8-12	-3.84	-3.84	/	/
	12-16	-5.39	-5.39	/	/
	16-20	-6.45	-6.45	/	/
	20-24	-5.74	-5.74	/	/
5	5'-7'	-1.79	-1.79	/	/
	7'-11'	-3.84	-3.84	/	/
	11'-15'	-5.39	-5.39	/	/
	15'-19'	-6.45	-6.45	/	/
	19'-23'	-5.74	-5.74	/	/
6	2'-6'	-1.79	-2.32	-0.53	-0.53
	6'-10'	-3.84	-4.91	-1.07	-1.60
	10'-14'	-5.39	-7.00	-1.61	-3.21
	14'-18'	-6.45	-8.28	-1.93	-5.14
	18'-21'	-5.74	-7.47	-1.73	-6.87
7	1'-5'	-2.32	/	2.32	2.32
	5'-9'	-4.91	/	4.91	7.23
	9'-13'	-7.00	/	7.00	14.23
	13'-17'	-8.38	/	8.38	22.61
	17'-21'	-7.47	/	7.47	30.08

(A) SEMELLES.



I. DETERMINATION DES FORCES F_1, F_2, F_3, F_4 PAR NIVEAU:

- L'inertie des poteaux (poteaux) est variable, dans un même portique.
- L'inertie des poteaux de rive est plus grande que celle des poteaux intermédiaires.



$$\begin{cases} I_1 = I_4 \text{ (par rapport à } y-y \text{)} \\ I_2 = I_3 \text{ (par rapport à } y-y \text{)} \end{cases}$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4$$

$$F_1 = \frac{0,8 I_1}{0,8 I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \cdot F = F_4$$

$$F_2 = \frac{I_2}{0,8 I_1 + I_2 + I_3 + I_4} \cdot F = F_3$$

$$F = 2F_1 + 2F_3$$

$$F = 2 \left(0,8 \cdot I_1 + I_3 \right) \cdot \frac{F}{1,6 I_1 + 2 I_3}$$

$$I_1 = \frac{30 \cdot 60^3}{12} =$$

$$I_2 = \frac{60 \cdot 30^3}{12} =$$

$$\Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{30 \cdot 60^3}{30^3 \cdot 60} = \left(\frac{60}{30} \right)^2 = 4$$

$$\Rightarrow \underline{\underline{I_1 = 4 I_2}}$$

$$F_1 = F_4 = 0,38 \cdot F$$

$$F_2 = F_3 = 0,12 F$$

-IV.25-

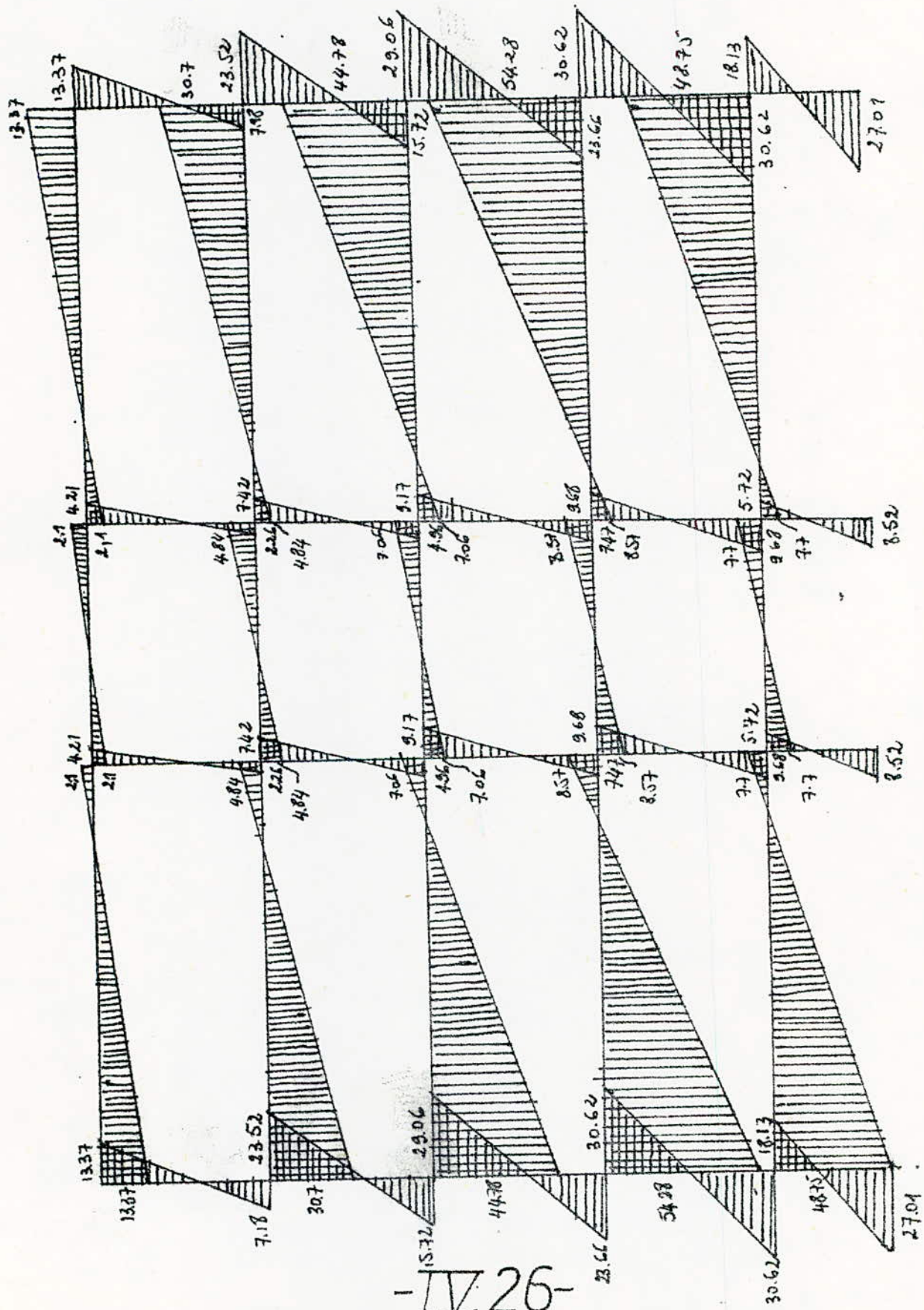
* TABLEAU RECAPITULATIF - FORCES PAR NIVEAU:

NIVEAU	$F_1 = F_4$ (t)	$F_2 = F_3$ (t)	est. h (m)	$\alpha \cdot h$ (m)	$\beta \cdot h$ (m)
I	5,84	1,84	3,52	2,29	1,23
II	11,15	3,52	3,52	2,29	1,41
III	14,98	4,73	3,52	1,94	1,58
IV	17,40	5,50	3,52	1,76	1,76
V	18,50	5,84	3,52	0,98	1,46

II. MOMENTS AUX NOEUDS - TABLEAU:

NIVEAU	NOEUD	M_1 (t.m)	M_3 (t.m)	M_2 (t.m)	M_4 (t.m)
I	1	13,38	/	/	13,38
	2 et 3	4,21	/	2,10	2,10
	4	13,38	/	13,38	/
II	1	23,53	7,18	/	30,71
	2 et 3	7,43	2,26	4,84	4,84
	4	23,53	7,18	30,71	/
III	1	29,06	15,72	/	44,78
	2 et 3	9,17	4,96	7,06	7,06
	4	29,06	15,72	44,78	/
IV	1	30,62	23,67	/	54,29
	2 et 3	9,68	7,47	8,57	8,57
	4	30,62	23,67	54,29	/
V	1	18,13	30,62	/	48,75
	2 et 3	5,72	9,68	7,70	7,70
	4	18,13	30,62	48,75	/

DIAGRAMME MOMENTS AX BOUTS
 FORCES HORIZONTALES



III. MOMENTS EN TRAVÉES . EFFORTS TRANCHANTS - TABLEAU

NIVEAU	TRAVÉE	$l(m)$	$M_d (t.m)$	$M_g (t.m)$	$T(t) \rightarrow$ SIH	$T(t) \leftarrow$ SIH	$M_t (t.m) \rightarrow$ SIH	$M_t (t.m) \leftarrow$ SIH
I	1-2	6,75	13,38	2,10	-2,29	2,29	5,64	-5,64
	2-3	2,25	2,10	2,10	-1,87	1,87	0	0
	3-4	6,75	2,10	13,38	-2,29	2,29	-5,64	5,64
II	5-6	6,75	30,71	4,84	-5,27	5,27	12,93	-12,93
	6-7	2,25	4,84	4,84	-4,30	4,30	0	0
	7-8	6,75	4,84	30,71	-5,27	5,27	-12,93	12,93
III	9-10	6,75	44,78	7,06	-7,68	7,68	18,86	-18,86
	10-11	2,25	7,06	7,06	-6,27	6,27	0	0
	11-12	6,75	7,06	44,78	-7,68	7,68	-18,86	18,86
IV	13-14	6,75	54,29	8,57	-9,31	9,31	22,86	-22,86
	14-15	2,25	8,57	8,57	-7,62	7,62	0	0
	15-16	6,75	8,57	54,29	-9,31	9,31	-22,86	22,86
V	17-18	6,75	48,75	7,70	-8,36	8,36	20,52	-20,52
	18-19	2,25	7,70	7,70	-6,84	6,84	0	0
	19-20	6,75	7,70	48,75	-8,36	8,36	-20,52	20,52

V EFFORTS NORMAUX - TABLEAU RECAPITULATIF :

FILE	POTEAU	T _{ig} (t)	T _{id} (t)	N (tonnes)	N cumulé
1	1 - 5	/	-2.29	-2.29	-2.29
	5 - 9	/	-5.27	-5.27	-7.56
	9 - 13	/	-7.68	-7.68	-15.24
	13 - 17	/	-9.31	-9.31	-24.55
	17 - 21	/	-8.36	-8.36	-32.91
2	2 - 6	-2.29	-1.87	0.42	0.42
	6 - 10	-5.27	-4.30	0.97	1.39
	10 - 14	-7.68	-6.27	1.41	2.80
	14 - 18	-9.31	-7.62	1.69	4.49
	18 - 22	-8.36	-6.84	1.52	6.01
3	3 - 7	-1.87	-2.29	-0.42	-0.42
	7 - 11	-4.30	-5.27	-0.97	-1.39
	11 - 15	-6.27	-7.68	-1.41	-2.80
	15 - 19	-7.62	-9.31	-1.69	-4.49
	19 - 23	-6.84	-8.36	-1.52	-6.01
4	4 - 8	-2.29	/	2.29	2.29
	8 - 12	-5.27	/	5.27	7.56
	12 - 16	-7.68	/	7.68	15.24
	16 - 20	-9.31	/	9.31	24.55
	20 - 24	-8.36	/	8.36	32.91

⑧

RADIER GENERAL :

I. DETERMINATION FORCES F_1, F_2, F_3, F_4 - TABLEAU RECAPITULATIF :

NIVEAU	$F_1 = F_4$ (t)	$F_2 = F_3$ (t)	αh (m)	$\beta \cdot h$ (m)
I	5,08	1,61	2,29	1,23
II	9,70	3,06	2,11	1,41
III	13,05	4,12	1,94	1,58
IV	15,15	4,78	1,76	1,76
V	16,12	5,09	0,98	1,46

II. MOMENTS AUX NOEUDS - TABLEAU RECAPITULATIF

NIVEAU	NOEUD	M_i (t.m)	M_s (t.m)	M_g (t.m)	M_d (t.m)
I	1	11,65	/	/	11,65
	2 et 3	3,69	/	1,845	1,84
	4	11,65	/	11,65	/
II	1	20,46	6,26	/	26,72
	2 et 3	6,45	1,98	4,21	4,21
	4	20,46	6,26	26,72	/
III	1	25,32	23,68	/	39,00
	2 et 3	7,99	4,31	6,15	6,15
	4	25,32	23,68	39,00	/
IV	1	26,67	20,62	/	47,29
	2 et 3	8,41	6,51	7,46	7,46
	4	26,67	20,62	47,29	/
V	1	15,80	26,67	/	42,47
	2 et 3	4,99	8,41	6,70	6,70
	4	15,80	26,67	42,47	/
FONDATEURS	1	/	23,53	/	23,53
	2 et 3	/	7,43	3,71	3,71
	4	/	23,53	23,53	/

III - EFFORTS TRANCHANTS - MOMENTS EN TRAVÉES - TABLEAU RÉCAPITULATIF :

NIVEAU	TRAVÉE	l (m)	M_d (t.m)	M_g (t.m)	$T^{(H)} \rightarrow$ SI _H	$T^{(t)} \leftarrow$ SI _H	$M_t \rightarrow$ (t.m) SI _H	$M_t \leftarrow$ (t.m) SI _H
I	1-2	6,75	11,65	1,84	- 2,00	2,00	4,90	- 4,90
	2-3	2,25	1,84	1,84	- 1,63	1,63	0	0
	3-4	6,75	1,84	11,65	- 2,00	2,00	- 4,90	4,90
II	5-6	6,75	26,72	4,21	- 4,58	4,58	11,25	- 11,25
	6-7	2,25	4,21	4,21	- 3,74	3,74	0	0
	7-8	6,75	4,21	26,72	- 4,58	4,58	- 11,25	11,25
III	9-10	6,75	39,00	6,15	- 6,69	6,69	16,42	- 16,42
	10-11	2,25	6,15	6,15	- 5,46	5,46	0	0
	11-12	6,75	6,15	39,00	- 6,69	6,69	- 16,42	16,42
IV	13-14	6,75	47,29	7,46	- 8,11	8,11	19,91	- 19,91
	14-15	2,25	7,46	7,46	- 6,63	6,63	0	0
	15-16	6,75	7,46	47,29	- 8,11	8,11	- 19,91	19,91
V	17-18	6,75	42,47	6,70	- 7,28	7,28	17,88	- 17,88
	18-19	2,25	6,70	6,70	- 5,95	5,95	0	0
	19-20	6,75	6,70	42,47	- 7,28	7,28	- 17,88	17,88

IV. EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX - TABLEAU RECAPITULATIF:

FILE	POTEAU	T_{ig} (t)	T_{id} (t)	N (tonnes)	$N_{cumulé}$
1	1-5	/	-2.00	-2.00	-2.00
	5-9	/	-4.58	-4.58	-6.58
	9-13	/	-6.69	-6.69	-13.27
	13-17	/	-8.11	-8.11	-21.38
	17-21	/	-7.28	-7.28	-28.66
2	2-6	-2.00	-1.63	0.37	0.37
	6-10	-4.58	-3.74	0.84	1.21
	10-14	-6.69	-5.46	1.23	2.44
	14-18	-8.11	-6.63	1.48	3.92
	18-22	-7.28	-5.95	1.33	5.25
3	3-7	-1.63	-2.00	-0.37	-0.37
	7-11	-3.74	-4.58	-0.84	-1.21
	11-15	-5.46	-6.69	-1.23	-2.44
	15-19	-6.63	-8.11	-1.48	-3.92
	19-23	-5.95	-7.28	-1.33	-5.25
4	4-8	-2.00	/	2.00	2.00
	8-12	-4.58	/	4.58	6.58
	12-16	-6.69	/	6.69	13.27
	16-20	-8.11	/	8.11	21.38
	20-24	-7.28	/	7.28	28.66

METHODE de CALCUL
pour la
determination des efforts
sous les
CHARGES-VERTICALES.

charges verticales

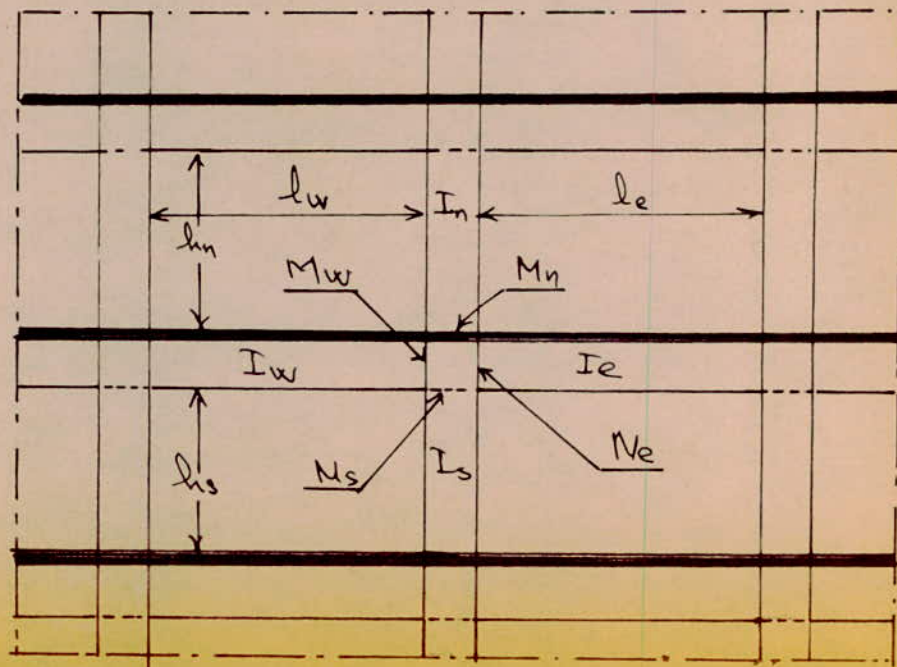
Le calcul des efforts dans les poteaux, sous les charges verticales se fera par la méthode de Caquot en annexe A des C.C.B.A. 68. Cette méthode s'applique essentiellement à des éléments de planchers constitués de nervures et de poutres associées à des hourdis ; (applicable dans notre cas).

Les poteaux constituant l'ossature sont soumis à :

- leur poids propre
- le poids propre des planchers qu'ils supportent
- surcharges d'exploitation transmises par les planchers
- surcharges sismiques

PRINCIPE de la METHODE : Le principe de la méthode consiste à choisir un nœud et à déterminer les moments agissant sur les éléments à gauche et à droite en haut et en bas des poteaux en fonction de l'état des charges et des caractéristiques des 2 travées encadrant ces nœuds par la relation des 3 moments.

Afin de tenir compte de la non continuité au droit des nœuds existant le nœud considéré, on remplace les poteaux et les hauteurs réelles entre appuis par des hauteurs et des poteaux fictives.



• hauteurs fictives des poteaux:

- $h'_n = 0,9 h_n$ si le nœud considéré appartient à l'avant-dernier plancher h_n : hauteur libre

- $h'_n = 0,8 h_n$ dans les autres cas

- $h'_s = 0,8 h_s$ sauf niveau fondations ($h'_s = h_s$)

• travées fictives des poutres:

* travées intermédiaires $l'_w = 0,8 l_w$

$l'_e = 0,8 l_e$

avec: l_w : portée libre de la travée gauche

l_e : " " " " droite

soit q_w : charge uniformément répartie sur la travée gauche

q_e : " " " sur la travée droite

Q_w : charge concentrée appliquée sur la travée gauche à la distance a_w du nu de l'appui

Q_e et a_e : pour la travée de droite

on pose:

$M'_w = \frac{q_w \cdot l_w'^2}{8,5} + l'_w \cdot \sum K_w \cdot Q_w$
$M'_e = \frac{q_e \cdot l_e'^2}{8,5} + l'_e \cdot \sum K_e \cdot Q_e$

les valeurs de K (K_w, K_e) étant données (poutres à sections constantes), par l'échelle fonctionnelle en fonction de $\frac{a_w}{l_w}$ et $\frac{a_e}{l_e}$

I_w, I_e, I_s et I_n désignent respectivement les moments d'inertie de la travée de gauche, de la travée de droite, du poteau inférieur et du poteau supérieur.

on pose:

$$K_w = \frac{I_w}{l'_w}$$

$$K_e = \frac{I_e}{l'_e}$$

$$K_s = \frac{I_s}{h'_s}$$

$$K_n = \frac{I_n}{h'_n}$$

on pose: $D = K_w + K_e + K_s + K_n$

d'après l'article (A_{11,12}) du CCBA 68 les moments dans les sections dangereuses (nus de l'appui) sont en valeur absolue

- au nu de l'appui dans la travée de gauche:

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

- au nu de l'appui dans la travée de droite

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

- au nu inférieur des poteaux dans le poteau inférieur:

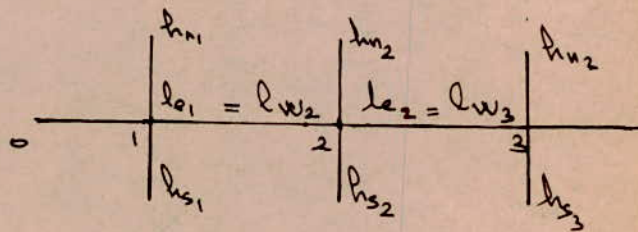
$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_e - M'_w)$$

- au nu supérieur du plancher dans le poteau supérieur:

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

Remarque:

- Pour les traverses, les moments M_e, M_w sont négatifs.
- Pour les poteaux, la face tendue du tronçon supérieur est du côté correspondant à la plus grande des 2 valeurs absolues M'_e ou M'_w .
- La face tendue du tronçon inférieur est du côté opposé.
- * travées de rive: on utilisera les conventions de la figure ci-contre:



Dans notre cas: $l_{w1} = 0$; $M_{w1} = 0$ (pas de console), on aura les formules suivantes:

- noeud de rive (pas de console):

$$M_{s1} = M'_e \cdot \frac{K_{s1}}{D_1}$$

$$M_{n1} = M'_e \cdot \frac{K_{n1}}{D_1}$$

$$M_{e1} = M'_{e1} \left(1 - \frac{K_{e1}}{D_1}\right)$$

- neuds voisin de rive:

la longueur l_{w2} de la travée fictive de rive est prise égale à $X_1 \cdot l_{w2}$

X_1 : coefficient compris entre 0,8 et 1

$$X_1 = 0,8 \quad \text{pour } K_{s1} + K_{n1} \geq 1,5 K_{e1}$$

$$X_1 = 1 - \frac{K_{s1} + K_{n1}}{7,5 K_{e1}} \quad \text{pour } K_{s1} + K_{n1} < 1,5 K_{e1}$$

* moments en travée des poutres:

on tracera la courbe des moments de la travée indépendante de portée l avec les charges permanentes, puis avec les charges permanentes et les surcharges.

On prendra 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

* Efforts tranchants dans les poutres:

Ils sont calculés suivant la méthode générale applicable aux poutres continues, en faisant état des moments de continuité.

Ainsi pour une travée $(i-1, i)$ ces efforts tranchants sont donnés par les relations suivantes:

$$\begin{cases} T_{i-1,e} = q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_{i,w}}{l} \\ T_{i,w} = -q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_{i-1,e} - M_{i,w}}{l} \end{cases}$$

$M_{i-1,e}$ et $M_{i,w}$ sont en valeur absolue

* Moments dans les poteaux: on admet que les points de moment nul dans les poteaux se trouvent à h_n au dessus du plancher et à h_s au dessous du nu inférieur des poutres.

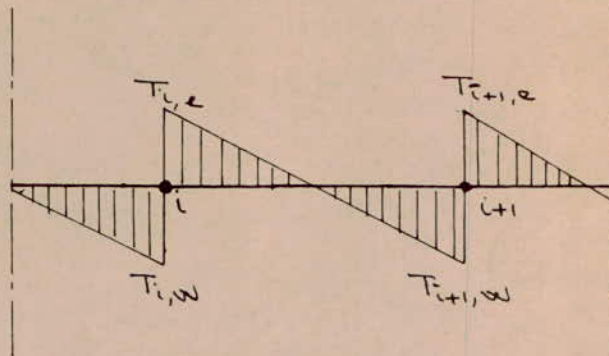
* Efforts tranchants dans les poteaux et efforts normaux dans les poutres:

Par simplification, on négligera dans les calculs les efforts tranchants dans les poteaux et les efforts normaux dans les poutres.

* Efforts normaux dans les poteaux:

Les efforts normaux dans les poteaux sont engendrés par les efforts tranchants dans les poutres.

Ainsi pour des charges verticales uniformément réparties, voici un exemple des efforts tranchants schématisés dans le diagramme ci-dessous:



Les réactions développées dans les appuis (i) et (i+1) donnent des efforts de compression dans les poteaux dont les valeurs seront:

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

$$N_{i+1} = T_{i+1,e} - T_{i+1,w}$$

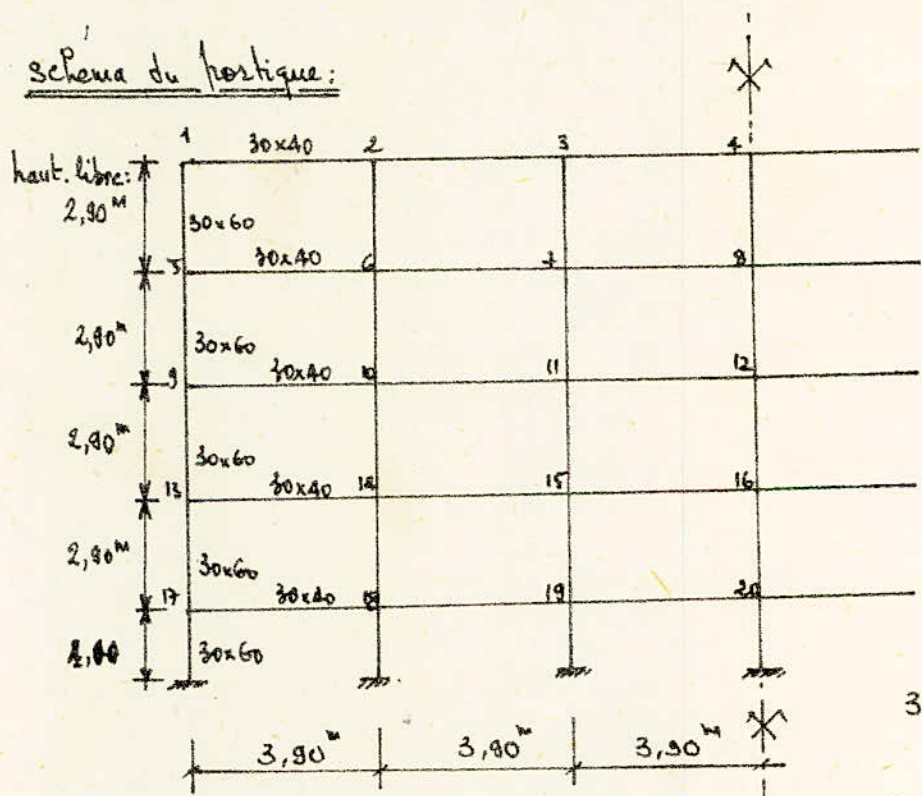
* Les efforts tranchants sont en valeurs algébriques.

PORTIQUE LONGITUDINAL I-I

①. TABLEAU RECAPITULATIF DES CHARGES VERTICALES: (Par m/l)

NIVEAU	G (t/ml)	P (t/ml)	SEMELLES	
			\downarrow	\downarrow
			\downarrow	RADIER
			\downarrow	\downarrow
			\downarrow	\downarrow
I	1,44	0,13	0,82	0,71
II	1,54	0,45	0,67	0,58
III	1,54	0,45	0,48	0,42
IV	1,54	0,45	0,30	0,26
V	1,54	0,45	0,12	0,11

Schema du portique:



3,90^m = Poste fixe nus des app

• Pour la détermination des moments aux nœuds, elle sera menée sous forme de tableaux.

• Les unités utilisés sont:

- hauteurs et longueurs : en mètres
- moments d'inertie : $10^{-4} \cdot m^4$
- K_w, K_e, K_s, K_b et β : $10^{-4} \cdot m^2$

V. B

(15) CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU PORTIQUE - TABLEAU

NIVEAU	I				II				III				IV				V			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Nœud	—	3,90	3,9	3,9	—	3,9	3,9	3,9	—	3,9	3,9	3,9	—	3,9	3,9	3,9	—	3,9	3,9	3,9
l_{ew}	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9	3,9
h_m	—	—	—	—	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
h_s	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
I_{w1}, I_{e1}	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I_{w2}, I_{e2}	—	—	—	—	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
l'_{w1}	—	3,12	3,12	3,12	—	3,12	3,12	3,12	—	3,12	3,12	3,12	—	3,12	3,12	3,12	—	3,12	3,12	3,12
l'_{e1}	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12	3,12
h'_{w1}	—	—	—	—	2,61	2,61	2,61	2,61	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
h'_{e1}	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
K_{w1}	—	5,13	5,13	5,13	—	5,13	5,13	5,13	—	5,13	5,13	5,13	—	5,13	5,13	5,13	—	5,13	5,13	5,13
K_{e1}	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13	5,13
K_{w2}	—	—	—	—	20,68	20,68	20,68	20,68	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
K_{e2}	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3	23,3
D	23,3	33,56	33,56	33,56	49,1	54,24	54,24	54,24	51,73	56,86	56,86	56,86	51,73	56,86	56,86	56,86	82,43	87,56	87,56	87,56
I_2	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54

III DÉTERMINATION DES MOMENTS AUX NOEUDS:

on utilisera les formules suivantes:

$$M_w = M'_e \cdot \frac{K_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right); \quad M_e = M'_e \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{K_e}{D}$$

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

$$M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

TABLEAUX RECAPITULATIFS:

* travées intermédiaires:
(art. A 11,21 CCBA 68)

$$M'_w = \frac{q_w \cdot l_w^2}{8,5}; \quad M'_e = \frac{q_e \cdot l_e}{8,5}$$

* Moments sous G:

NIVEAU	NOEUD	q_e	q_w	M'_e	M'_w	M_e	M_w	M_n	M_s
I	1	1,44	—	1,65	—	1,35	—	—	1,35
	2	1,44	1,44	1,65	1,65	1,65	1,65	—	—
	3	1,44	1,44	1,65	1,65	1,65	1,65	—	—
	4	1,44	1,44	1,65	1,65	1,65	1,65	—	—
II	5	1,54	—	1,76	—	1,57	—	0,74	0,83
	6	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	7	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	8	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
III	9	1,54	—	1,76	—	1,58	—	0,79	0,79
	10	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	11	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	12	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
IV	13	1,54	—	1,76	—	1,58	—	0,79	0,79
	14	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	15	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	16	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
V	17	1,54	—	1,76	—	1,65	—	0,47	1,15
	18	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	19	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—
	20	1,54	1,54	1,76	1,76	1,76	1,76	—	—

MOMENTS SOUS (P)

- V.9 -

NIVEAU	NOEUD	q _e	q _w	M' _e	M' _w	M _e	M _w	M _n	M _s
I	1	0,13	/	0,15	/	0,12	/	/	0,12
	2	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	/	/
	3	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	/	/
	4	0,13	0,13	0,15	0,15	0,15	0,15	/	/
II	5	0,45	/	0,52	/	0,46	/	0,22	0,24
	6	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	7	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	8	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
III	9	0,45	/	0,52	/	0,47	/	0,23	0,23
	10	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	11	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	12	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
IV	13	0,45	/	0,52	/	0,47	/	0,23	0,23
	14	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	15	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	16	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
V	17	0,45	/	0,52	/	0,49	/	0,14	0,35
	18	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	19	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/
	20	0,45	0,45	0,52	0,52	0,52	0,52	/	/

MOMENTS SOUS (SIV) : SEMELLES

NIVEAU	NOEUD	q _e	q _w	M' _e	M' _w	M _e	M _w	M _n	M _s
I	1	0,82	/	0,94	/	0,77	/	/	0,77
	2	0,82	0,82	0,94	0,94	0,94	0,94	/	/
	3	0,82	0,82	0,94	0,94	0,94	0,94	/	/
	4	0,82	0,82	0,94	0,94	0,94	0,94	/	/
II	5	0,67	/	0,77	/	0,69	/	0,32	0,37
	6	0,67	0,67	0,77	0,77	0,77	0,77	/	/
	7	0,67	0,67	0,77	0,77	0,77	0,77	/	/
	8	0,67	0,67	0,77	0,77	0,77	0,77	/	/
III	9	0,48	/	0,55	/	0,50	/	0,25	0,25
	10	0,48	0,48	0,55	0,55	0,55	0,55	/	/
	11	0,48	0,48	0,55	0,55	0,55	0,55	/	/
	12	0,48	0,48	0,55	0,55	0,55	0,55	/	/
IV	13	0,30	/	0,34	/	0,30	/	0,15	0,15
	14	0,30	0,30	0,34	0,34	0,34	0,34	/	/
	15	0,30	0,30	0,34	0,34	0,34	0,34	/	/
	16	0,30	0,30	0,34	0,34	0,34	0,34	/	/
V	17	0,12	/	0,14	/	0,13	/	0,04	0,09
	18	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	/	/
	19	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	/	/
	20	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	/	/

MOMENTS SOUS SIV : RADIER GENERAL.

(t/mL)
et
(L.M/ML)

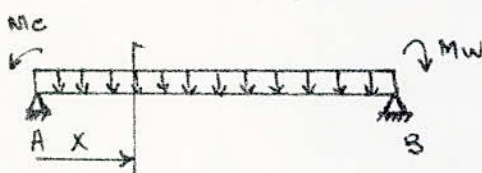
NIVEAU	NOEUD	q_e	q_w	M'_e	M'_w	M_e	M_w	M_{nr}	M_s
I	1	0,71	/	0,81	/	0,66	/	/	0,66
	2	0,71	0,71	0,81	0,81	0,81	0,81	/	/
	3	0,71	0,71	0,81	0,81	0,81	0,81	/	/
	4	0,71	0,71	0,81	0,81	0,81	0,81	/	/
II	5	0,58	/	0,66	/	0,59	/	0,27	0,32
	6	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
	7	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
	8	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
III	9	0,42	/	0,48	/	0,43	/	0,21	0,21
	10	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
	11	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
	12	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
IV	13	0,26	/	0,30	/	0,26	/	0,13	0,13
	14	0,26	0,26	0,30	0,30	0,30	0,30	/	/
	15	0,26	0,26	0,30	0,30	0,30	0,30	/	/
	16	0,26	0,26	0,30	0,30	0,30	0,30	/	/
V	17	0,11	/	0,13	/	0,11	/	0,03	0,08
	18	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/
	19	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/
	20	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/

EFFORTS TRANCHANTS - CHARGES VERTICALES

PORTIQUE LONGITUDINAL

METHODE DE CALCUL

conformément à l'annexe A13 du CCBA 68, les efforts tranchants sont calculés en considérant la travée indépendante et en faisant état des moments de continuité et de la charge qui lui est appliquée.



$$\sum F_B = 0 ; R_A l - M_e + M_w - q \frac{l^2}{2} = 0$$

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

l'équation de l'effort tranchant

sera alors :

$$T = R_A - qx$$

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

EFFORTS TRANCHANTS SOUS G:

$$l = 3,90 \text{ m}$$

NIVEAU	TRAVEE	q (t/ml)	M _w	M _c	x=0 T _e	x=l T _w
I	1-2	1,44	1,65	1,35	2,73	-2,84
	2-3	1,44	1,65	1,65	2,80	-2,80
II	5-6	1,54	1,76	1,57	2,95	-3,05
	6-7	1,54	1,76	1,76	3,00	-3,00
III	9-10	1,54	1,76	1,58	2,96	-3,05
	10-11	1,54	1,76	1,76	3,00	-3,00
IV	13-14	1,54	1,76	1,58	2,96	-3,05
	14-15	1,54	1,76	1,76	3,00	-3,00
V	17-18	1,54	1,76	1,65	2,97	-3,03
	18-19	1,54	1,76	1,76	3,00	-3,00

$$x=0 \longrightarrow T_e = q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_c - M_w}{l}$$

$$x=l \longrightarrow T_w = -q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_c - M_w}{l}$$

EFFORTS TRANCHANTS SOUS P:

NIVEAU	TRAVEE	q (t/ml)	M _w	M _c	x=0 T _e	x=l T _w
I	1-2	0,13	0,15	0,12	0,25	-0,26
	2-3	0,13	0,15	0,15	0,25	-0,25
II	5-6	0,45	0,52	0,46	0,86	-0,89
	6-7	0,45	0,52	0,52	0,88	-0,88
III	9-10	0,45	0,52	0,47	0,86	-0,89
	10-11	0,45	0,52	0,52	0,88	-0,88
IV	13-14	0,45	0,52	0,47	0,86	-0,89
	14-15	0,45	0,52	0,52	0,88	-0,88
V	17-18	0,45	0,52	0,49	0,87	-0,89
	18-19	0,45	0,52	0,52	0,88	-0,88

EFFORTS TRANCHANTS SOUS S_{IV} : SEMELLES

NIVEAU	TRAVÉE	q (t/m)	M_e	M_w	$x=0 T_e$	$x=l T_w$
I	1-2	0,82	0,77	0,94	1,55	-1,64
	2-3	0,82	0,94	0,94	1,60	-1,60
II	5-6	0,67	0,69	0,77	1,28	-1,32
	6-7	0,67	0,77	0,77	1,30	-1,30
III	9-10	0,48	0,50	0,55	0,92	-0,95
	10-11	0,48	0,55	0,55	0,94	-0,94
IV	13-14	0,30	0,30	0,34	0,57	-0,59
	14-15	0,30	0,34	0,34	0,58	-0,58
V	17-18	0,12	0,13	0,14	0,23	-0,24
	18-19	0,12	0,14	0,14	0,23	-0,23

EFFORTS TRANCHANTS SOUS S_{IV} : RADIER.

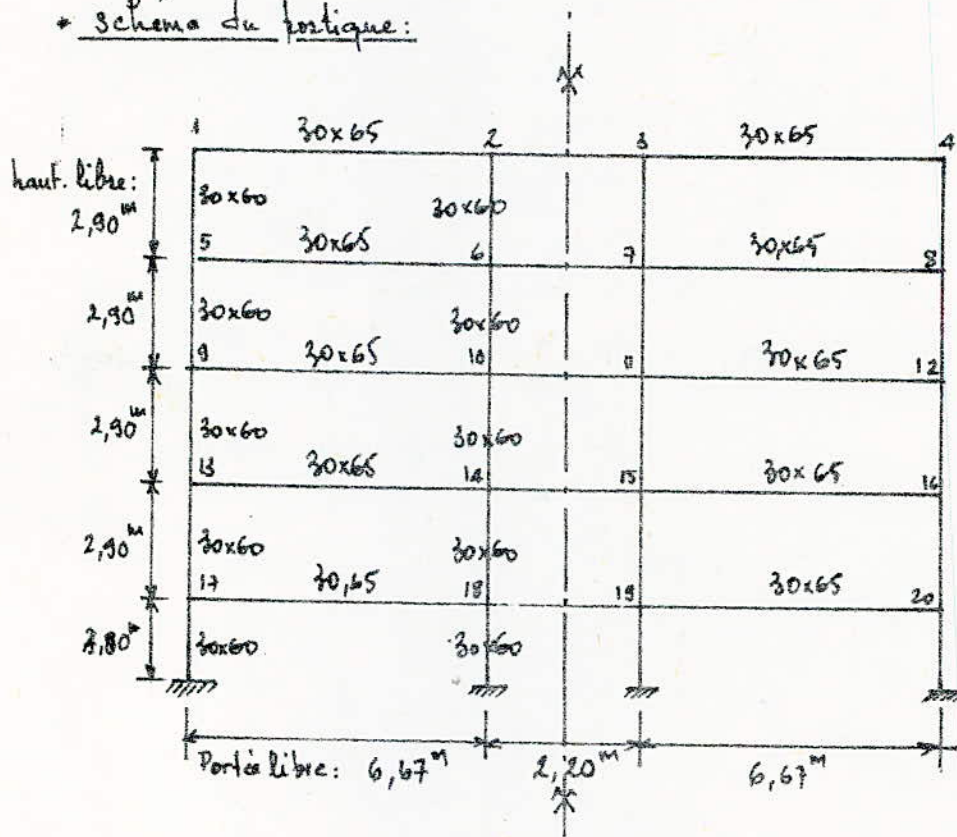
NIVEAU	TRAVÉE	q (t/m)	M_e (t)	M_w (t.m)	$x=0 T_e$ (t)	$x=l T_w$ (t)
I	1-2	0,71	0,66	0,81	1,35	-1,42
	2-3	0,71	0,81	0,81	1,38	-1,38
II	5-6	0,58	0,59	0,66	1,11	-1,15
	6-7	0,58	0,66	0,66	1,13	-1,13
III	9-10	0,42	0,43	0,48	0,81	-0,83
	10-11	0,42	0,48	0,48	0,82	-0,82
IV	13-14	0,26	0,26	0,30	0,50	-0,52
	14-15	0,26	0,30	0,30	0,51	-0,51
V	17-18	0,11	0,11	0,13	0,21	-0,22
	18-19	0,11	0,13	0,13	0,21	-0,21

PORTIQUE TRANSVERSAL II-II

① TABLEAU RECAPITULATIF - CHARGES VERTICALES: <Par m/l>

NIVEAU	G (t/ml)	P (t/ml)	Semelles	
			$\sum I_v$ (t/m)	Radier
				$\sum I_v$ (t/m)
I	3,50	0,45	0,89	0,77
II	3,60	1,58	0,80	0,69
III	3,60	1,58	0,58	0,50
IV	3,60	1,58	0,36	0,31
V	3,60	1,58	0,16	0,13

* Schema du portique:



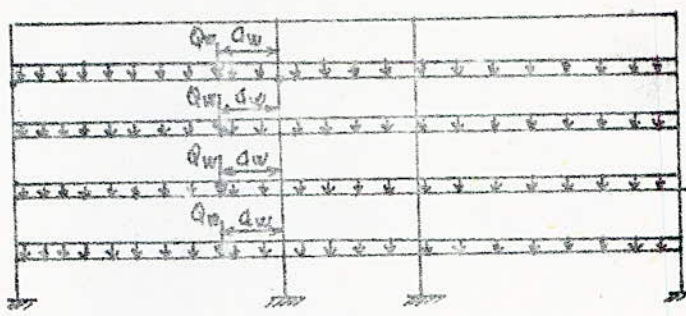
H CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU PORTIQUE

NIVEAU	I			II			III			IV			V							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
NOEUD	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67
lw	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67
le	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/	6,67	2,2	6,67	/
hw	/	/	/	/	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
hwA	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9	2,9
Iw, Ic	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6	68,6
Iw	/	/	/	/	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54
Is	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54	54	13,5	13,5	54
lw	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34
le	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/	5,34	1,76	5,34	/
hw	/	/	/	/	2,61	2,61	2,61	2,67	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
hwA	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32	2,32
Kw	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85
Ke	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/	12,85	38,98	12,85	/
Kw	/	/	/	/	20,69	5,17	5,17	20,69	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27
Ks	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27	23,27	5,82	5,82	23,27
D	36,12	57,65	57,65	36,12	56,81	62,82	62,82	56,81	59,4	63,47	63,47	59,4	59,4	63,47	63,47	59,4	59,4	63,47	63,47	59,4

V. 14

III DETERMINATION DES MOMENTS AUX NOEUDS

$$M'_w = \frac{q_w \cdot l_w'^2}{8,5} + l_w' \cdot \sum k_w \cdot Q_w ; \quad M'_e = \frac{q_e \cdot l_e'^2}{8,5} + l_e' \cdot \sum k_e \cdot Q_e$$



- $\Delta w_i = 1,50^m$
- $Q_{w_i} = Q_{e_{i-1}} = 7,25 \text{ t}$
- $\Delta e_{i-1} = 5,17^m$
- $\frac{\Delta w}{l_w} = 0,28 \rightarrow \underline{k_w = 0,162}$
- $\frac{\Delta e}{l_e} = 0,97 \rightarrow \underline{k_e = 0,015}$

* moments sous G:

• Les moments sont donnés en t.m ; les charges en t/ml.

NIVEAU	NOEUD	q_e	q_w	M'_e	M'_w	M_e	M_w	M_n	M_s
I	1	3,50	/	11,74	/	7,56	/	/	9,56
	2	3,50	3,50	1,27	11,74	8,35	9,40	/	-1,06
	3	3,50	3,50	11,74	1,27	9,40	8,35	/	1,06
	4	/	3,50	/	11,74	/	7,56	/	-7,56
II	5	3,60	/	12,66	/	9,79	/	4,61	5,18
	6	3,60	3,60	1,31	18,35	11,88	14,86	-1,41	-1,58
	7	3,60	3,60	12,07	1,31	9,87	7,99	0,88	0,99
	8	/	3,60	/	12,07	/	9,34	-4,39	-4,94
III	9	3,60	/	12,66	/	9,92	/	4,96	4,96
	10	3,60	3,60	1,31	18,35	11,77	14,90	-1,56	-1,56
	11	3,60	3,60	12,07	1,31	9,89	7,92	0,99	0,99
	12	/	3,60	/	12,07	/	9,46	-4,73	-4,73
IV	13	3,60	/	12,66	/	9,92	/	4,96	4,96
	14	3,60	3,60	1,31	18,35	11,77	14,90	-1,56	-1,56
	15	3,60	3,60	12,07	1,31	9,89	7,92	0,99	0,99
	16	/	3,60	/	12,07	/	9,46	-4,73	-4,73
V	17	3,60	/	12,66	/	0,85	/	3,27	7,58
	18	3,60	3,60	1,31	18,35	10,64	15,27	-1,39	-3,23
	19	3,60	3,60	12,07	1,31	10,12	7,20	0,88	2,04
	20	/	3,60	/	12,07	/	10,35	-3,11	-7,23

* MOMENTS SOUS P:

NIVEAU	NODES	q_e (t/m)	q_w (t/m)	M_e (t/m)	M_w (t/m)	M_e (t)	M_w (t)	M_n (t)	M_s (t)
I	1	0,45	-	1,51	/	0,97	/	/	0,97
	2	0,45	0,45	0,16	1,51	1,07	1,21	/	-0,14
	3	0,45	0,45	1,51	0,16	1,24	1,07	/	0,14
	4	/	0,45	/	1,51	/	0,97	/	-0,97
II	5	1,58	/	5,30	/	4,10	/	1,93	2,17
	6	1,58	1,58	0,57	5,30	3,50	4,34	-0,39	-0,44
	7	1,58	1,58	5,30	0,57	4,33	3,50	0,39	0,44
	8	/	1,58	/	5,30	/	4,10	-1,93	-2,17
III	9	1,58	/	5,30	/	4,15	/	2,07	2,07
	10	1,58	1,58	0,57	5,30	3,47	4,34	-0,43	-0,43
	11	1,58	1,58	5,30	0,57	4,34	3,47	0,43	0,43
	12	/	1,58	/	5,30	/	4,15	-2,07	-2,07
IV	13	1,58	/	5,30	/	4,15	/	2,07	2,07
	14	1,58	1,58	0,57	5,30	3,47	4,34	-0,43	-0,43
	15	1,58	1,58	5,30	0,57	4,34	3,47	0,43	0,43
	16	/	1,58	/	5,30	/	4,15	-2,07	-2,07
V	17	1,58	/	5,30	/	4,54	/	1,37	3,17
	18	1,58	1,58	0,57	5,30	3,16	4,44	-0,39	-0,90
	19	1,58	1,58	5,30	0,57	4,44	3,16	0,39	0,90
	20	/	1,58	/	5,30	/	4,54	-1,37	-3,17

* MOMENTS SOUS SIV: SEMELLES

NIVEAU	NODES	q_e	q_w (t/m)	M_e (t)	M_w (t)	M_e (t)	M_w (t)	M_n (t)	M_s (t)
I	1	0,89	-	2,98	/	1,92	/	/	1,92
	2	0,89	0,89	0,32	2,98	2,12	2,39	/	-0,27
	3	0,89	0,89	2,98	0,32	2,38	2,12	/	0,27
	4	/	0,89	/	2,98	/	1,92	/	-1,92
II	5	0,80	/	2,68	/	2,07	/	0,98	1,10
	6	0,80	0,80	0,29	2,68	1,77	2,19	-0,2	-0,22
	7	0,80	0,80	2,68	0,29	2,19	1,77	0,2	0,22
	8	/	0,80	/	2,68	/	2,07	-0,98	-1,10
III	9	0,58	/	1,94	/	1,52	/	0,76	0,76
	10	0,58	0,58	0,21	1,94	1,27	1,59	-0,16	-0,16
	11	0,58	0,58	1,94	0,21	1,59	1,27	0,16	0,16
	12	/	0,58	/	1,94	/	1,52	-0,76	-0,76
IV	13	0,36	/	1,21	/	0,95	/	0,47	0,47
	14	0,36	0,36	0,13	1,21	0,79	0,99	-0,10	-0,10
	15	0,36	0,36	1,21	0,13	0,99	0,79	0,10	0,10
	16	/	0,36	/	1,21	/	0,95	-0,47	-0,47
V	17	0,16	/	0,54	/	0,46	/	0,14	0,32
	18	0,16	0,16	0,06	0,54	0,32	0,45	-0,04	-0,09
	19	0,16	0,16	0,54	0,06	0,45	0,32	0,04	0,09
	20	/	0,16	/	0,54	/	0,46	-0,14	-0,32

MOMENTS SOUS SIV : RADIER GENERAL

NIVEAU	NOEUD	$q_e (t/m)$	$q_w (t/m)$	$M_e (tm)$	$M'_w (tm)$	$M_c (tm)$	$M_w (tm)$	$M_n (tm)$	$M_s (tm)$
I	1	0,77	/	2,58	/	1,66	/	/	1,66
	2	0,77	0,77	0,28	2,58	1,83	2,06	/	-0,23
	3	0,77	0,77	2,58	0,28	2,06	1,83	/	0,23
	4	/	0,77	/	2,58	/	1,66	/	-1,66
II	5	0,69	/	2,31	/	1,78	/	0,84	0,95
	6	0,69	0,69	0,25	2,31	1,53	1,89	-0,17	-0,19
	7	0,69	0,69	2,31	0,25	1,89	1,53	0,17	0,19
	8	/	0,69	/	2,31	/	1,78	-0,84	-0,95
III	9	0,50	/	1,68	/	1,31	/	0,65	0,65
	10	0,50	0,50	0,18	1,68	1,10	1,37	-0,14	-0,14
	11	0,50	0,50	1,68	0,18	1,37	1,10	0,14	0,14
	12	/	0,50	/	1,68	/	1,31	-0,65	-0,65
IV	13	0,31	/	1,04	/	0,82	/	0,40	0,41
	14	0,31	0,31	0,11	1,04	0,68	0,85	-0,09	-0,09
	15	0,31	0,31	1,04	0,11	0,85	0,68	0,09	0,09
	16	/	0,31	/	1,04	/	0,82	-0,40	-0,41
V	17	0,13	/	0,44	/	0,37	/	0,11	0,26
	18	0,13	0,13	0,05	0,44	0,26	0,37	-0,03	-0,07
	19	0,13	0,13	0,44	0,05	0,37	0,26	0,03	0,07
	20	/	0,13	/	0,44	/	0,37	-0,11	-0,26

Ⓔ EFFORTS TRANCHANTS - TABLEAUX RECAPITULATIF:

· Énoncé précédemment pour le cas du postique I-I, la méthode de calcul (conforme à l'annexe A₁₃ du C.C.B.A 68) sous la même

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

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

$$x=l \Rightarrow T = -q \cdot \frac{l}{2} + \frac{M_e - M_w}{l}$$

EFFORTS TRANCHANTS SOUS G:

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M_e (t)	M_w (t)	T_e x=0	T_w x=l
I	1-2	3,50	7,56	9,40	11,39	-11,95
	2-3	3,50	8,35	8,35	3,85	-3,85
	3-4	3,50	9,40	7,56	11,95	-11,39
II	5-6	3,60	9,79	14,86	11,25	-12,76
	6-7	3,60	11,88	7,99	5,73	-2,19
	7-8	3,60	9,87	9,34	12,08	-11,93
III	9-10	3,60	9,92	14,90	11,26	-12,75
	10-11	3,60	11,77	7,92	5,71	-2,21
	11-12	3,60	9,89	9,46	12,07	-11,94
IV	13-14	3,60	9,92	14,90	11,26	-12,75
	14-15	3,60	11,77	7,92	5,71	-2,21
	15-16	3,60	9,89	9,46	12,07	-11,94
V	17-18	3,60	10,85	15,27	11,34	-12,67
	18-19	3,60	10,64	7,20	5,52	-2,39
	19-20	3,60	10,12	10,35	11,97	-12,04

EFFORTS TRANCHANTS SOUS D:

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M_e (t)	M_w	T_e x=0	T_w x=l
I	1-2	0,45	0,97	1,21	1,46	-1,53
	2-3	0,45	1,07	1,07	0,50	-0,50
	3-4	0,45	1,24	0,97	1,54	-1,46
II	5-6	1,58	4,10	4,34	5,23	-5,30
	6-7	1,58	3,50	3,50	1,74	-1,74
	7-8	1,58	4,33	4,10	5,30	-5,23
III	9-10	1,58	4,15	4,34	5,24	-5,30
	10-11	1,58	3,47	3,47	1,74	-1,74
	11-12	1,58	4,34	4,15	5,30	-5,24
IV	13-14	1,58	4,15	4,34	5,24	-5,30
	14-15	1,58	3,47	3,47	1,74	-1,74
	15-16	1,58	4,34	4,15	5,30	-5,24
V	17-18	1,58	4,54	4,44	5,28	-5,25
	18-19	1,58	3,16	3,16	1,74	-1,74
	20-21	1,58	4,44	4,54	5,25	-5,30

EFFORTS TRANCHANÉS SOUS SIV: SEMELLES.

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	Me (t.m)	Mw (t.m)	Te x=0	Tw x=l
I	1-2	0.89	1.92	2.39	2.90	-3.04
	2-3	0.89	2.12	2.12	0.98	-0.98
	3-4	0.89	2.38	1.92	3.04	-2.90
II	5-6	0.80	2.07	2.19	2.65	-2.69
	6-7	0.80	1.77	1.77	0.98	-0.88
	7-8	0.80	2.19	2.07	2.69	-2.65
III	9-10	0.58	1.52	1.59	1.92	-1.95
	10-11	0.58	1.27	1.27	0.64	-0.64
	11-12	0.58	1.59	1.52	1.95	-1.92
IV	13-14	0.36	0.95	0.99	1.19	-1.21
	14-15	0.36	0.79	0.79	0.40	-0.40
	15-16	0.36	0.99	0.95	1.21	-1.19
V	17-18	0.16	0.46	0.45	0.54	-0.53
	18-19	0.16	0.32	0.32	0.18	-0.18
	19-20	0.16	0.45	0.46	0.53	-0.54

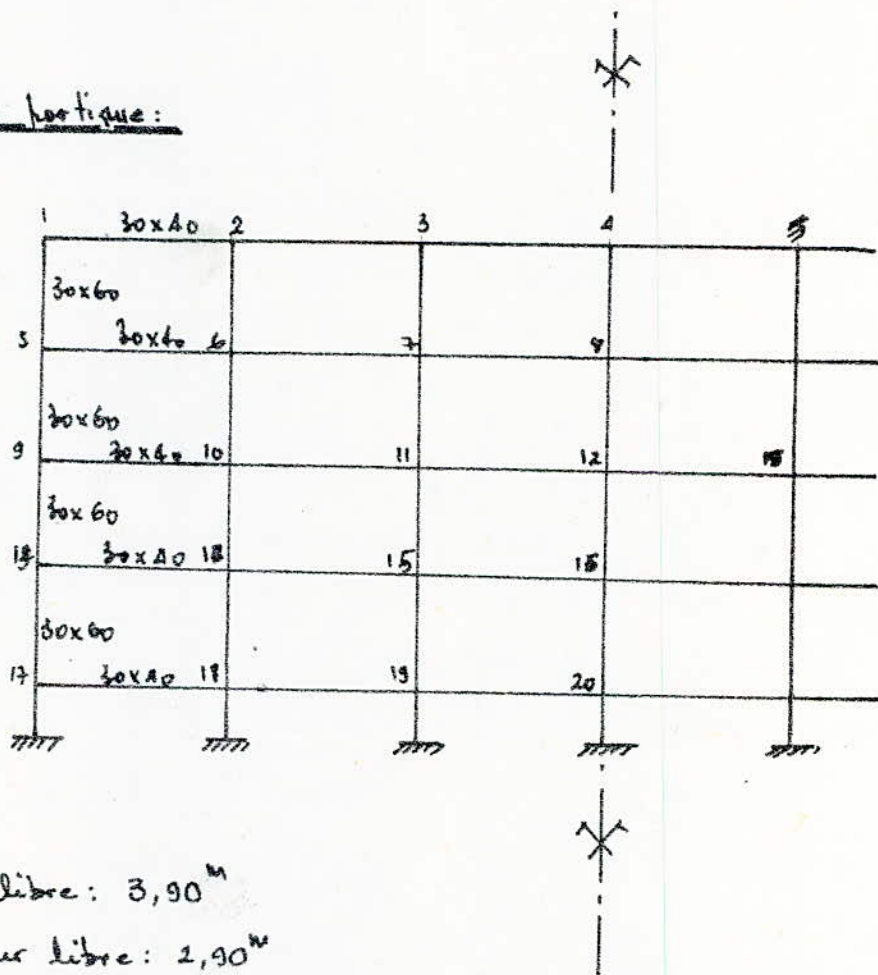
EFFORTS TRANCHANÉS SOUS SIV: RADIER.

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	Me (tm)	Mw (tm)	Te (t) x=0	Tw (t) x=l
I	1-2	0.77	1.66	2.06	2.51	-2.63
	2-3	0.77	1.83	1.83	0.85	-0.85
	3-4	0.77	2.06	1.66	2.63	-2.51
II	5-6	0.69	1.78	1.89	2.28	-2.31
	6-7	0.69	1.53	1.53	0.76	-0.76
	7-8	0.69	1.89	1.78	2.31	-2.28
III	9-10	0.50	1.31	1.37	1.66	-1.68
	10-11	0.50	1.10	1.10	0.55	-0.55
	11-12	0.50	1.37	1.31	1.68	-1.66
IV	13-14	0.31	0.82	0.85	1.03	-1.04
	14-15	0.31	0.68	0.68	0.34	-0.34
	15-16	0.31	0.85	0.82	1.04	-1.03
V	17-18	0.13	0.37	0.37	0.43	-0.43
	18-19	0.13	0.26	0.26	0.14	-0.14
	19-20	0.13	0.37	0.37	0.43	-0.43

I) TABLEAU RÉCAPITULATIF - CHARGES VERTICALES

NIVEAU	G (t/ml)	P (t/ml)	Semelle	radier.
			SIV (t/ml)	SIV (t/ml)
I	1.29	0.065	0.78	0.68
II	1.09	0.23	0.58	0.50
III	1.09	0.23	0.42	0.37
IV	1.09	0.23	0.27	0.23
V	1.09	0.23	0.11	0.09

Schema du portique:



- Portée libre: 3,90^m
- hauteur libre: 2,90^m

II. CARACTERISTIQUES GEOMETRIQUES DU PORTIQUE

NIVEAU	I			II			III			IV			V							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Noeud	-	3.9	3.9	3.9	-	3.9	3.9	3.9	-	3.9	3.9	3.9	-	3.9	3.9	3.9	-	3.9	3.9	3.9
l_w	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9	3.9
l_{ha}	-	-	-	-	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
l_{hs}	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
$I_{wi}I_e$	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
I_n	-	-	-	-	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
I_s	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
l'_{lw}	-	3.12	3.12	3.12	-	3.12	3.12	3.12	-	3.12	3.12	3.12	-	3.12	3.12	3.12	-	3.12	3.12	3.12
l'_{le}	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12	3.12
l'_{ln}	-	-	-	-	2.61	2.61	2.61	2.61	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
l'_{ls}	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32	2.32
K_{w1}	-	5.13	5.13	5.13	-	5.13	5.13	5.13	-	5.13	5.13	5.13	-	5.13	5.13	5.13	-	5.13	5.13	5.13
K_e	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13	5.13
K_n	-	-	-	-	5.17	5.17	5.17	5.17	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
K_s	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82	5.82
D	10.95	16.08	16.08	16.08	16.12	21.25	21.25	21.25	16.97	21.9	21.9	21.9	16.79	21.9	21.9	21.9	14.45	24.58	24.58	24.58

127

II. DETERMINATION DES MOMENTS AUX NOEUDS:

$$M_w = M'_e \cdot \frac{K_w}{D} + M'_w \left(1 - \frac{K_w}{D}\right); \quad M_e = M'_e \cdot \left(1 - \frac{K_e}{D}\right) + M'_w \cdot \frac{K_e}{D}$$

$$M_s = \frac{K_s}{D} (M'_e - M'_w); \quad M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

TABLEAUX RECAPITULATIFS:

+ MOMENTS SOUS G:

NIVEAU	NOEUD	q_e (t/m)	q_w (t/m)	M'_e (t)	M'_w (t)	M_e (t)	M_w (t)	M_n (t.w)	M_s (t.m)
I	1	1.29	/	1.47	/	0.78	/	/	0.78
	2	1.29	1.29	1.47	1.47	1.47	1.47	/	/
	3	1.29	1.29	1.47	1.47	1.47	1.47	/	/
	4	1.29	1.29	1.47	1.47	1.47	1.47	/	/
II	5	1.09	/	1.25	/	0.85	/	0.40	0.45
	6	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	7	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	8	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
III	9	1.09	/	1.25	/	0.87	/	0.43	0.44
	10	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	11	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	12	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
IV	13	1.09	/	1.25	/	0.87	/	0.43	0.33
	14	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	15	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	16	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
V	17	1.09	/	1.25	/	0.99	/	0.30	0.69
	18	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	19	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/
	20	1.09	1.09	1.25	1.25	1.25	1.25	/	/

MOMENTS SOUS (P) :

V.23

NIVEAU	NOSUD	q_e (t/m)	q_w (t/m)	M'_e (t.m)	M'_w (t.m)	M_e	M_w (t.m)	M_η	M_s
I	1	0,065	/	0,08	/	0,04	/	/	0,04
	2	0,065	0,065	0,08	0,08	0,08	0,08	/	/
	3	0,065	0,065	0,08	0,08	0,08	0,08	/	/
	4	0,065	0,065	0,08	0,08	0,08	0,08	/	/
II	5	0,23	/	0,26	/	0,18	/	0,08	0,10
	6	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	7	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	8	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
III	9	0,23	/	0,26	/	0,18	/	0,09	0,09
	10	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	11	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	12	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
IV	13	0,23	/	0,26	/	0,18	/	0,09	0,09
	14	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	15	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	16	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
V	17	0,23	/	0,26	/	0,21	/	0,06	0,14
	18	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	19	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/
	20	0,23	0,23	0,26	0,26	0,26	0,26	/	/

MOMENTS SOUS (SI_v) :

SEMELLES

NIVEAU	NOSUD	q_e (t/m)	q_w (t/m)	M'_e (t.m)	M'_w (t.m)	M_e (t.m)	M_w (t.m)	M_η (t.m)	M_s (t.m)
I	1	0,78	/	0,89	/	0,47	/	/	0,47
	2	0,78	0,78	0,89	0,89	0,89	0,89	/	/
	3	0,78	0,78	0,89	0,89	0,89	0,89	/	/
	4	0,78	0,78	0,89	0,89	0,89	0,89	/	/
II	5	0,58	/	0,66	/	0,45	/	0,21	0,24
	6	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
	7	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
	8	0,58	0,58	0,66	0,66	0,66	0,66	/	/
III	9	0,42	/	0,48	/	0,33	/	0,17	0,16
	10	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
	11	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
	12	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48	/	/
IV	13	0,27	/	0,31	/	0,21	/	0,11	0,10
	14	0,27	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	/	/
	15	0,27	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	/	/
	16	0,27	0,27	0,31	0,31	0,31	0,31	/	/
V	17	0,11	/	0,13	/	0,11	/	0,03	0,08
	18	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/
	19	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/
	20	0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,13	/	/

MOMENTS SOUS (S.E.V) : RADIER GENERAL

NIVEAU	NOEUD	q_e (t/m)	q_w (t/m)	M'_e (t.m)	M'_w (t.m)	M_e (t.m)	M_w (t.m)	M_n (t.m)	M_s (t.m)
I	1	0.68	/	0.79	/	0.42	/	/	0.42
	2	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79	0.79	/	/
	3	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79	0.79	/	/
	4	0.68	0.68	0.79	0.79	0.79	0.79	/	/
II	5	0.50	/	0.57	/	0.38	/	0.18	0.20
	6	0.50	0.50	0.57	0.57	0.57	0.57	/	/
	7	0.50	0.50	0.57	0.57	0.57	0.57	/	/
	8	0.50	0.50	0.57	0.57	0.57	0.57	/	/
III	9	0.37	/	0.42	/	0.28	/	0.14	0.14
	10	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	/	/
	11	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	/	/
	12	0.37	0.37	0.42	0.42	0.42	0.42	/	/
IV	13	0.23	/	0.26	/	0.18	/	0.09	0.09
	14	0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	/	/
	15	0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	/	/
	16	0.23	0.23	0.26	0.26	0.26	0.26	/	/
V	17	0.09	/	0.10	/	0.08	/	0.02	0.06
	18	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	/	/
	19	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	/	/
	20	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.10	/	/

IV - EFFORTS TRANCHANTS SOUS (E) :

$l = 3,90^m$

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _e x=0	T _w x=l
I	1-2	1.29	1.47	0.78	2.34	-2.69
	2-3	1.29	1.47	1.47	2.51	-2.51
II	5-6	1.09	1.25	0.95	2.02	-2.22
	6-7	1.09	1.25	1.25	2.12	-2.12
III	9-10	1.09	1.25	0.87	2.03	-2.22
	10-11	1.09	1.25	1.25	2.12	-2.12
IV	13-14	1.09	1.25	0.87	2.03	-2.22
	14-15	1.09	1.25	1.25	2.12	-2.12
V	17-18	1.09	1.25	0.99	2.06	-2.19
	18-19	1.09	1.25	1.25	2.12	-2.12

EFFORTS TRANCHANTS SOUS (P) :

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M _w (t.m)	M _e (t.m)	T _e x=0	T _w x=l
I	1-2	0.065	0.08	0.04	0.12	-0.14
	2-3	0.065	0.09	0.08	0.13	-0.13
II	5-6	0.23	0.26	0.18	0.43	-0.47
	6-7	0.23	0.26	0.26	0.45	-0.45
III	9-10	0.23	0.26	0.18	0.43	-0.47
	10-11	0.23	0.26	0.26	0.45	-0.45
IV	13-14	0.23	0.26	0.18	0.43	-0.47
	14-15	0.23	0.26	0.26	0.45	-0.45
V	17-18	0.23	0.26	0.21	0.43	-0.46
	18-19	0.23	0.26	0.26	0.45	-0.45

EFFORTS TRANCHANTS SOUS S.I.V ↓ : SEMELLES.

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M _e (t.m)	M _w (t.m)	T _e	T _w
I	1-2	0.78	0.47	0.89	1,41	-1,63
	2-3	0.78	0.89	0,89	1,52	-1,52
II	5-6	0.58	0.45	0,66	1,08	-1,18
	6-7	0.58	0.66	0,66	1,13	-1,13
III	9-10	0.42	0.33	0,48	0,78	-0,86
	10-11	0.42	0.48	0,48	0,82	-0,82
IV	13-14	0.27	0.21	0,31	0,50	-0,55
	14-15	0.27	0.31	0,31	0,53	-0,53
V	17-18	0,11	0,11	0,13	0,21	-0,22
	18-19	0,11	0,13	0,13	0,21	-0,21

EFFORTS TRANCHANTS SOUS S.I.V : RADIER. GENERAL.

NIVEAU	TRAVEE	q (t/m)	M _e (t.m)	M _w (t.m)	T _e (t)	T _w (t)
I	1-2	0.68	0.42	0,79	1,23	-1,42
	2-3	0.68	0,79	0,79	1,32	-1,32
II	5-6	0.50	0.38	0,57	0,93	-1,02
	6-7	0.50	0,57	0,57	0,97	-0,97
III	9-10	0.37	0.28	0,42	0,68	-0,75
	10-11	0.37	0,42	0,42	0,72	-0,72
IV	13-14	0.23	0,18	0,26	0,43	-0,46
	14-15	0.23	0,26	0,26	0,45	-0,45
V	17-18	0.09	0.08	0,10	0,17	-0,18
	18-19	0.09	0,10	0,10	0,17	-0,17

SUPERPOSITION. DES
DIFFERENTES
SOLLICITATIONS

superposition des différentes sollicitations

Combinaisons des charges: En envisageant les combinaisons de sollicitations

de l'article 7 du C.C.B.A. 68 qui formule:

art. 7.1. Dans les justifications de calcul relatives à l'équilibre statique, à la résistance et à la stabilité de forme, on prend en compte les sollicitations dites pondérées définies ci-dessous:

* art 7.5: sollicitations totales pondérées du 1^{er} genre:

$$\left\{ \begin{array}{l} (S_1) = (G) + 1,2(P) + (T) \\ (S'_1) = (G) + (P) + (V) + (T) \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{justification du} \\ \text{type habituel.} \end{array} \right.$$

- la pondération des surcharges γ a pour but de tenir compte de ce que les effets des efforts susceptibles de varier peuvent être plus élevés que ceux des efforts permanents.

* art 7.6: sollicitations totales pondérées du 2^{ème} genre:

$$\left\{ \begin{array}{l} (S_2) = (G) + 1,5(P) + 1,5(V) + (T) \\ (S'_2) = (G) + (P) + \gamma_w(W) + (T) \\ (S''_2) = (G) + (P) + (T) + (SI) \end{array} \right. \left. \begin{array}{l} \text{vérification de} \\ \text{la sécurité par} \\ \text{rapport aux} \\ \text{surcharges} \end{array} \right.$$

• γ_w : dépend des surcharges d'exploitation.

$$\gamma_w = \begin{cases} 1,10 - 0,5 \frac{(P_{gmax})}{(G)} & \text{si } P_{gmax} < 0,2(G) \\ 1 & \text{si } P_{gmax} \geq 0,2(G) \end{cases}$$

• P_{gmax} : sollicitation maximale développée par les surcharges pesantes d'exploitation

* art. 7.2:

(G): sollicitation due à la charge permanente

(P): sollicitation due aux surcharges d'exploitation γ compris leur majoration éventuelle d'effets dynamiques

(V): sollicitation due aux charges climatiques normales

(W): sollicitation due aux charges climatiques extrêmes

(T): sollicitation due aux effets de la température et au retrait.

V/a

(SI_v) : sollicitation due aux séismes.

Ceci ayant été défini dans un cadre général, nous l'appliquons pour le cas de l'ouvrage considéré :

1. La sollicitation due aux effets de la température et du retrait n'est pas à considérer, car il y a un joint de dilatation de brique dans le bâtiment.
2. La sollicitation due aux effets du vent sera négligée devant celle développée par les surcharges pesantes d'exploitation (qui est plus pondérante) en raison de la faible hauteur du bâtiment.
3. De même pour les sollicitations du 2^{ème} genre ; la sollicitation due aux séismes (SI) est pondérante devant celle due aux surcharges climatiques.

Enfin, les combinaisons à considérer seront :

$$1^{\text{er}} \text{ genre : } (S_1) = (G) + 1,2 (P)$$

$$2^{\text{ème}} \text{ genre : } (S_2) = (G) + (P) + (SI)$$

(C.C.B.A. 68)

En ce qui concerne les sollicitations du 2^{ème} genre, nous nous référons au P.S. 69 qui préconise les sollicitations résultantes à prendre en compte (art 3,103) :

a - sollicitation due aux charges et surcharges définies à l'article 3,101 du P.S. 69 : $G + \frac{P}{5}$ (bâtiment assimilé) à laquelle il convient d'associer pour obtenir la combinaison la plus défavorable.

Les sollicitations d'origines diverses : elles résultent de la combinaison des systèmes (SI_H) ; (SI_v) et (ST) (art 3,111-2 . P.S. 69) avec :

* (SI_H) : systèmes de forces horizontales

* (SI_v) : systèmes de forces verticales

* (ST) : torsion d'ensemble

Dans notre cas, comme il a été convenu dans l'étude de la torsion, nous ne tenons compte des systèmes (ST).

VI.b

Finalement la combinaison à considérer est :

$$S'_2 = \left(G + \left(\frac{P}{5}\right)\right) + SI \quad \text{75.69}$$

En conclusion, il y a 3 combinaisons à considérer :

$$\begin{aligned} (S_1) &= (G) + 1,2(P) & (1) \\ (S_2) &= (G) + (P) \pm SI_H \pm SI_V & (2) \\ (S'_2) &= \left(G + \left(\frac{P}{5}\right)\right) \pm SI_H \pm SI_V & (3) \end{aligned}$$

Il peut y avoir une action simultanée du système de forces horizontales et verticales dues au séisme.

MOMENTS EN TRAVÉE : (art. A12. CC BA.68)

• La détermination des moments en travée se fera par les tracés des courbes des moments de la travée indépendamment suivant les cas de charges suivants :

* charges permanentes : (G)

* charges permanentes et surcharges : (G) + 1,2(P)

on prendra comme ligne de fermeture :

- la courbe qui joint les moments d'appui minimaux (en valeur absolue) dans le cas de moments positifs

- la courbe qui joint les moments d'appui maximaux (en valeur absolue aussi) dans le cas de moments négatifs

Dans notre cas de charge, en les supposant indépendantes.

$$\underline{\text{Ex:}} \left(M_t (G+1,2P) = M_o (G+1,2P) - \frac{M_w(G) + M_e(G)}{2} \right)$$

POUTRES

COMBINAISON DES

EFFORTS DANS

LES POUTRES

— FERRAILLAGE —

VII.1

COMBINAISON DES EFFORTS DANS LES POUTRES.
===== FERRAILLAGE. =====

Calcul des moments M_0 :

$$M_0 (G+1,2.P) = (q_G + 1,2 \cdot q_P) \cdot \frac{l^2}{8}$$

$$M_0 (G+P+SI_V \downarrow) = (q_G + q_P + q_{SI_V \downarrow}) \cdot \frac{l^2}{8}$$

$$M_0 (G+P+SI_V \uparrow) = (q_G + q_P + q_{SI_V \uparrow}) \cdot \frac{l^2}{8}$$

calcul des moments aux appuis:

$$M_{ap} (G+1,2.P) = M_a (G) + 1,2 M_a (P)$$

$$M_a (G+P+SI_V \downarrow + \overrightarrow{SI_H}) = M_a (G) + M_a (P) + M_a (SI_V \downarrow) + M_a (\overrightarrow{SI_H})$$

$$M_a (G+P+SI_V \uparrow + \overleftarrow{SI_H}) = M_a (G) + M_a (P) + M_a (SI_V \uparrow) + M_a (\overleftarrow{SI_H})$$

$$M_a (G+P+SI_V \downarrow + \overleftarrow{SI_H}) = M_a (G) + M_a (P) + M_a (SI_V \downarrow) + M_a (\overleftarrow{SI_H})$$

$$M_a (G+P+SI_V \uparrow + \overrightarrow{SI_H}) = M_a (G) + M_a (P) + M_a (SI_V \uparrow) + M_a (\overrightarrow{SI_H})$$

calcul des moments en travée:

$$M_t (G+1,2.P) = M_0 (G+1,2.P) - \frac{M_e (G) + M_w (G)}{2}$$

$$M_t (G+P+SI_V \downarrow + \overrightarrow{SI_H}) = M_0 (G+P+SI_V \downarrow) - \frac{M_e (G) + M_w (G)}{2} + M_t (\overrightarrow{SI_H})$$

$$M_t (G+P+SI_V \uparrow + \overleftarrow{SI_H}) = M_0 (G+P+SI_V \uparrow) - \frac{M_e (G) + M_w (G)}{2} + M_t (\overleftarrow{SI_H})$$

$$M_t (G+P+SI_V \downarrow + \overleftarrow{SI_H}) = M_0 (G+P+SI_V \downarrow) - \frac{M_e (G) + M_w (G)}{2} + M_t (\overleftarrow{SI_H})$$

$$M_t (G+P+SI_V \uparrow + \overrightarrow{SI_H}) = M_0 (G+P+SI_V \uparrow) - \frac{M_e (G) + M_w (G)}{2} + M_t (\overrightarrow{SI_H})$$

Efforts tranchants aux appuis:

$$T_a (G+1,2.P) = T_a (G) + 1,2 \cdot T_a (P)$$

$$T_a (G+P+SI_V \downarrow + \overleftrightarrow{SI_H}) = T_a (G) + T_a (P) + T_a (SI_V \downarrow) + T_a (\overleftrightarrow{SI_H})$$

$$T_a (G+P+SI_V \uparrow + \overleftrightarrow{SI_H}) = T_a (G) + T_a (P) + T_a (SI_V \uparrow) + T_a (\overleftrightarrow{SI_H})$$

MOMENTS dans les POUTRES - RADIER - PORTIQUE I-I (t.m.)

NIVEAU	TRAVÉE	$M_e + M_w$		$G + I, 2. P$		$G + P + S_{I \downarrow}$		$G + P + S_{I \uparrow}$		G		P		S _{I \downarrow}		S _{I \uparrow}		S _{I \downarrow}		S _{I \uparrow}	
		q	M ₀	q	M ₀	q	M ₀	q	M ₀	q	M ₀	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w	M _e	M _w
I	1-2	1.50	1.60	3.04	2.28	4.33	0.86	1.63	-1.35	-1.65	-0.12	-0.15	-0.66	-0.81	0.66	0.81	5.90	-3.68	-5.90	3.68	
	2-3	1.65	1.60	3.04	2.28	4.33	0.96	1.63	-1.65	-1.65	-0.15	-0.15	-0.81	-0.81	0.81	0.81	3.68	-3.68	-3.68	3.68	
	3-4	1.65	1.60	3.04	2.28	4.33	0.86	1.63	-1.65	-1.65	-0.15	-0.15	-0.81	-0.81	0.81	0.81	3.68	-3.68	-3.68	3.68	
II	5-6	1.66	2.08	3.95	2.57	4.88	1.41	2.68	-1.57	-1.76	-0.46	-0.52	-0.59	-0.66	0.59	0.66	13.02	-8.13	-13.02	8.13	
	6-7	1.76	2.08	3.95	2.57	4.88	1.41	2.68	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.66	-0.66	0.66	0.66	8.13	-8.13	-8.13	8.13	
	7-8	1.76	2.08	3.95	2.57	4.88	1.41	2.68	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.66	-0.66	0.66	0.66	8.13	-8.13	-8.13	8.13	
III	9-10	1.76	2.08	3.95	2.41	4.58	1.57	2.98	-1.58	-1.76	-0.47	-0.52	-0.43	-0.48	0.43	0.48	19.58	-11.61	-18.58	11.61	
	10-11	1.76	2.08	3.95	2.41	4.58	1.57	2.98	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.48	-0.48	0.48	0.48	11.61	-11.61	-11.61	11.61	
	11-12	1.76	2.08	3.95	2.41	4.58	1.57	2.98	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.48	-0.48	0.48	0.48	11.61	-11.61	-11.61	11.61	
IV	13-14	1.67	2.08	3.95	2.25	4.28	1.73	3.29	-1.58	-1.76	-0.44	-0.52	-0.26	-0.30	0.26	0.30	22.33	-13.94	-22.33	13.94	
	14-15	1.76	2.08	3.95	2.25	4.28	1.73	3.29	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.30	-0.30	0.30	0.30	13.94	-13.94	-13.94	13.94	
	15-16	1.76	2.08	3.95	2.25	4.28	1.73	3.29	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.30	-0.30	0.30	0.30	13.94	-13.94	-13.94	13.94	
V	17-18	1.70	2.08	3.95	2.10	3.99	1.88	3.57	-1.65	-1.76	-0.49	-0.52	-0.11	-0.13	0.11	0.13	19.92	-12.44	-19.92	12.44	
	18-19	1.76	2.08	3.95	2.10	3.99	1.88	3.57	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.13	-0.13	0.13	0.13	12.44	-12.44	-12.44	12.44	
	19-20	1.76	2.08	3.95	2.10	3.99	1.88	3.57	-1.76	-1.76	-0.52	-0.52	-0.13	-0.13	0.13	0.13	12.44	-12.44	-12.44	12.44	

Moments: t.m

7/17

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1,2.P			G + P + SIV + SIV			G + P + SIV + SIV			G + P + SIV + SIV			G + P + SIV + SIV		
		Me	ML	Mw	Me	ML	Mw	Me	ML	Mw	Me	ML	Mw	Me	ML	Mw
I	1-2	-1.49	1.54	-1.83	4.51	4.30	-6.96	-8.99	1.78	1.48	6.05	1.19	-5.08	-4.45	-1.33	3.36
	2-3	-1.83	1.35	-1.83	1.48	2.89	-6.96	-6.96	2.89	1.48	3.36	-0.22	-5.08	-5.08	-0.22	3.36
	3-4	-1.83	1.39	-1.83	1.48	2.89	-6.96	-6.96	2.89	1.48	3.36	-0.22	-5.08	-5.08	-0.22	3.36
II	5-6	-2.12	2.29	-2.38	12.20	6.19	-12.38	-17.64	0.61	6.28	13.58	3.64	-10.84	-16.26	-1.94	7.82
	6-7	-2.38	2.19	-2.38	6.28	3.30	-12.38	-12.38	3.30	6.28	7.82	0.75	-10.84	-10.84	0.75	7.82
	7-8	-2.38	2.19	-2.38	6.28	3.30	-12.38	-12.38	3.30	6.28	7.82	0.75	-10.84	-10.84	0.75	7.82
III	9-10	-2.14	2.28	-2.38	18.76	7.03	-16.13	-23.86	-0.97	10.47	19.76	5.20	-15.03	-22.86	-2.80	11.57
	10-11	-2.38	2.19	-2.38	10.47	2.94	-16.13	-16.13	2.94	10.47	11.57	1.11	-15.03	-15.03	1.11	11.57
	11-12	-2.38	2.19	-2.38	10.47	2.94	-16.13	-16.13	2.94	10.47	11.57	1.11	-15.03	-15.03	1.11	11.57
IV	13-14	-2.14	2.28	-2.38	23.28	7.49	-18.62	-27.98	-2.13	13.38	23.88	6.35	-17.94	-27.38	-3.27	14.06
	14-15	-2.38	2.19	-2.38	13.38	2.59	-18.63	-18.62	2.59	13.38	14.06	1.45	-17.94	-17.94	1.45	14.06
	15-16	-2.38	2.19	-2.38	13.38	2.59	-18.62	-18.62	2.59	13.38	14.06	1.45	-17.94	-17.94	1.45	14.06
V	17-18	-2.24	2.25	-2.38	20.61	6.61	-16.70	-25.15	-1.99	11.86	20.87	6.15	-16.42	-24.89	-2.45	12.14
	18-19	-2.38	2.19	-2.38	11.86	2.25	-16.70	-16.70	2.25	11.86	12.14	1.79	-16.42	-16.42	1.79	12.14
	19-20	-2.38	2.19	-2.38	11.86	2.25	-16.70	-16.70	2.25	11.86	12.14	1.79	-16.42	-16.42	1.79	12.14

Combinaison des moments dans les poutres - RASIER - PORTIQUE I-I. (t/m)

V.5

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1/2.P			G + P + S _V ↓ + S _H →			G + P + S _V ↓ + S _H ←			G + P + S _V ↑ + S _H →			G + P + S _V ↑ + S _H ←		
		M _e	M _t	M _w	M _e	M _t	M _w	M _e	M _t	M _w	M _e	M _t	M _w	M _e	M _t	M _w
I	1-2	-1.49	1.54	-1.83	3.77	3.94	-6.29	-8.03	1.72	1.07	5.09	1.24	-4.67	-6.71	-0.98	2.69
	2-3	-1.83	1.39	-1.83	1.07	2.68	-6.29	-6.29	2.68	1.07	2.69	-0.02	-4.67	-4.67	-0.02	2.69
	3-4	-1.83	1.39	-1.83	1.07	2.68	-6.29	-6.29	2.68	1.07	2.69	-0.02	-4.67	-4.67	-0.02	2.69
	5-6	-2.12	2.29	-2.38	10.40	5.66	-11.07	-15.64	0.78	5.19	11.58	3.46	-9.75	-14.46	-1.42	6.51
II	6-7	-2.38	2.19	-2.38	5.19	3.12	-11.07	-11.07	3.12	5.19	6.51	0.92	-9.75	-9.75	0.92	6.51
	7-8	-2.38	2.19	-2.38	5.19	3.12	-11.07	-11.07	3.12	5.19	6.51	0.92	-9.75	-9.75	0.92	6.51
	9-10	-2.14	2.28	-2.38	16.10	6.39	-14.37	-21.06	-0.57	8.85	16.96	4.79	-13.41	-20.20	-2.17	9.81
	10-11	-2.38	2.19	-2.38	8.85	2.82	-14.37	-14.37	2.82	8.85	9.81	1.22	-13.41	-13.41	1.22	9.81
III	11-12	-2.38	2.19	-2.38	8.85	2.82	-14.37	-14.37	2.82	8.85	9.81	1.22	-13.41	-13.41	1.22	9.81
	13-14	-2.14	2.28	-2.38	20.02	6.81	-16.52	-24.64	-1.59	11.36	20.54	5.82	-15.92	-24.12	-2.58	11.96
	14-15	-2.38	2.19	-2.38	11.36	2.52	-16.52	-16.52	2.52	11.36	11.96	1.53	-15.92	-15.92	1.53	11.96
	15-16	-2.38	2.19	-2.38	11.36	2.52	-16.52	-16.52	2.52	11.36	11.96	1.53	-15.92	-15.92	1.53	11.96
IV	14-18	-2.24	2.25	-2.38	17.67	6.03	-14.85	-22.17	-1.45	10.03	17.89	5.61	-14.61	-21.95	-1.87	10.29
	18-19	-2.38	2.19	-2.38	10.03	2.23	-14.85	-14.85	2.23	10.03	10.29	1.81	-14.61	-14.61	1.81	10.29
	19-20	-2.38	2.19	-2.38	10.03	2.23	-14.85	-14.85	2.23	10.03	10.29	1.81	-14.61	-14.61	1.81	10.29

V.6

effort tranchant : en T

COMBINAISON des efforts tranchants dans les poutres - PORTIQUE I-I

I . SEMELLES . I

NIVEAU	TRAVEE	S _{P1}		S _{P2} max	
		G + 1,2 P T _e	T _w	G + P + S _{IV} + S _{IV} T _e	T _w
I	1-2	3.03	-3.15	7.34	-7.55
	2-3	3.10	-3.10	6.81	-6.81
	3-4	3.10	-3.10	6.81	-6.81
II	5-6	3.98	-4.12	11.31	-11.48
	6-7	4.06	-4.06	9.86	-9.96
	7-8	4.06	-4.06	9.96	-9.96
III	9-10	3.99	-4.12	13.01	-13.76
	10-11	4.06	-4.06	11.64	-11.64
	11-12	4.06	-4.06	11.64	-11.64
IV	13-14	3.99	-4.12	15.06	-15.20
	14-15	4.06	-4.06	12.66	-12.66
	15-16	4.06	-4.06	12.66	-12.66
V	17-18	3.99	-4.12	13.60	-13.69
	18-19	4.06	-4.06	11.43	-11.43
	19-20	4.06	-4.06	11.43	-11.43

I . RADIER . I

NIVEAU	TRAVEE	S _{P1}		S _{P2} max	
		G + 1,2 P T _e	T _w	G + P + S _{IV} + S _{IV} T _e	T _w
I	1-2	3.03	-3.15	6.78	-6.97
	2-3	3.10	-3.10	6.32	-6.32
	3-4	3.10	-3.10	6.32	-6.32
II	5-6	3.98	-4.12	10.34	-10.34
	6-7	4.06	-4.06	9.18	-9.18
	7-8	4.06	-4.06	9.18	-9.18
III	9-10	3.99	-4.12	12.37	-12.51
	10-11	4.06	-4.06	10.65	-10.65
	11-12	4.06	-4.06	10.65	-10.65
IV	13-14	3.99	-4.12	13.62	-13.76
	14-15	4.06	-4.06	11.54	-11.54
	15-16	4.06	-4.06	11.54	-11.54
V	17-18	3.99	-4.12	12.35	-12.44
	18-19	4.06	-4.06	10.47	-10.47
	19-20	4.06	-4.06	10.47	-10.47

MOMENTS DANS LES POUTRES - SEMELES - PORTIQUE III - III

NIVEAU	TRAVÉE	M _e + M _w		G + P + S _{int} ↓		G + P + S _{int} ↑		G		P		Siv ↓		Siv ↑		S _{iH} ↓		S _{iH} ↑	
		q	M ₀	q	M ₀	q	M ₀	Mc	M _w	Mc	M _w	Mc	M _w	Mc	M _w	Mc	M _w	Mc	M _w
I	1-2	1,39	2,64	2,14	4,06	0,58	1,09	-0,78	-1,47	-0,04	-0,08	-0,47	-0,89	0,47	0,89	6,43	-4,00	-6,43	4,00
	2-3	1,39	2,64	2,14	4,06	0,58	1,09	-1,47	-1,47	-0,08	-0,08	-0,89	-0,89	0,89	0,89	4,00	-4,00	-4,00	4,00
	3-4	1,39	2,64	2,14	4,06	0,58	1,09	-1,47	-1,47	-0,08	-0,08	-0,89	-0,89	0,89	0,89	4,00	-4,00	-4,00	4,00
II	5-6	1,37	2,60	1,90	3,61	0,74	1,41	-0,85	-1,25	-0,18	-0,26	-0,45	-0,66	0,45	0,66	13,79	-8,62	-13,79	8,62
	6-7	1,37	2,60	1,90	3,61	0,74	1,41	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,66	-0,66	0,66	0,66	8,62	-8,62	-8,62	8,62
	7-8	1,37	2,60	1,90	3,61	0,74	1,41	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,66	-0,66	0,66	0,66	8,62	-8,62	-8,62	8,62
III	9-10	1,37	2,60	1,74	3,31	0,90	1,71	-0,87	-1,25	-0,18	-0,26	-0,33	-0,48	0,33	0,48	19,35	-12,10	-19,35	12,10
	10-11	1,37	2,60	1,74	3,31	0,90	1,71	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,48	-0,48	0,48	0,48	12,10	-12,10	-12,10	12,10
	11-12	1,37	2,60	1,74	3,31	0,90	1,71	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,48	-0,48	0,48	0,48	12,10	-12,10	-12,10	12,10
IV	13-14	1,37	2,60	1,59	3,02	1,05	1,99	-0,87	-1,25	-0,18	-0,26	-0,21	-0,31	0,21	0,31	23,16	-14,47	-23,16	14,47
	14-15	1,37	2,60	1,59	3,02	1,05	1,99	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,31	-0,31	0,31	0,31	14,47	-14,47	-14,47	14,47
	15-16	1,37	2,60	1,59	3,02	1,05	1,99	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,31	-0,31	0,31	0,31	14,47	-14,47	-14,47	14,47
V	17-18	1,37	2,60	1,43	2,72	1,21	2,30	-0,99	-1,25	-0,21	-0,26	-0,11	-0,13	0,11	0,13	20,65	-12,90	-20,65	12,90
	18-19	1,37	2,60	1,43	2,72	1,21	2,30	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,13	-0,13	0,13	0,13	12,90	-12,90	-12,90	12,90
	19-20	1,37	2,60	1,43	2,72	1,21	2,30	-1,25	-1,25	-0,26	-0,26	-0,13	-0,13	0,13	0,13	12,90	-12,90	-12,90	12,90

K.I.

COMPARAISON des moments dans les poutres - Semelles - PORTIQUE III-III

moments: tm.

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1,2 P			G + P + SIVP \vec{S}_H			G + P + SIVP \vec{S}_H			G + P + SIVP \vec{S}_H			G + P + SIVP \vec{S}_H		
		Mc	ME	MW	Mc	ME	MW	Mc	ME	MW	Mc	ME	MW	Mc	ME	MW
I	1-2	-0,83	1,51	-1,57	5,14	4,14	-6,44	-7,72	1,72	1,56	6,08	1,17	-4,66	-6,78	-1,25	3,34
	2-3	-1,57	1,17	-1,57	1,56	2,59	-6,44	-6,44	2,59	1,56	3,84	-0,38	-4,66	-4,66	-0,38	3,34
	3-4	-1,57	1,17	-1,57	1,56	2,59	-6,44	-6,44	2,59	1,56	3,84	-0,38	-4,66	-4,66	-0,38	3,34
II	5-6	-1,07	1,55	-1,56	12,31	5,14	-10,79	-15,27	-0,02	6,45	13,21	2,94	-9,47	-14,37	-2,22	7,77
	6-7	-1,56	1,35	-1,56	6,45	2,36	-10,79	-10,79	2,36	6,45	7,77	0,16	-9,47	-9,47	0,16	7,77
	7-8	-1,56	1,35	-1,56	6,45	2,36	-10,79	-10,79	2,36	6,45	7,77	0,16	-9,47	-9,47	0,16	7,77
III	9-10	-1,09	1,54	-1,56	17,97	5,87	-14,09	-20,73	-1,37	10,11	18,03	4,27	-13,13	-20,07	-2,97	11,07
	10-11	-1,56	1,35	-1,56	10,11	2,06	-14,09	-14,09	2,06	10,11	11,07	0,46	-13,13	-13,13	0,46	11,07
	11-12	-1,56	1,35	-1,56	10,11	2,06	-14,09	-14,09	2,06	10,11	11,07	0,46	-13,13	-13,13	0,46	11,07
IV	13-14	-1,09	1,54	-1,56	21,90	6,30	-16,29	-24,42	-2,38	12,65	22,32	5,27	-15,67	-24,00	-3,41	13,27
	14-15	-1,56	1,35	-1,56	12,65	1,77	-16,29	-16,29	1,77	12,65	13,27	0,74	-15,67	-15,67	0,74	13,27
	15-16	-1,56	1,35	-1,56	12,65	1,77	-16,29	-16,29	1,77	12,65	13,27	0,74	-15,67	-15,67	0,74	13,27
V	17-18	-1,24	1,48	-1,56	19,34	5,47	-14,54	-21,96	-2,77	11,26	19,56	5,05	-14,28	-21,74	-2,69	11,52
	18-19	-1,56	1,35	-1,56	11,26	1,47	-14,54	-14,54	1,47	11,26	11,52	1,05	-14,28	-14,28	1,05	11,52
	19-20	-1,56	1,35	-1,56	11,26	1,47	-14,54	-14,54	1,47	11,26	11,52	1,05	-14,28	-14,28	1,05	11,52

5/11

21.71

NIVEAU	TRAJETS	G + 1, 2 P			G + P + ST ₁ ↓ + ST ₄ ↑			G + P + ST ₁ ↓ + ST ₄ ↑			G + P + ST ₁ ↑ + ST ₄ ↓			G + P + ST ₁ ↑ + ST ₄ ↓		
		M _e	q _M	q _{Mw}	M _e	q _M	q _{Mw}	M _e	q _M	q _{Mw}	M _e	q _M	q _{Mw}	M _e	q _M	q _{Mw}
I	1-2	-0.83	1.51	-1.57	4.35	3, 79	-5.83	-6.83	1, 69	1.15	5.19	4, 20	-4.25	-5.99	-0, 90	2.73
	2-3	-1.57	1.17	-1.57	1.15	2, 40	-5.83	-5.83	2, 40	1.15	2.73	-0, 19	-4.25	-4.25	-0, 19	2.73
	3-4	-1.57	1.17	-1.57	1.15	2, 40	-5.83	-5.83	2, 40	1.15	2.73	-0, 19	-4.25	-4.25	-0, 19	2.73
II	5-6	-1.07	1.55	-1.56	10.26	4, 50	-9.57	-13.08	0, 32	5.41	11.02	2, 60	-8.43	-12.32	-1, 58	6.55
	6-7	-1.56	1.35	-1.56	5.41	2, 21	-9.57	-9.57	2, 21	5.41	6.55	0, 31	-8.43	-8.43	0, 31	6.55
	7-8	-1.56	1.35	-1.56	5.41	2, 21	-9.57	-9.57	2, 21	5.41	6.55	0, 31	-8.43	-8.43	0, 31	6.55
III	9-10	-1.09	1.54	-1.56	15.48	5, 29	-12.45	-18.14	-0, 99	8.59	16.04	3, 89	-11.61	-17.58	-2, 39	9.43
	10-11	-1.56	1.35	-1.56	8.59	1, 96	-12.45	-12.45	1, 96	8.59	9.43	0, 56	-11.61	-11.61	0, 56	9.43
	11-12	-1.56	1.35	-1.56	8.59	1, 96	-12.45	-12.45	1, 96	8.59	9.43	0, 56	-11.61	-11.61	0, 56	9.43
IV	13-14	-1.09	1.54	-1.56	18.83	5, 66	-14.35	-21.35	-1, 88	10.81	19.25	4, 78	-13.83	-20.99	-2, 76	11.33
	14-15	-1.56	1.35	-1.56	10.81	1, 70	-14.35	-14.35	1, 70	10.81	11.33	0, 82	-13.83	-13.83	0, 82	11.33
	15-16	-1.56	1.35	-1.56	10.81	1, 70	-14.35	-14.35	1, 70	10.81	11.33	0, 82	-13.83	-13.83	0, 82	11.33
V	17-18	-1.24	1.48	-1.56	16.64	4, 92	-12.81	-19.20	-1, 80	9.59	16.80	4, 58	-12.61	-19.04	-2, 14	9.79
	18-19	-1.56	1.35	-1.56	9.59	1, 43	-12.81	-12.81	1, 43	9.59	9.79	1, 09	-12.61	-12.61	1, 09	9.79
	19-20	-1.56	1.35	-1.56	9.59	1, 43	-12.81	-12.81	1, 43	9.59	9.79	1, 09	-12.61	-12.61	1, 09	9.79

— SEMELLE S. —

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1/2 P		G + P + ST _v + ST _w	
		T _e	T _w	T _e	T _w
I	1-2	2.48	-2.86	6.54	-7.13
	2-3	2.67	-2.57	6.21	-6.21
	3-4	2.67	-2.67	6.21	-6.21
II	5-6	2.54	-2.78	9.27	-9.61
	6-7	2.66	-2.66	8.12	-8.12
	7-8	2.66	-2.66	8.12	-8.12
III	9-10	2.55	-2.78	11.30	-11.61
	10-11	2.66	-2.66	9.59	-9.59
	11-12	2.66	-2.66	9.59	-9.59
IV	13-14	2.55	-2.78	12.61	-12.89
	14-15	2.66	-2.66	10.52	-10.52
	15-16	2.66	-2.66	10.52	-10.52
V	17-18	2.58	-2.74	11.30	-11.47
	18-19	2.66	-2.66	9.39	-9.39
	19-20	2.66	-2.66	9.39	-9.39

S21
S2 max

— RADIER —

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1/2 P		G + P + ST _v + ST _w	
		T _e	T _w	T _e	T _w
I	1-2	2.48	-2.86	6.01	-6.57
	2-3	2.67	-2.67	5.75	-5.75
	3-4	2.67	-2.67	5.75	-5.75
II	5-6	2.54	-2.78	8.29	-8.62
	6-7	2.66	-2.66	7.38	-7.38
	7-8	2.66	-2.66	7.38	-7.38
III	9-10	2.55	-2.78	10.14	-10.44
	10-11	2.66	-2.66	8.68	-8.68
	11-12	2.66	-2.66	8.68	-8.68
IV	13-14	2.55	-2.78	11.27	-11.53
	14-15	2.66	-2.66	9.47	-9.47
	15-16	2.66	-2.66	9.47	-9.47
V	17-18	2.58	-2.74	10.13	-10.30
	18-19	2.66	-2.66	8.48	-8.48
	19-20	2.66	-2.66	8.48	-8.48

S21
S2 max

VI.12

MOMENTS dans les poutres - Semelles - PORTEQUE II - II

NIVEAU	TRAVÉE	Me + Mw		G + 1.2 P		G + P + S ₁ ↓		G		P		S ₁ ↓		S ₁ ↑		S _H →		S _H ←		
		2	(G)	q	Mo	q	Mo	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	
I	1-2	8.48	4.04	22.47	4.84	26.92	3.06	17.02	-7.52	-9.40	-0.91	-1.21	-1.92	-2.39	1.92	2.39	13.37	-2.10	-13.37	2.10
	2-3	8.35	4.04	2.45	4.84	2.93	3.06	1.85	-8.35	-8.35	-1.07	-1.07	-2.12	-2.12	2.12	2.12	2.10	-2.10	-2.10	2.10
	3-4	8.48	4.04	22.47	4.84	26.92	3.06	17.02	-9.40	-7.52	-0.91	-1.21	-2.39	-2.39	2.39	2.39	2.10	-13.37	-2.10	13.37
II	5-6	12.32	5.50	30.58	5.98	33.26	4.38	24.36	-5.79	-14.86	-4.10	-4.34	-2.07	-2.19	2.07	2.19	30.70	-4.84	-30.70	4.84
	6-7	9.94	5.50	3.33	5.98	3.62	4.38	2.65	-11.38	-7.99	-3.50	-3.50	-1.77	-1.77	1.77	1.77	4.84	-4.84	-4.84	4.84
	7-8	9.60	5.50	30.58	5.98	33.26	4.38	24.36	-9.87	-9.34	-4.33	-4.10	-2.19	-2.07	2.19	2.07	4.84	-30.70	-4.84	30.70
III	9-10	12.41	5.50	30.58	5.76	32.03	4.60	25.58	-9.92	-14.90	-4.15	-4.34	-1.52	-1.59	1.52	1.59	44.78	-7.06	-44.78	7.06
	10-11	9.85	5.50	3.33	5.76	3.48	4.60	2.78	-11.77	-7.92	-3.47	-3.47	-1.27	-1.27	1.27	1.27	7.06	-7.06	-7.06	7.06
	11-12	9.67	5.50	30.58	5.76	32.03	4.60	25.58	-9.89	-9.46	-4.34	-4.15	-1.59	-1.52	1.59	1.52	7.06	-44.78	-7.06	44.78
IV	13-14	12.41	5.50	30.58	5.54	30.80	4.82	26.80	-9.92	-14.90	-4.15	-4.34	-0.95	-0.99	0.95	0.99	54.28	-8.57	-54.28	8.57
	14-15	9.84	5.50	3.33	5.54	3.35	4.82	2.92	-11.77	-7.92	-3.47	-3.47	-0.79	-0.79	0.79	0.79	8.57	-8.57	-8.57	8.57
	15-16	9.67	5.50	30.58	5.54	30.80	4.82	26.80	-9.89	-9.46	-4.34	-4.15	-0.99	-0.95	0.95	0.99	8.57	-54.28	-8.57	54.28
V	17-18	13.06	5.50	30.59	5.34	29.69	5.02	27.92	-10.85	-15.27	-4.54	-4.44	-0.46	-0.45	0.46	0.45	48.75	-7.70	-48.75	7.70
	18-19	8.92	5.50	3.33	5.34	3.23	5.02	3.04	-10.64	-7.20	-3.16	-3.16	-0.32	-0.32	0.32	0.32	7.70	-7.70	-7.70	7.70
	19-20	10.23	5.50	30.58	5.34	29.69	5.02	27.92	-10.12	-10.35	-4.44	-4.54	-0.45	-0.46	0.45	0.46	7.70	-48.75	-7.70	48.75

moments: t.m.

VI.13

NIVEAU	TRAVÉE	$\frac{M_{e+mw}}{g}$	G + A.2.P		G + P.5.1.1		G + P.5.1.1		G		P		Siv ↓		Siv ↑		Siv →		Siv ←	
			q	Mo	q	Mo	q	Mo	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw	Me	Mw
I	1-2	8,48	4,04	22,44	4,72	26,25	3,18	17,68	-7,56	-9,40	-0,92	-2,82	-1,66	-2,06	1,66	2,06	11,65	-1,84	-1,65	1,82
	2-3	8,35	4,04	2,45	4,72	2,85	3,18	1,92	-8,35	-8,35	1,07	4,07	-1,83	1,83	1,83	1,83	1,84	-1,84	1,84	1,84
	3-4	8,48	4,04	22,45	4,72	26,25	3,18	17,68	-9,40	-7,56	-1,24	-0,92	-2,06	-1,66	1,66	2,06	11,65	-1,84	-1,65	1,82
II	5-6	12,32	5,50	30,58	5,87	32,64	4,49	24,97	-3,79	-14,86	-4,10	-4,34	-1,78	-1,89	1,78	1,89	24,72	-4,21	-2,62	4,21
	6-7	9,94	5,50	3,33	5,87	3,55	4,49	2,72	-4,88	-7,93	-3,50	-3,50	-1,53	-1,53	1,53	1,53	4,21	-4,21	4,21	4,21
	7-8	9,60	5,50	30,58	5,87	32,64	4,49	24,97	-9,87	-9,34	-4,33	-4,10	-1,89	-1,89	1,89	1,78	4,21	-2,62	-4,21	2,62
III	9-10	12,41	5,50	39,58	5,68	31,59	4,68	26,03	-9,92	-14,80	-4,15	-4,34	-1,31	-1,37	1,31	1,37	39,00	-6,15	-3,90	6,15
	10-11	9,85	5,50	3,33	5,68	3,44	4,68	2,83	-11,71	-7,92	-3,44	-3,44	-1,10	-1,10	1,10	1,10	6,15	-6,15	6,15	6,15
	11-12	9,67	5,50	30,58	5,68	31,59	4,68	26,03	-9,89	-9,34	-4,34	-4,15	-1,37	-1,37	1,37	1,37	6,15	-3,90	-6,15	3,90
IV	13-14	12,41	5,50	30,58	5,49	30,53	4,87	27,08	-9,92	-14,90	-4,15	-4,34	-0,82	-0,85	0,82	0,85	47,29	-7,46	-4,72	7,46
	14-15	9,84	5,50	3,33	5,49	3,32	4,87	2,95	-11,77	-7,92	-3,44	-3,44	-0,68	-0,68	0,68	0,68	7,46	-7,46	7,46	7,46
	15-16	9,67	5,50	30,58	5,49	30,53	4,87	27,08	-9,89	-9,34	-4,34	-4,15	-0,85	-0,82	0,85	0,82	7,46	-4,72	-7,46	4,72
V	17-18	13,06	5,50	30,58	5,31	29,53	5,05	28,08	-10,85	-14,52	-4,14	-4,14	-0,37	-0,37	0,37	0,37	42,44	-4,70	-42,44	4,70
	18-19	8,92	5,50	3,33	5,31	3,21	5,05	3,05	-7,20	-3,16	-3,16	-3,16	-0,26	-0,26	0,26	0,26	6,70	-6,70	6,70	6,70
	19-20	10,23	5,50	30,58	5,31	29,53	5,05	28,08	-10,12	-14,35	-4,14	-4,14	-0,37	-0,37	0,37	0,37	6,70	-4,92	-6,70	4,92

MOMENTS DANS LES VOILURES - MATRICE - VOILURES M - M

moments: Em

NIVEAU	TRAVEE	G + 1.2 P			G + P + Sinf Sin \vec{S}			G + P + Sinf Sin \vec{S}			G + P + Sinf Sin \vec{S}			G + P + Sinf Sin \vec{S}		
		Me	MT	Muo	Me	MT	Muo	Me	MT	Muo	Me	MT	Muo	Me	MT	Muo
I	1-2	-5,72	13,99	-10,85	2,92	24,08	-15,10	-23,82	12,80	-10,90	6,76	14,18	-10,32	-19,98	2,90	-6,12
	2-3	-9,13	-5,96	-9,63	-9,44	-5,142	-13,64	-13,64	-5,42	-9,44	-5,12	-6,50	-9,40	-9,40	-6,50	-5,20
	3-4	-10,85	13,99	-8,72	-10,89	12,80	-23,82	15,09	24,08	2,92	-6,16	2,90	-19,98	-10,36	14,18	6,76
II	5-6	-14,71	18,26	-20,07	14,74	33,87	-26,23	-46,66	8,01	-16,65	18,88	24,97	-21,85	-42,52	-9,89	-12,77
	6-7	-16,08	-6,61	-12,19	-12,31	-6,32	-18,10	-21,99	-6,32	-8,42	-8,77	-7,29	-14,56	-18,45	-7,29	-4,88
	7-8	-15,07	20,98	-14,26	-11,55	10,73	-46,21	-21,23	36,59	-15,19	-7,17	11,83	-42,07	-16,85	27,69	-19,33
III	9-10	-14,90	18,17	-20,11	29,19	38,48	-27,89	-69,37	0,76	-13,77	32,23	32,03	-26,71	-57,33	-5,69	-19,59
	10-11	-15,93	-6,52	-12,08	-9,45	-6,77	-19,72	-23,57	-6,37	-5,60	-6,91	-7,07	-17,18	-21,03	-7,07	-3,06
	11-12	-15,70	20,91	-14,44	-8,76	3,50	-59,91	-22,88	41,22	29,65	-5,58	-2,95	-56,87	-19,70	34,77	32,69
IV	13-14	-14,90	18,17	-20,11	39,26	41,25	-28,80	-69,30	-4,47	-11,66	41,16	37,25	-26,82	-67,40	-8,47	-9,68
	14-15	-15,93	-6,51	-12,08	-7,46	-6,49	-29,75	-24,60	-6,49	-3,61	-5,88	-6,92	-19,77	-23,02	-6,92	-2,03
	15-16	-15,10	20,91	-14,44	-6,65	-1,73	-68,84	-23,79	43,99	39,72	-4,67	-5,73	-69,94	-21,81	39,99	41,62
V	17-18	-16,30	17,52	-20,60	32,90	37,15	-27,86	-64,60	-3,89	-14,46	33,82	35,38	-26,96	-63,68	-5,66	-14,56
	18-19	-14,43	-5,59	-10,99	-4,42	-5,69	-18,38	-21,82	-5,69	-2,98	-5,78	-5,88	-17,74	-21,18	-5,88	-23,4
	19-20	-15,45	20,35	-15,80	-7,31	-1,06	-64,10	-22,71	39,98	33,40	-6,41	-2,83	-63,18	-21,81	38,21	34,32

7/1/7

VI. 15

NIVEAU	TRAVÉE	G + 1.2 P			G + P + S ₁ ↑ + S ₁ ↓			G + P + S ₁ ↑ + S ₁ ↓			G + P + S ₁ ↑ + S ₁ ↓					
		Me	MT	M ₀₀	Me	MT	M ₀₀	Me	MT	M ₀₀	Me	MT	M ₀₀			
I	1-2	-872	1399	-1985	1446	2267	-1451	-2184	1287	-1083	478	1440	-1939	-1852	430	-671
	2-3	-963	-590	-963	-944	-550	-1309	-1309	-550	-944	-575	-643	-943	-943	-643	-575
	3-4	-1985	1399	-872	-1986	1287	-2184	-1454	2267	1446	-674	430	-1852	-1942	1440	478
II	5-6	-1471	1826	-2907	1105	3157	-2530	-4239	907	-1688	1461	2390	-2152	-3883	1440	-1310
	6-7	-1608	-661	-1219	-1270	-639	-1723	-2112	-639	-881	-964	-722	-1417	-1806	-722	-575
	7-8	-1507	2098	-1426	-1188	1179	-4194	-2930	3429	1150	-810	412	-3838	-1652	2662	1506
III	9-10	-1496	1817	-2911	2362	-3560	-2676	-5438	276	-1446	2624	3904	-2402	-5176	-280	-1172
	10-11	-1593	-652	-1208	-1019	-644	-1864	-2249	-644	-634	-799	-702	-1644	-2029	-702	-414
	11-12	-1510	2091	-1444	-945	550	-5392	-2175	3834	2408	-671	-906	-5130	-1901	3278	2670
IV	13-14	-1490	1817	-2911	3240	-3803	-2755	-6218	-179	-1263	3404	3458	-2585	-6954	-524	-1093
	14-15	-1593	-651	-1208	-846	-652	-1953	-2338	-652	-461	-710	-689	-1817	-2202	-689	-325
	15-16	-1510	2091	-1444	-762	995	-6172	-2254	4977	3286	-592	-250	-6908	-2984	3732	3450
V	17-18	-1630	1752	-2960	2671	3435	-2678	-5823	-141	-1338	2745	3290	-2604	-5749	-286	-1264
	18-19	-1443	-559	-1999	-736	-571	-1732	-2976	-571	-392	-684	-587	-1680	-2924	-587	-340
	19-20	-1545	2935	-1580	-823	142	-5773	-2163	3718	2721	-749	-903	-5699	-2089	3573	2795

I. SEMELLES.

NIVEAU	TRAVEE	SR		SR max	
		G + 1.2 P		G + P + S ₁₁ + S ₁₂	
		Te	Tw	Te	Tw
I	1-2	13,14	-13,79	18,04	-18,81
	2-3	4,45	-4,45	7,20	-7,20
	3-4	13,80	-13,14	18,82	-18,04
II	5-6	17,53	-19,12	24,44	-26,02
	6-7	7,82	-4,28	12,65	-9,11
	7-8	18,44	-18,21	25,34	-25,08
III	9-10	17,55	-19,11	26,10	-27,68
	10-11	7,80	-4,30	14,36	-10,96
	11-12	18,43	-18,23	27,00	-26,78
IV	13-14	17,55	-19,11	27,00	-28,57
	14-15	7,80	-4,30	15,47	-11,97
	15-16	18,43	-18,23	27,09	-27,68
V	17-18	17,68	-18,97	25,52	-26,81
	18-19	7,61	-4,48	14,28	-11,15
	19-20	18,27	-18,40	26,11	-26,24

I. RADIER.

NIVEAU	TRAVEE	SR		SR max	
		G + 1.2 P		G + P + S ₁₁ + S ₁₂	
		Te	Tw	Te	Tw
I	1-2	13,14	-13,79	17,36	-18,11
	2-3	4,45	-4,45	6,83	-6,83
	3-4	13,80	-13,14	18,12	-17,36
II	5-6	17,53	-19,12	23,34	-24,95
	6-7	7,82	-4,28	11,97	-8,43
	7-8	18,44	-18,21	24,27	-24,02
III	9-10	17,55	-19,11	24,85	-26,42
	10-11	7,80	-4,30	13,46	-9,96
	11-12	18,43	-18,23	25,74	-25,55
IV	13-14	17,55	-19,11	25,64	-27,20
	14-15	7,80	-4,30	14,39	-10,92
	15-16	18,43	-18,23	26,52	-26,32
V	17-18	17,68	-18,97	24,33	-25,63
	18-19	7,61	-4,48	13,35	-10,22
	19-20	18,27	-18,40	24,93	-25,05

FERRAILLAGE DES POUTRES

I Armatures longitudinales

conformément à l'article A15 du CCBA.68, il n'est pas fait état dans les calculs des effets normaux dans les poutres.

Les poutres seront donc ferrillées en FLEXION SIMPLE.

On calculera la section d'acier pour la sollicitation SP_1 ($G+1,2P$) et sous la plus défavorable des sollicitations SP_2 . puis on adoptera la plus grande.

La méthode adoptée est celle de P. CHARON.

on calcule $\mu = \frac{nM}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2}$ $\xrightarrow{\text{tableau}}$ $\begin{cases} E \\ K \end{cases}$ et $K \rightarrow \bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K}$

(1) si $\bar{\sigma}'_b \leq \bar{\sigma}'_b$ alors $A' = 0$ et $A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h}$

(2) si $\bar{\sigma}'_b > \bar{\sigma}'_b$ les armatures comprimées sont nécessaires.

on calculera $\begin{cases} K_1 = \frac{15}{n} \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}'_b} \\ K_2 = \frac{15(h-d')}{\frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_a} h + d'} \end{cases}$

si $K_1 > K_2$ on prendra $K = K_1 \xrightarrow{\text{tableau}}$ α, μ', E .

$$M_1 = \mu' \bar{\sigma}'_b \cdot b \cdot h^2 \rightarrow M_2 = M - M_1$$

$$y = \alpha h \rightarrow \bar{\sigma}'_a = \frac{15}{y} (y - d') \cdot \bar{\sigma}'_b$$

Armatures comprimées: $A' = \frac{M_2}{\bar{\sigma}'_a (h - d')}$

Armatures tendues: $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} + \frac{M_2}{\bar{\sigma}_a (h - d')}$

VD. 18

si $K_1 < K_2$: on prendra $K = K_2$ $\xrightarrow{\text{tableau}}$ μ', ε .

$$G'b = \frac{15}{n} \frac{\bar{G}a}{K_2} \rightarrow M_1 = \mu' \cdot G'b \cdot b h^2 ; M_2 = M - M_1$$

armatures comprimées : $A' = \frac{M_2}{\bar{G}a' (h-d')}$

armatures tendues $A = A' + \frac{M_1}{\bar{G}a \cdot \varepsilon \cdot h}$

II Armatures transversales :

Elles seront calculées pour l'effort tranchant max à l'appui pour tout le niveau considéré: on adoptera les mêmes armatures et espacements pour toutes les travées (du même niveau)

contrainte de cisaillement max. :

$$\tau_b = \frac{T_{\max}}{b \cdot z}$$

T: effort tranchant max.

b = largeur de la poutre

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

contraintes de cisaillement admissibles

$$\bar{\tau}_{b1} = 3,5 \bar{G}b ; \bar{\tau}_{b2} = \left(4,5 - \frac{G'b'}{\bar{G}b_0}\right) \cdot \bar{G}b ; \bar{\tau}_{b3} = 5 \bar{G}b$$

si $\left\{ \begin{array}{l} \tau_b \leq \bar{\tau}_{b1} \text{ lorsque } G'b \leq \bar{G}b_0 \\ \tau_b \leq \bar{\tau}_{b2} \text{ lorsque } \bar{G}b_0 \leq G'b \leq 2\bar{G}b_0 \end{array} \right\}$ utilisation des cadres + étriers.

si $\left\{ \begin{array}{l} \bar{\tau}_{b1} < \tau_b \leq \bar{\tau}_{b3} \text{ lorsque } G'b \leq \bar{G}b_0 \\ \bar{\tau}_{b2} < \tau_b \leq \bar{\tau}_{b3} \text{ lorsque } \bar{G}b_0 < G'b \leq 2\bar{G}b_0 \end{array} \right\}$ utilisation des cadres + étriers + des barres obliques.

si $\tau_b > \bar{\tau}_{b3}$ nous devons changer la section de béton.

contraintes admissible des Armatures transversales :

Armatures en FeE24 $\rightarrow G_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

τ_b ya reprise de bétonnage : $\bar{G}_{at} = \rho_a \cdot G_{en}$ $\rho_a = \frac{2}{3}$

donc : $\bar{G}_{at} = 1600 \text{ kg/cm}^2$

calcul des espacements : t_0 :

$$t_0 = \frac{A_t \cdot \bar{z} \cdot \bar{G}_ab}{T_{max}} \quad ; \quad A_t: \text{section des armatures transversales.}$$

espacement admissible \bar{x} :

$$\bar{x} = \max \begin{cases} \bar{x}_1 = 0,2 h. \\ \bar{x}_2 = (1 - 0,3 \frac{G_b}{G_b}) \cdot h \end{cases}$$

Le 1^{er} cours d'armatures sera toujours placé à $\frac{t}{2}$ de l'appui.

PORTIQUE LONGITUDINAL III-III SEMELLES

A) SEMELLES :

efforts maximaux pour SP_1 , et SP_2 (en t, km)

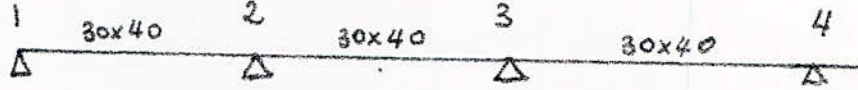


Sections	niveau I			niveau II			niveau III			niveau IV			niveau V		
	Mmax SP1	Mmax SP2	Tmax SP2	Mmax SP1	Mmax SP2	Tmax SP2	Mmax SP1	Mmax SP2	Tmax SP2	Mmax SP1	Mmax SP2	Tmax SP2	Mmax SP1	Mmax SP2	Tmax SP2
1	-0,83	-7,72 6,08	7,13	-1,07	-15,27 13,21	9,61	-1,09	-20,73 18,63	11,61	-1,09	-24,42 22,32	12,89	-1,24	-21,96 19,56	11,47
1'	1,51	4,14 -1,25	7,13	1,55	5,14 -2,22	9,61	1,54	5,87 -2,97	11,61	1,54	6,30 -3,41	12,89	1,48	5,47 -2,69	11,47
2	-1,57	-6,44 3,34	7,13	-1,56	-10,79 7,77	9,61	-1,56	-14,09 11,07	11,61	-1,56	-16,29 13,27	12,89	-1,56	-14,54 11,52	11,47
2'	1,17	2,59 -0,38	7,13	1,35	2,36	9,61	1,35	2,06	11,61	1,35	1,77	12,89	1,35	1,47	11,47
3	-1,57	-6,44 3,34	7,13	-1,56	-10,79 7,77	9,61	-1,56	-14,09 11,07	11,61	-1,56	-16,29 13,27	12,89	-1,56	-14,54 11,52	11,47
3'	1,17	2,59 -0,38	7,13	1,35	2,36	9,61	1,35	2,06	11,61	1,35	1,77	12,89	1,35	1,47	11,47
4	-1,57	-6,44 3,34	7,13	-1,56	-10,79 7,77	9,61	-1,56	-14,09 11,07	11,61	-1,56	-16,29 13,27	12,89	-1,56	-14,54 11,52	11,47

I) Armatures longitudinales

$$SP_1 : \begin{cases} \bar{G}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{G}'_b = 135 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases} ; \quad SP_2 : \begin{cases} \bar{G}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{G}'_b = 202,5 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$$

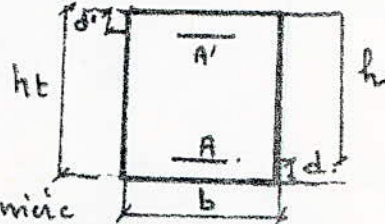
niveaux I, II



$$b = 30 \text{ cm} \\ ht = 40 \text{ cm}$$

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

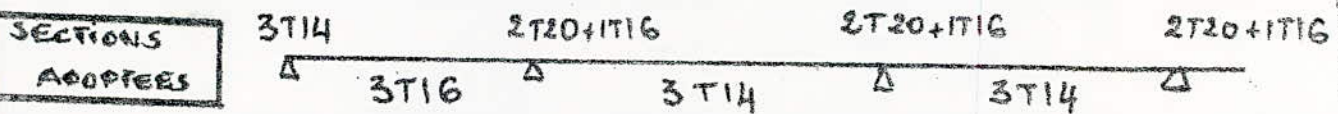
$$h = 37$$



Les niveaux I, II seront ferrillés de la même manière. on procédera de la même manière pour les niveaux III, IV, V, car les moments et efforts tranchants sont équivalents (voir tableau récapitulatif)

section		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M (tm)	-1.07	1.55	-1.57	1.35	-1.57	1.35	-1.57
	μ	0.0139	0.0202	0.0205	0.0176	0.0205	0.0176	0.0205
	E	0.9476	0.9375	0.9371	0.9415	0.9371	0.9415	0.9371
	K	80.5	65	64.5	70.5	64.5	70.5	64.5
	G'_b	34.7	43	43.40	39.7	43.40	39.7	43.4
	$A' \text{ cm}^2$	—	—	—	—	—	—	—
	$A \text{ cm}^2$	1.10	1.60	1.62	1.38	1.62	1.38	1.62

section		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M. tm	-19.27 13.21	5.14 -2.22	-10.79 7.77	2.59 -0.38	-10.79 7.77	2.59 -0.38	-10.79 7.77
	μ	0.1327 0.1148	0.0447 0.0193	0.0938 0.0675	0.0225 0.0033	0.0938 0.0675	0.0225 0.0033	0.0938 0.0675
	E	0.8592 0.8671	0.9108 0.9390	0.8774 0.8932	0.9342 0.9938	0.8774 0.8932	0.9342 0.9938	0.8774 0.8932
	K	20.5 22.6	41 67	25.8 31.8	61 176	25.8 31.8	61 176	25.8 31.8
	G'_b	202 185	102 62.6	162 132	69 24	162 132	69 24	162 132
	$A' \text{ cm}^2$	—	—	—	—	—	—	—
	$A \text{ cm}^2$	11.4 9.90	3.63 1.52	7.90 5.59	1.78 0.25	7.90 5.59	1.78 0.25	7.90 5.59



$b = 30 \text{ cm}$

$ht = 40 \text{ cm}$

$d = d' = 30 \text{ cm}$

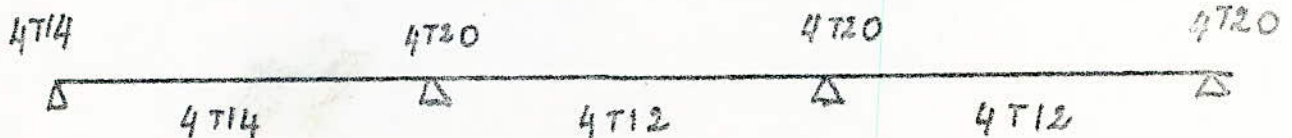
$h = 37$



section		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M (tm)	-1.24	1.54	-1.56	1.35	-1.56	1.35	-1.56
	μ	0.0162	0.0202	0.0205	0.0176	0.0205	0.0176	0.0205
	ϵ	0.9435	0.9375	0.9371	0.9415	0.9371	0.9415	0.9371
	K	73.5	65.0	64.5	70.5	64.5	70.5	64.5
	$6'b$	38.0	43.0	43.4	39.7	43.4	39.7	43.4
	$A' \text{ cm}^2$	-	-	-	-	-	-	-
	$A \text{ cm}^2$	1.27	1.60	1.62	1.38	1.62	1.38	1.62

Section		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M (tm)	-21.112 22.32	6.20 -3.41	-16.29 13.27	2.06	-16.29 13.27	2.06	-16.29 13.27
	μ	0.216 0.194	0.055 0.029	0.142 0.115	0.018	0.142 0.115	0.018	0.142 0.115
	ϵ	0.8326 0.8377	0.9020 0.9265	0.9555 0.9667	0.9408	0.9555 0.9667	0.9408	0.9555 0.9667
	K	14.9 15.8	36.0 33.0	19.6 22.5	68.50	19.6 22.5	68.50	19.6 22.5
	$6'b$	280 265	116 79	204 196	60	204 186	60	204 186
	$A' \text{ cm}^2$	17.14 13.87	-	-	-	-	-	-
	$A \text{ cm}^2$	18.87 17.14	4.49 2.37	12.25 9.85	1.41	12.25 9.85	1.41	12.25 9.85

SECTIONS ADOPTES:



⑧ RADIER :

efforts maximaux sous SP_1 et SP_2 (t, tm).

tableau récapitulatif :

SECTIONS	I			II			III			IV			V		
	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SA	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂
1	-0.83	-6.83 5.19	6.57	-1.07	-13.08 11.02	8.62	-1.09	-18.14 16.04	10.44	-1.09	-21.35 19.25	11.53	-1.24	-19.20 16.80	10.30
1'	1.51	3.79 -1.90	6.57	1.55	4.50 -1.58	8.62	1.54	5.29 -2.39	10.44	1.54	5.66 -2.76	11.53	1.48	4.92 -2.14	10.30
2	-1.57	-5.83 2.73	6.57	-1.56	-9.57 6.55	8.62	-1.56	-12.45 9.43	10.44	-1.56	-14.85 11.33	11.53	-1.56	-12.81 9.79	10.30
2'	1.17	2.40 -0.19	6.57	1.35	2.21	8.62	1.35	1.96	10.44	1.35	1.70	11.53	1.35	1.43	10.30
3	-1.57	-5.83 2.73	6.57	-1.56	-9.57 6.55	8.62	-1.56	-12.45 9.43	10.44	-1.56	-14.85 11.33	11.53	-1.56	-12.81 9.79	10.30
3'	1.17	2.40 -0.19	6.57	1.35	2.21	8.62	1.35	1.96	10.44	1.35	1.70	11.53	1.35	1.43	10.30
4	-1.57	-5.83 2.73	6.57	-1.56	-9.57 6.55	8.62	-1.56	-12.45 9.43	10.44	-1.56	-14.85 11.33	11.53	-1.56	-12.81 9.79	10.30

I) Armatures longitudinales

on feraillera le niveau II de la même manière que le niveau I car les moments sont presque équivalents: (voir tableau récapitulatif).

On procédera de la même manière pour les niveaux III, IV,

$$\text{sous } SP_1 \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 135 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$$

$$\text{sous } SP_2 \begin{cases} \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}'_b = 202,5 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$$

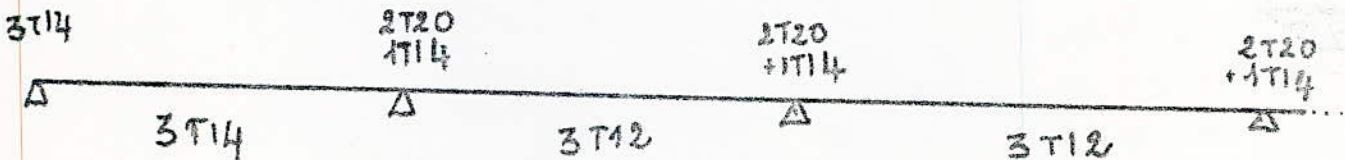
NIVEAUX : I, II



Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP1	M (t.m)	-1,07	1,55	-1,57	1,35	-1,57	1,35	-1,57
	μ	0.0139	0.0202	0.0205	0.0176	0.0205	0.0176	0.0205
	Σ	0.9476	0.9375	0.9371	0.9415	0.9371	0.9415	0.9371
	K	80,5	65,0	64,5	70,5	64,5	70,5	64,5
	σ'_b	34,7	43,0	43,40	39,7	43,4	39,7	43,4
	$A' (cm^2)$	—	—	—	—	—	—	—
	A (cm ²)	1.10	1.60	1.62	1.38	1.62	1.38	1.62

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP2	M (t.m)	-13.08 11.02	4.50 -1.58	-9.57 6.55	2.40 -0.19	-9.57 6.55	2.40 -0.19	-9.57 6.55
	μ	0.113 0.095	0.039 0.014	0.083 0.057	0.021 0.002	0.083 0.057	0.021 0.002	0.083 0.057
	Σ	0.8633 0.8765	0.9158 0.9474	0.8834 0.9004	0.9363 0.9792	0.8834 0.9004	0.9363 0.9792	0.8834 0.9004
	K	22.8 25.5	44.4 80.0	27.9 35.2	63.5 225	27.9 35.2	63.5 225	27.9 35.2
	σ'_b	184 164	95 53	150 119	66 20	150 120	66 20	150 120
	$A' (cm^2)$	—	—	—	—	—	—	—
	A (cm ²)	9.70 9.09	3.16 1.07	6.97 4.08	1.65 0.12	6.97 4.68	1.65 0.12	6.97 4.08

sections adoptées :



VI.23

V1.24

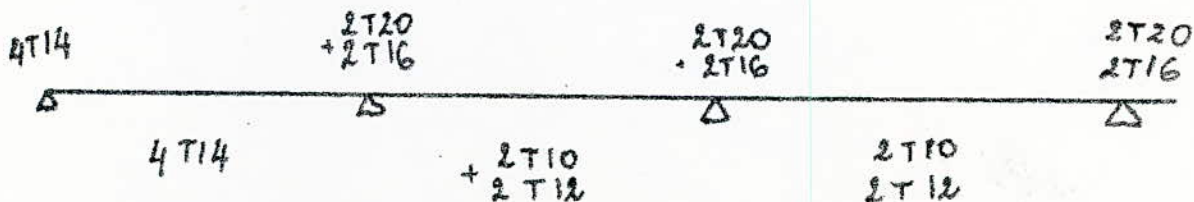
niveaux III. IV. V



Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M (tm)	-1,24	1,54	-1,56	1,35	-1,56	1,35	-1,56
	μ	0,0162	0,0202	0,0205	0,0176	0,0205	0,0176	0,0205
	E	0,9435	0,9375	0,9371	0,9415	0,9371	0,9415	0,9371
	K	73,5	65	64,5	70,5	64,5	70,5	64,5
	G'b	38	43	43,4	39,7	43,4	39,7	43,4
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	1,27	1,6	1,62	1,38	1,62	1,38	1,62

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP	M (tm)	-21.35 19.25	5.60 -2.76	-14.85 11.33	1.96	-14.85 11.33	1.96	-14.85 11.33
	μ	0.185 0.167	0.049 0.024	0.125 0.098	0.017	0.125 0.098	0.017	0.125 0.098
	E	0.8403 0.8462	0.8067 0.9324	0.8623 0.8753	0.9422	0.8623 0.8753	0.9422	0.8623 0.8753
	K	16.3 17.5	38.6 59.0	21.3 25.1	71.5	21.3 25.1	71.5	21.3 25.1
	G'b	257 240	109 72	197 167	58	197 167	58	197 167
	A' cm ²	14.64 16.35	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	16.85 14.64	4.02 1.80	10.31 8.33	1.84	10.71 8.33	1.54	10.71 8.33

SECTIONS ADOPTÉES :



PORTIQUE LONGITUDINAL I-I

A - SEMELLES:

Sections	NIVEAU I			NIVEAU II			NIVEAU III			NIVEAU IV			NIVEAU V		
	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂
1	-1.49	$\frac{-8.99}{6.05}$	7.55	-2.12	$\frac{-17.64}{13.59}$	11.48	-2.14	$\frac{-25.86}{19.76}$	13.76	-2.14	$\frac{-27.38}{23.88}$	15.20	-2.24	$\frac{-25.15}{20.87}$	13.69
1'	1.54	$\frac{4.30}{-1.33}$	7.55	2.29	$\frac{6.19}{-1.04}$	11.48	2.28	$\frac{7.03}{-2.90}$	13.76	2.28	$\frac{7.29}{-3.27}$	15.20	2.25	$\frac{6.61}{-2.45}$	13.69
2	-1.83	$\frac{-6.96}{6.36}$	7.55	-2.38	$\frac{-12.38}{7.82}$	11.48	-2.38	$\frac{-16.13}{11.57}$	13.76	-2.58	$\frac{-18.63}{14.06}$	15.20	-2.58	$\frac{-16.70}{12.14}$	13.69
2'	1.39	$\frac{2.89}{-0.22}$	7.55	2.19	$\frac{3.50}{-0.22}$	11.48	2.19	$\frac{2.94}{-0.22}$	13.76	2.19	$\frac{2.59}{-0.22}$	15.20	2.19	$\frac{2.25}{-0.22}$	13.69
3	-1.83	$\frac{-6.96}{6.36}$	7.55	-2.38	$\frac{-12.38}{7.82}$	11.48	-2.38	$\frac{-16.13}{11.57}$	13.76	-2.38	$\frac{-18.63}{14.06}$	15.20	-2.38	$\frac{-16.70}{12.14}$	13.69
3'	1.39	$\frac{2.89}{-0.22}$	7.55	2.19	$\frac{3.50}{-0.22}$	11.48	2.19	$\frac{2.94}{-0.22}$	13.76	2.19	$\frac{2.59}{-0.22}$	15.20	2.19	$\frac{2.25}{-0.22}$	13.69
4	-1.83	$\frac{-6.96}{6.36}$	7.55	-2.38	$\frac{-12.38}{7.82}$	11.48	-2.38	$\frac{-16.13}{11.57}$	13.76	-2.38	$\frac{-18.63}{14.06}$	15.20	-2.38	$\frac{-16.70}{12.14}$	13.69

B - RADIER GENERAL:

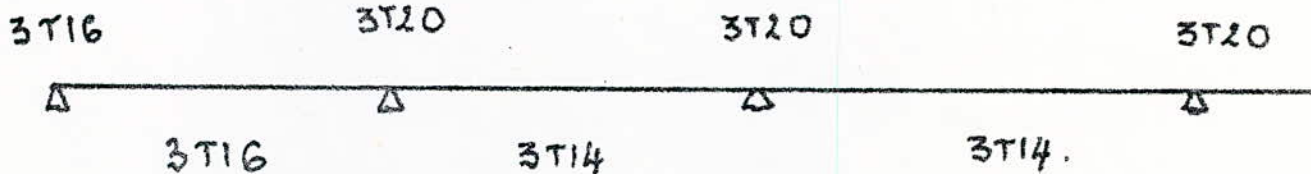
Sections	NIVEAU I			NIVEAU II			NIVEAU III			NIVEAU IV			NIVEAU V		
	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂
1	-1.49	$\frac{-8.03}{5.09}$	6.97	-2.12	$\frac{-15.64}{11.59}$	10.51	-2.14	$\frac{-21.06}{16.96}$	12.51	-2.14	$\frac{-24.64}{20.54}$	13.76	-2.14	$\frac{-23.17}{17.89}$	12.44
1'	1.54	$\frac{3.94}{-0.93}$	6.97	2.29	$\frac{5.63}{-1.42}$	10.51	2.28	$\frac{4.39}{-2.17}$	12.51	2.28	$\frac{6.81}{-2.58}$	13.76	2.25	$\frac{6.03}{-1.87}$	12.44
2	-1.83	$\frac{-6.29}{2.69}$	6.97	-2.38	$\frac{-11.07}{6.51}$	10.51	-2.38	$\frac{-14.37}{9.81}$	12.51	-2.38	$\frac{-16.52}{11.96}$	13.76	-2.38	$\frac{-14.85}{10.29}$	12.44
2'	1.39	$\frac{2.64}{-0.02}$	6.97	2.19	$\frac{3.12}{-0.02}$	10.51	2.19	$\frac{2.82}{-0.02}$	12.51	2.19	$\frac{2.52}{-0.02}$	13.76	2.19	$\frac{2.23}{-0.02}$	12.44
3	-1.83	$\frac{-6.29}{2.69}$	6.97	-2.38	$\frac{-11.07}{6.51}$	10.51	-2.38	$\frac{-14.37}{9.81}$	12.51	-2.38	$\frac{-16.52}{11.96}$	13.76	-2.38	$\frac{-14.85}{10.29}$	12.44
3'	1.39	$\frac{2.64}{-0.02}$	6.97	2.19	$\frac{3.12}{-0.02}$	10.51	2.19	$\frac{2.82}{-0.02}$	12.51	2.19	$\frac{2.52}{-0.02}$	13.76	2.19	$\frac{2.23}{-0.02}$	12.44
4	-1.83	$\frac{-6.29}{2.69}$	6.97	-2.38	$\frac{-11.07}{6.51}$	10.51	-2.38	$\frac{-14.37}{9.81}$	12.51	-2.38	$\frac{-16.52}{11.96}$	13.76	-2.38	$\frac{-14.85}{10.29}$	12.44

NIVEAUX I, II Semelles :

sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP1	M(km)	-2.12	2.29	-2.38	2.19	-2.38	2.19	-2.38
	μ	0.027	0.030	0.031	0.028	0.031	0.028	0.031
	E	0.9286	0.9248	0.9237	0.9275	0.9237	0.9275	0.9237
	K	55,0	51,5	50,5	54,0	50,5	54,0	50,5
	G'b	51	54	55	52	55	52	55
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	2.20	2.39	2.49	2.28	2.49	2.28	2.49

Section		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SP2	M(km)	-17.64 13.58	6.18 -1.94	-12.38 7.82	3.30 -0.22	-12.38 7.82	3.30 -0.22	-12.38 7.82
	μ	0.153 0.118	0.054 0.017	0.108 0.068	0.029 0.002	0.108 0.068	0.029 0.002	0.108 0.068
	E	0.8512 0.8656	0.9027 0.9422	0.8701 0.8927	0.9265 0.9792	0.8701 0.8927	0.9265 0.9792	0.8701 0.8927
	K	18.6 22.2	36.4 71.5	28.5 31.6	53.0 22.5	23.5 31.6	53.0 22.5	23.5 31.6
	G'b	225 189	115 58	179 133	79 20	179 133	79 20	179 133
	A' (cm ²)	10.08 13.33	—	—	—	—	—	—
	A (cm ²)	13.33 10.09	4.41 1.32	9.15 5.64	2.29 0.14	9.15 5.64	2.29 0.14	9.15 5.64

sections adoptées :

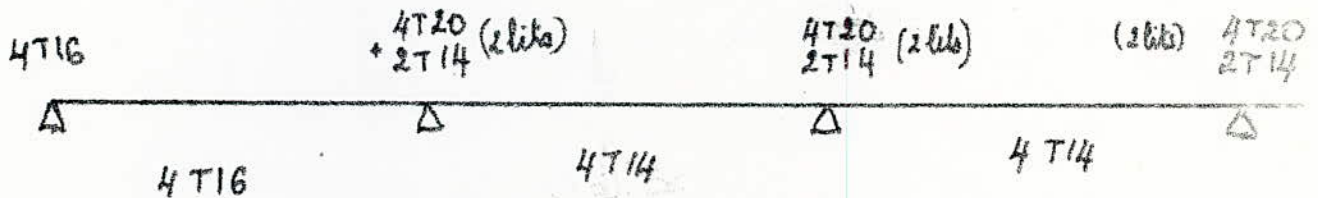


NIVEAUX III, IV, V semelles

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP1	M (tm)	-2.24	2.28	-2.38	2.19	-2.38	2.19	2.38
	μ	0.029	0.030	0.031	0.028	0.031	0.028	0.031
	E	0.9259	0.9248	0.9275	0.9275	0.9237	0.9275	0.9237
	K	52.5	51.5	50.0	54.0	50.5	54.0	50.5
	G'b	53	54	55	52	55	52	55
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	2.34	2.39	2.49	2.28	2.49	2.28	2.49

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP2	M (tm)	-27.98 23.98	7.49 -3.27	-18.63 14.06	2.94	-18.63 14.06	2.94	-18.63 14.06
	μ	0.243 0.208	0.065 0.028	0.162 0.122	0.025	0.162 0.122	0.025	0.162 0.122
	E	0.9239 0.8333	0.9945 0.9275	0.8480 0.8638	0.9310	0.8480 0.8638	0.9310	0.8480 0.8638
	K	13.4 15.0	32.5 54.0	17.9 21.7	57.5	17.9 21.7	57.5	17.9 21.7
	G'b	313 280	130 78	235 193	73	235 193	73	235 193
	A' cm ²	18.46 41.85	—	10.47	—	10.47	—	10.47
	A cm ²	21.85 18.44	5.39 2.27	14.14 10.47	2.03	14.14 10.47	2.03	14.14 10.47

Sections adoptées :

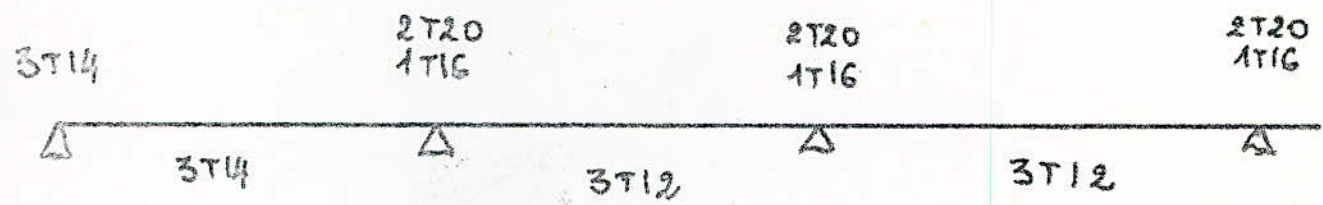


NIVEAUX I, II : RADIER

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SR	M(tm)	-2.12	2.29	-2.38	2.19	-2.38	2.19	-2.38
	μ	0.027	0.030	0.031	0.028	0.031	0.028	0.031
	E	0.9286	0.9248	0.9237	0.9275	0.9237	0.9275	0.9237
	K	53.0	51.5	50.5	54.0	50.5	54.0	50.5
	G/b	51	54	55	52	55	52	55
	A'(cm ²)	—	—	—	—	—	—	—
	A(cm ²)	2.20	2.39	2.49	2.28	2.49	2.28	2.49

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous SR	M(tm)	-15.64 11.58	5.66 -1.42	-11.07 6.51	3.12 -0.02	-11.07 6.51	3.12 -0.02	-11.07 6.51
	μ	0.136 0.100	0.049 0.012	0.096 0.057	0.027 0.0002	0.096 0.057	0.027 0.0002	0.096 0.057
	E	0.9560 0.9344	0.9371 0.9510	0.9362 0.9064	0.9286 0.9942	0.9362		
	K	20.2 24.8	38.6 87.0	95.4 37.2	55.0 850	25.4 35.2	55.0 850	25.4 35.2
	G/b	203 170	103 48	165 113	76 5	165 113	76 5	165 113
	A'(cm ²)	—	—	—	—	—	—	—
	A(cm ²)	11.73 8.52	4.01 0.96	8.13 4.65	2.16 0.0	8.13 4.65	2.16 0.00	8.13 4.65

SECTIONS ADOPTES :



NIVEAUX III. IV. V. RADIER

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP1	M(hm)	-2.24	2.28	-2.38	2.19	-2.38	2.19	2.38
	μ	0.029	0.030	0.031	0.028	0.031	0.028	0.031
	E	0.9259	0.9248	0.9275	0.9275	0.9237	0.9275	0.9237
	K	52.5	51.5	50.0	54.0	50.5	54.0	50.5
	G'b	53	54	55	52	55	52	55
	A'cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	2.34	2.39	2.48	2.98	2.48	2.28	2.49

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP2	M(hm)	-24.64 20.54	0.81 -2.58	-16.52 11.96	2.82	-16.52 11.96	2.82	-16.52 11.96
	μ	0.214 0.178	0.059 0.022	0.143 0.104	0.024	0.143 0.104	0.024	0.143 0.104
	E	0.8317 0.8423	0.8990 0.9351	0.8551 0.8721	0.9324	0.8551 0.8721	0.9324	0.8551 0.8721
	K	14.7 10.7	34.5 62.0	19.5 24.1	59.0	19.5 24.1	59.0	19.5 24.1
	G'b	285 251	122 67	215 174	72	215 174	72	215 174
	A'cm ²	15.69 19.06	—	8.82 —	—	8.82 —	—	8.82 —
	A cm ²	19.06 15.69	4.87 1.77	12.43 8.82	1.94	12.43 8.82	1.94	12.43 8.82

2T16
2T14

4T20

4T20

4T20



2T16
2T14

2T14
2T12

2T14
2T12

VI.29

PORTIQUE TRANSVERSAL II-II

SEMELLES

SECTIONS	I			II			III			IV			V		
	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂
1	-8.72	$\frac{-23.82}{6.76}$	18.82	-14.71	$\frac{-46.61}{18.88}$	26.02	-14.90	$\frac{-65.37}{32.23}$	27.68	-14.90	$\frac{-69.80}{41.16}$	28.57	-16.30	$\frac{-64.62}{38.82}$	26.81
1'	13.99	24.08	18.82	18.26	33.87	26.02	18.17	$\frac{38.48}{-5.69}$	27.68	18.17	$\frac{41.25}{-8.47}$	28.57	17.52	$\frac{37.15}{-5.66}$	26.81
2	-10.85	$\frac{-15.10}{-}$	18.82	-20.07	$\frac{-26.23}{-}$	26.02	-20.11	$\frac{-27.89}{-}$	27.68	-20.11	$\frac{-28.20}{-}$	28.57	-20.60	$\frac{-27.86}{-}$	26.81
2'	-5.90	-6.50	18.82	-6.61	-7.28	26.02	-6.52	-7.07	27.68	-6.51	-6.92	28.57	-5.59	-5.88	26.81
3	-10.85	-15.10	18.82	-15.07	-21.23	26.02	-15.10	-22.89	27.68	-15.10	-23.79	28.57	-15.45	-22.71	26.81
3'	13.99	24.08	18.82	20.98	36.59	26.02	20.91	$\frac{41.22}{-2.95}$	27.68	20.81	$\frac{43.89}{-5.43}$	28.57	20.35	$\frac{39.98}{-2.93}$	26.81
4	-8.72	$\frac{-23.82}{6.76}$	18.82	-14.26	$\frac{-46.21}{19.33}$	26.02	-14.44	$\frac{-58.91}{32.69}$	27.68	-14.44	$\frac{-68.84}{41.62}$	28.57	-15.80	$\frac{-64.10}{34.32}$	26.81

RADIERS

sections	I			II			III			IV			V		
	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂	M _{max} SP ₁	M _{max} SP ₂	T _{max} SP ₂
1	-8.72	$\frac{-21.84}{4.78}$	18.12	-14.71	$\frac{-42.36}{14.61}$	24.95	-14.90	$\frac{-54.38}{26.24}$	26.42	-14.90	$\frac{-62.18}{34.04}$	27.20	-16.30	$\frac{-58.23}{27.45}$	25.63
1'	13.99	22.67	18.12	18.26	31.57	24.95	18.17	$\frac{39.60}{-2.80}$	26.42	18.17	$\frac{38.03}{-5.24}$	27.20	17.52	$\frac{34.75}{-2.86}$	25.63
2	-10.95	-14.51	18.12	-20.07	-25.30	24.95	-20.11	$\frac{-10.36}{-}$	26.42	-20.11	-27.55	27.20	-20.60	-26.78	25.63
2'	-5.90	-6.43	18.12	-6.61	-7.22	24.95	-6.52	-7.02	26.42	-6.51	-6.83	27.20	-5.59	-5.87	25.63
3	-10.85	-14.54	18.12	-15.07	-20.30	24.95	-15.10	-21.75	26.42	-15.10	-22.54	27.20	-15.45	-21.63	25.63
3'	13.99	22.67	18.12	20.98	34.29	24.95	20.91	$\frac{38.34}{-2.50}$	26.42	20.91	$\frac{40.77}{-2.50}$	27.20	20.35	$\frac{37.18}{-}$	25.63
4	-8.72	$\frac{-21.84}{4.78}$	18.12	-14.26	$\frac{-41.94}{15.06}$	24.95	-14.44	$\frac{-53.92}{26.70}$	26.42	-14.44	$\frac{-61.72}{34.50}$	27.20	-15.80	$\frac{-57.73}{27.95}$	25.63

VI-30

NIVEAU II - SEMELLES

ht = 60cm

h = 55cm

b = 30cm

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SPA	M(tm)	-8.72	13.99	-10.85	-5.90	-10.85	13.99	-8.72
	μ	0.0514	0.0826	0.0640	0.0326	0.0640	0.0826	0.0540
	E	0.9049	0.8937	0.8954	0.9201	0.8954	0.8937	0.9049
	K	37.6	28.0	32.8	47.6	32.8	28.0	37.6
	Glb	74	100	85	59	85	100	74
	A'cm ²	/	/	/	/	/	/	/
	Acm ²	6.25	10.28	7.87	4.16	7.87	10.28	6.25

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SPA	M(tm)	-23.82 6.75	24.08	-15.10	-6.50	-15.10	24.08	-23.82 6.75
	μ	0.0937 0.0266	0.0947	0.0594	0.0256	0.0594	0.0947	0.0937 0.0266
	E	0.9774 0.9291	0.8771	0.8988	0.9306	0.8988	0.8771	0.9774 0.9291
	K	25.8 55.5	25.7	34.4	57.0	34.4	25.7	25.8 55.5
	Glb	162 76	163	122	74	122	163	162 76
	A'cm ²	/	/	/	/	/	/	/
	Acm ²	11.75 3.15	11.80	7.27	3.02	7.27	11.80	11.75 3.15

sections adoptées :

3T16

2T20
1T16

2T20
1T16

3T16



3T20
3T14 (2lks)

3T20
3T14 (2lks)

VI.31

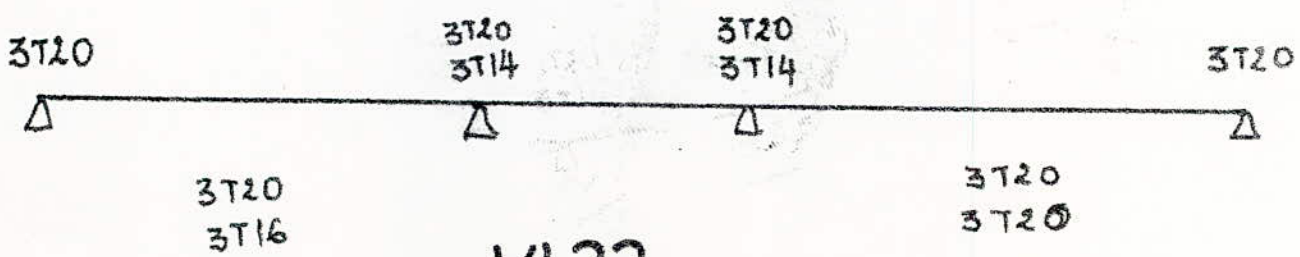
NIVEAUX D - SEMELLES

ht = 65 cm
h = 60 cm

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous D2	M (tm)	-14.70	18.26	-20.07	-6.61	-15.07	20.98	-14.26
	μ	0.0729	0.0905	0.0995	0.0327	0.0747	0.104	0.0707
	E	0.8896	0.8792	0.8744	0.9224	0.8884	0.8721	0.8911
	K	30.3	26.4	24.8	49.4	29.8	24.1	30.9
	G'b	92	106	112	56	94	116	91
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	9.83	12.36	13.66	4.26	10.10	14.32	9.53

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous D2	M (tm)	-14.66 18.88	33.87	-26.23	-7.29	-21.23	36.59	-46.21 19.33
	μ	0.1540 0.0624	0.1120	0.0867	0.024	0.0702	0.1210	0.1530 0.0639
	E	0.8508 0.8967	0.8681	0.8812	0.9324	0.8913	0.8641	0.8512 0.8956
	K	18.5 33.4	22.9	27.1	59.0	31.0	21.8	18.6 32.9
	G'b	227 125	183	155	72	135	192	226 127
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	21.76 8.36	15.48	11.81	3.10	9.45	16.80	21.54 8.56

Sections adoptées :



V1.32

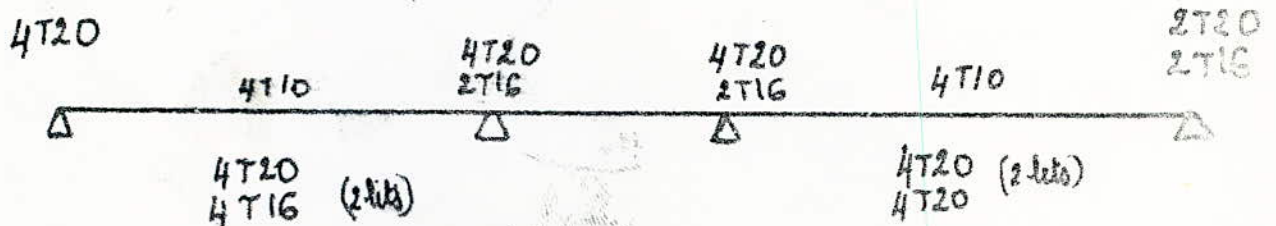
NIVEAUX III-IV-V : SEMELLES

$h_E = 60 \text{ cm}$
 $h_t = 65 \text{ cm}$

sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SPA	M (tm)	-16.30	18.17	-20.60	-6.52	-15.45	20.91	-15.80
	μ	0.0810	0.0900	0.1020	0.032	0.0766	0.1057	0.0783
	ϵ	0.8845	0.8795	0.8731	0.9231	0.8674	0.8725	0.8864
	K	28.3	26.5	24.4	50.0	29.4	24.2	29
	G/b	99	105	115	56	95	116	96
	A' (cm ²)	—	—	—	—	—	—	—
	A (cm ²)	10.96	12.29	14.04	4.20	10.36	14.26	10.61

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
SOUS SP2	M (tm)	-69.30 41.16	41.25 -8.47	-28.36	-7.07	-23.79	43.93 -5.73	-68.81 41.6
	μ	0.2291 0.1360	0.1360 0.0280	0.0950	0.0233	0.0786	0.145 0.0189	0.1278 0.157
	ϵ	0.8236 0.8580	0.8580 0.9275	0.8768	0.9334	0.8861	0.8542 0.9394	0.9282 0.857
	K	14.0 20.2	20.2 54.0	25.6	60.0	28.9	18.3 67.5	14.1 20.1
	G/b	300 203	203 77	164	70	145	218 62	293 202
	A' (cm ²)	19.03 —	— —	—	—	—	2.42 —	19.25 —
	A (cm ²)	33.23 19.03	19.07 3.62	13.03	3.005	10.65	20.43 2.42	32.98 19.21

Sections adoptées :



V/33

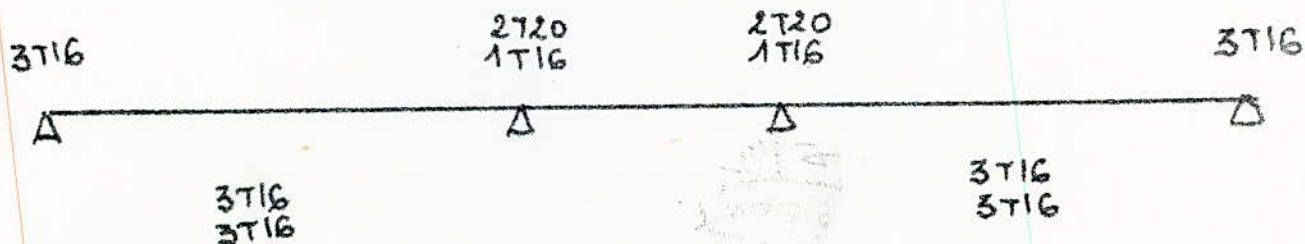
NIVEAUX I. RADIER

ht = 60 cm
h = 55 cm. b = 30 cm.

sections	1	1'	2	2'	3	3'	4	
SOUS SP	M (tm)	-8.72	13.99	-10.85	-5.90	-10.85	13.99	-8.72
	μ	0.0514	0.0826	0.0640	0.0326	0.0640	0.0826	0.0514
	E	0.9049	0.8837	0.8954	0.9201	0.8954	0.8837	0.9049
	K	37.6	28.0	32.8	47.6	32.8	28.0	37.6
	6lb	74	100	85	59	85	100	74
	A' cm ²	/	/	/	/	/	/	/
	A cm ²	6.25	10.28	7.87	4.16	7.87	10.28	6.25

sections	1	1'	2	2'	3	3'	4	
SOUS SP	M (tm)	$\frac{-21.94}{4.78}$	22.67	-14.51	-6.43	-14.54	22.67	$\frac{-21.84}{4.78}$
	μ	$\frac{0.0860}{0.0189}$	0.0892	0.0570	0.0253	0.0570	0.0892	$\frac{0.0860}{0.0189}$
	E	$\frac{0.8818}{0.9398}$	0.8798	0.9004	0.9306	0.9004	0.8798	$\frac{0.8818}{0.9398}$
	K	$\frac{27.3}{68.0}$	26.6	35.2	57.0	35.2	26.6	$\frac{27.3}{68}$
	6lb	$\frac{154}{62}$	158	120	74	120	158	$\frac{154}{62}$
	A' cm ²	-	-	/	/	/	/	-
	A cm ²	$\frac{10.72}{2.20}$	11.15	6.98	2.99	6.98	11.15	$\frac{10.72}{2.20}$

sections adoptées



VI-34

NIVEAUX . III . IV . V : RADIER

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous S ₁	M (tm)	-16.30	18.17	-20.60	-6.52	-15.45	20.91	-15.80
	μ	0.0810	0.0900	0.1020	0.0320	0.0766	0.1037	0.0783
	E	0.8845	0.8795	0.8731	0.9231	0.8874	0.8725	0.8864
	K	28.3	26.5	24.4	50.0	29.4	24.2	29.0
	G _b	99	105	115	56	95	116	96
	A' cm ²	—	—	—	—	—	—	—
	A cm ²	10.96	12.29	14.04	4.20	10.36	14.26	10.61

Sections		1	1'	2	2'	3	3'	4
Sous S ₂	M (tm)	-62.18 34.04	38.03 -5.24	-27.55	-7.02	-22.54	40.77 -2.50	-61.72 34.50
	μ	0.205 0.112	0.125 0.073	0.0910	0.0232	0.0745	0.135 0.0082	0.204 0.114
	E	0.8342 0.8681	0.8623 0.9419	0.8789	0.9334	0.8886	0.8580 0.9590	0.8344 0.8674
	K	15.2 22.9	21.3 71.0	26.3	60.0	29.9	20.2 107	15.2 22.7
	G _b	276 183	197 60.0	160	70.0	140	205 40	276 185
	A' cm ²	15.56 —	— —	—	—	—	— —	15.78 —
	A cm ²	29.5 15.56	17.5 2.20	12.43	2.98	10.06	18.85 1.03	29.35 15.78

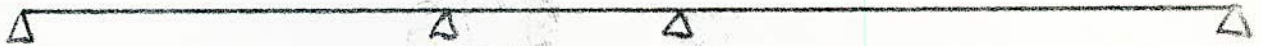
sections adoptées :

4T20

4T20

4T20

2T20
2T16



4T20
4T16

4T20
4T20

VI.36

III VERIFICATIONS PORTIQUE. III - III

NIVEAU I-II : Semelles

a) condition de non fragilité

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{6\alpha} \left(\frac{ht}{h} \right)^2 = 30 \cdot 37 \cdot 0.54 \cdot \frac{5.9}{2800} \left(\frac{40}{37} \right)^2 = 1.47 \text{ cm}^2$$

vérifiées pour toutes les sections.

b) condition de flèche

$$\bullet \quad ht \geq \frac{1}{16} l = \frac{1}{16} \cdot 3.90 = 24.4 \quad \text{vérifié} \quad (ht = 40 \text{ cm})$$

$$\bullet \quad ht \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} l \quad \approx 1$$

travée 1-2: $\rightarrow \quad ht \geq \frac{1}{10} \frac{1.55}{2.6} 390 = 23.25 \text{ cm}$ sous SP_1

$$ht \geq \frac{1}{10} \frac{0.14}{3.06} 390 = 3.8 \text{ cm}$$
 sous SP_2

travées 2-3:

$$ht \geq \frac{1}{10} \frac{1.35}{2.6} 390 = 20.25 \text{ cm}$$
 sous SP_1

$$ht \geq \frac{1}{10} \frac{2.36}{3.61} 390 = 25.5 \text{ cm}$$
 sous SP_2

$$\bullet \quad A \leq \frac{43}{6\alpha} b_0 \cdot h = \frac{43}{4200} \cdot 30 \cdot 37 = 11.36 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

c) condition de non entraînement des barres

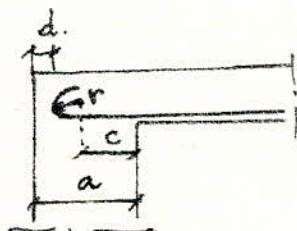
$$\bar{\sigma}_d = 2 \psi d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1.5 \cdot 5.9 = 17.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_d = \frac{T_{\max}}{n p z} = \frac{2860}{3 \cdot 507 \cdot \frac{7}{8} \cdot 37} = 7.8 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{vérifié}$$

d) conditions aux appuis

$$c \geq \frac{2T}{b \cdot \bar{\sigma}_b} = \frac{2 \cdot 2860}{30 \cdot 67.5} = 2.8 \text{ cm}$$

$$c = a - (d + r) = 30 - (4 + 3 \times 1.6) = 22.4 \text{ cm}$$



$$A \cdot \bar{\sigma}_a \geq T + M/z \Rightarrow A \geq \frac{T + M/z}{\bar{\sigma}_a}$$

appui	1	2	3
M (tm)	-4,4 tm	-7,90	-7,90
T. (t)	654	621	621
A (cm ²)	< 0	< 0	< 0

sous S_{P2} (plus défavorable)

les armatures prolongées de la travée de suffisent.

e) verification des contraintes

la section d'armatures adoptée étant toujours supérieure à la section trouvée on aura alors $\sigma_a < \bar{\sigma}_a$ quelque soit la section pour toutes les sections du patique.

f) verification de la fissuration.

Section 1: $\bar{\omega}_f = \frac{A}{8f} = \frac{4,62}{4 \times 30} = 0,0385 \rightarrow G_1 = 3200 \text{ kg/cm}^2$

3T14: $\bar{\sigma}_b = 5,9 \text{ kg/cm}^2 \rightarrow G_2 = 1955 \text{ kg/cm}^2$

$\bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 < \max(G_1, G_2) = 3200 \text{ kg/cm}^2$

section 2

2T20 + 1T16: $\bar{\omega}_f = 0,069 \rightarrow \begin{cases} G_1 = 3295 \text{ kg/cm}^2 \\ G_2 = 1630 \end{cases}$
verifiée.

section 1'

3T16: $\bar{\omega}_f = 0,050 \therefore \rightarrow \begin{cases} G_1 = 3320 \text{ kg/cm}^2 \\ G_2 = 2829 \end{cases}$
verifiée.

niveaux I - II . RADIER

a) condition de non fragilité: id vérifiée. ✓ la section choisie

$$A \geq b h \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h}{h'} \right)^2$$

b) condition de flèche.

• $h t \geq \frac{1}{16} l = \frac{390}{16} = 24,4 \text{ cm.}$

• $h t \geq \frac{1}{10} \frac{M b l}{M_0}$

• travée 1-2. $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{4,55}{2,6} \cdot 390 = 23 \text{ cm}$ sous SP_1 ,

$ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{3,79}{3,87} \cdot 390 = 38 \text{ cm}$ sous SP_2 .

• travée 2-3 $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,35}{2,6} \cdot 390 = 20,2 \text{ cm}$ sous SP_1 ,

$ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,21}{3,46} \cdot 390 = 25 \text{ cm}$ sous SP_2 .

• $A \leq \frac{43}{6 \text{ cm}} \cdot b \cdot h = 11,36 \text{ cm}^2$.

✓
vérifiée.

c) condition de non entraînement des barres

$\bar{\sigma}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2$. avec $\bar{\sigma}_d = \frac{T_{\max}}{n p z} = \frac{2860}{3 \cdot 1,77 \cdot 32,37} = 7,8 \text{ kg/cm}^2$.

$\bar{\sigma}_d < \bar{\sigma}_d$

✓
vérifiée.

d) conditions aux appuis

$A \bar{\sigma}_a \geq T + M/z$

les armatures de la travée
suffisent.

appui	1	2	3
M (tm)	-4,34	-6,97	-6,97
T. (t)	8,62	7,38	7,38
A. cm^2	< 0	< 0	< 0

e) verification des contraintes : la section d'armatures adoptée
étant toujours supérieure à la section trouvée donc $G_a < \bar{G}_a$

f) fissuration.

section 1 et 1'
3T14:

déjà vérifiée.

section 2
2T20+1T12.

$\bar{\omega}_f = 0,062$. $\left\{ \begin{array}{l} G_1 = 3062 \text{ kg/cm}^2 \\ G_2 = 1633 \end{array} \right.$

✓
vérifiée.

section 2'
3T12.

$\bar{\omega}_f = 0,028$.

$\left\{ \begin{array}{l} G_1 = 2916 \text{ kg/cm}^2 \\ G_2 = 2110 \end{array} \right. //$

✓
vérifiée.

VI.40

NIVEAUX. III. IV. V. Semelles et Radier.

a) condition de non fragilité :

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_a} \cdot \left(\frac{ht}{h}\right)^2 : \text{vérifiée pour toute section.}$$

b) condition de flèche :

$$\bullet \quad ht \geq \frac{1}{16} \cdot l = \frac{1}{16} \cdot 390 = 24 \text{ cm.} \quad (ht = 40 \text{ cm})$$

$$\bullet \quad A \leq \frac{43}{6\sigma_n} \cdot b \cdot h = \frac{43}{4200} \cdot 30 \cdot 37 = 11,36 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifiée pour toute section}$$

$$\bullet \quad ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_E}{M_0} \cdot l$$

travé 1.2. $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{1,54}{2,60} \cdot 390 = 24 \text{ cm.}$

travé 2.3 $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{1,35}{2,60} \cdot 390 = 20,2 \text{ cm.}$

c) condition de non entraînement des barres

$$\bar{\sigma}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 2 \cdot 1,5 \cdot 5,9 = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_d = \frac{T}{n p \bar{x}}$$

semelle: $\Rightarrow \sigma_d = \frac{2780}{4(44) \cdot 3237} = 4,88 \text{ kg/cm}^2$

radier $\sigma_d = 4,88 \text{ kg/cm}^2$ vérifié

donc $\sigma_d < \bar{\sigma}_d$.

d) conditions aux appuis :

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

Semelles

Appui	1	2	3
M (tm)	-5,99	-12,25	-12,25
T (t)	2,58	2,78	2,78
A · cm ²	< 0	< 0	< 0

Les armatures prolongées de la travée suffisent.

idem pour le Radier.

e) verification des contraintes.

la section d'armatures adoptée étant supérieure à la section calculée on aura alors $\bar{\sigma}_a < \bar{\sigma}_a$.

f) fissuration.

$$\begin{array}{l} \text{section 1:} \\ 4T14 \end{array} \quad \bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{6,15}{4 \times 30} = 0,051. \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3420 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1955 \text{ -} \end{cases}$$

$$\bar{\sigma}_a < \max(\sigma_1, \sigma_2) \rightarrow \text{verifiée.}$$

$$\begin{array}{l} \text{section 2:} \\ \text{semelle: 4T20} \end{array} \quad \bar{\omega}_f = \frac{12,56}{4 \times 30} = 0,104. \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 4078 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1633 \text{ -} \end{cases}$$

verifiée.

$$\begin{array}{l} \text{radier:} \\ 2T20 + 2T16 \end{array} \quad \bar{\omega}_f = \frac{10,3}{4 \times 30} = 0,0858. \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3700 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1633 \text{ -} \end{cases}$$

verifiée.

$$\begin{array}{l} \text{section 2':} \\ \text{semelle: 4T12} \end{array} \quad \bar{\omega}_f = \frac{4,52}{4 \times 30} = 0,0376. \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3600 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2110 \text{ -} \end{cases}$$

$$\begin{array}{l} \text{radier:} \\ 2T10 \\ 2T12 \end{array} \quad \bar{\omega}_f = \frac{3,83}{4 \times 30} = 0,032. \Rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3230 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 2110 \text{ -} \end{cases}$$

verifiée.

VERIFICATION POUR PORTIQUE I-I:

NIVEAUX I. II Semelles - Radier:

a) condition de non fragilité:

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{h_t}{h} \right)^2 = 30 \cdot 37 \cdot 0,54 \cdot \frac{5,9}{2800} \left(\frac{40}{37} \right)^2 = 1,47 \text{ cm}^2$$

elle est vérifiée pour toute section du patique. I-I.

b) condition de flèche:

- $ht \geq \frac{1}{16} l = \frac{1}{16} \cdot 390 = 24 \text{ cm.}$ ($ht = 40 \text{ cm}$)
- $A \leq \frac{43}{6 \text{ cm}} \cdot bo \cdot h = 11,36 \text{ cm}^2$. vérifié pour toute section.
- $ht \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \cdot l$.

Semelle

travée 1-2 : $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,29}{3,95} \cdot 390 = 22,6 \text{ cm.}$

travée 2-3 : $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,19}{3,95} \cdot 390 = 21,6 \text{ cm}$

idem. pour le radier. vérifié.

c) condition de non enlèvement des barres.

$$\bar{\sigma}_d = 2 \psi_d \cdot \bar{\sigma}_b = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_d = \frac{T}{npz} \quad \text{semelles: } \bar{\sigma}_d = \frac{4120}{3 \cdot 5,03 \cdot 32,37} = 8,43 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{radier: } \bar{\sigma}_d = \frac{4120}{3 \cdot 4,4 \cdot 32,37} = 9,64 \text{ Kg/cm}^2$$

c'est vérifié.

d) conditions aux appuis.

Idem que pour le portique III - III.

des armatures prolongées de la travée suffisent.

e) vérification des contraintes : la contrainte $\sigma_a < \bar{\sigma}_a$ car la section adoptée dépasse toujours la section ~~est~~ trouvée.

f) fissuration :

section 1 et 1' :

$$3T16 : \bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{6,03}{4 \cdot 30} = 0,05 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3332 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1829 \text{ -} \end{cases}$$

$$3T14 : \bar{\omega}_f = \frac{4,62}{4 \cdot 30} = 0,0385 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3147 \text{ Kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1955 \text{ -} \end{cases}$$

VI.43

section 2 :

$$2T20 + 1T16 \rightarrow w_f = 0.069 \rightarrow \begin{cases} G_1 = 3295 \text{ Kg/cm}^2 \\ G_2 = 1630 - \end{cases}$$

$$3T20 \rightarrow \bar{w}_f = 0.0785 \rightarrow \begin{cases} G_1 = 3500 \text{ Kg/cm}^2 \\ G_2 = 1630 - \end{cases}$$

section 2' :

3T12 : vérifié déjà précédemment

vérifiée.

NIVEAUX III . IV . V Semelle - RADIER

a) condition de non fragilité :

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{G}_b}{\bar{G}_a} \left(\frac{h_t}{h} \right)^2 \quad \text{vérifié pour toute section.}$$

b) condition de flèche :

$$\bullet h_t \geq \frac{1}{16} \cdot l = 24 \text{ cm.} \quad (h_t = 40 \text{ cm.})$$

$$\bullet A \leq \frac{43}{6\text{cm}} \cdot b_0 \cdot h = 11,36 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifié pour toute section.}$$

$$\bullet h_t \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t}{M_0} \cdot l.$$

semelles

$$\text{travée 1-2} \quad h_t \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,28}{3,95} \cdot 390 = 22,5 \text{ cm.}$$

$$h_t \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{2,19}{3,95} \cdot 390 = 21,6 \text{ cm.}$$

Idem pour le Radier.

vérifié.

c) condition de non entraînement des barres :

$$\bar{\sigma}_d = 2\psi_d \cdot \bar{G}_b = 17,7 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\sigma_d = \frac{T}{n \cdot p \cdot Z} \quad \text{semelles : } \sigma_d = \frac{4120}{4 \cdot 5,03 \cdot 32,37} = 6,32 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{radier : } \sigma_d = \frac{4120}{4 \times 4,4 \cdot 32,37} = 7,23 \text{ Kg/cm}^2$$

vérifiée

d) conditions aux appuis.

Idem que le pontique III. III.

des armatures prolongées de la travée suffisent.

e) verification des contraintes.

La contrainte $\sigma_a < \bar{\sigma}_a$. car la section adoptée est toujours supérieure à la section calculée.

f) fissuration.

section 1 et 1':

$$4T16 \rightarrow \bar{w}_f = 0.067 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 4048 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1827 - \end{cases}$$

$$\frac{2T16 + 2T14}{2T14} \rightarrow \bar{w}_f = 0.059 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3680 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1827 - \end{cases}$$

section 2:

$$4T20: \bar{w}_f = 0.104 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 4078 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1633 - \end{cases}$$

section 2':

$$4T14 \quad \bar{w}_f = 0.051 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3420 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1955 - \end{cases}$$

$$\frac{2T14}{2T12}: \bar{w}_f = 0.0445 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3088 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1955 \text{ kg/cm}^2 \end{cases}$$

toutes les conditions sont vérifiées.

V.45

VERIFICATION POUR PORTIQUE. II - II

NIVEAU I . Semelle - radier :

a) condition de non fragilité :

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{6a} \left(\frac{ht}{h} \right)^2 = 30 \cdot 55 \cdot 0,54 \cdot \frac{5,9}{2800} \cdot \left(\frac{60}{55} \right)^2 = 2,23 \text{ cm}^2$$

vérifié.

b) condition de flèche :

• $ht \geq \frac{1}{16} \cdot l = \frac{1}{16} \cdot 667 = 42 \text{ cm.}$ ($ht = 60 \text{ cm}$)

• $A \leq \frac{43}{6en} \cdot b_0 \cdot h = \frac{43}{4200} \cdot 30 \cdot 55 = 16,89 \text{ cm}^2$

• $ht \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} \cdot l :$

$$ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{13,99}{22,47} \cdot 667 = 41,5 \text{ cm.}$$

vérifié.

c) condition de non entraînement des barres :

$$\bar{\sigma}_d = 2 \cdot \psi_b \cdot \bar{\sigma}_b = 17,7 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_d = \frac{T_{max}}{n \cdot p \cdot z}$$

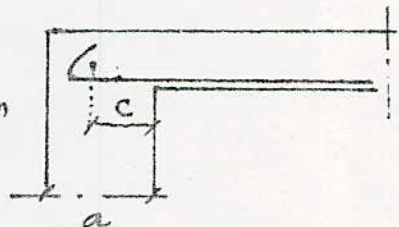
semelle: $\bar{\sigma}_d = \frac{13800}{3 \cdot 628 \cdot \frac{7,55}{8}} = 1,52 \text{ Kg/cm}^2$

radier: $\bar{\sigma}_d = \frac{13800}{3 \cdot 5,03 \cdot 91} = 19,9 \text{ Kg/cm}^2$

donc on a $\bar{\sigma}_d \leq \bar{\sigma}_d$.

d) conditions aux appuis.

$$c \geq \frac{2T}{b \bar{\sigma}_b} = \frac{2 \times 13800}{30 \cdot 67,5} = 13,6 \text{ cm}$$



armatures inférieures

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

appui	1	2	3	4
M (tm)	-8,72	-10,85	-10,85	-8,72
T (t)	13,80	13,80	13,80	13,80
A. cm ²	<0	<0	<0	<0

e) verifications des contraintes

la section adoptée étant supérieure à la section trouvée \Rightarrow
 $6a < \bar{6}a$.

f) fissuration :

section. 1 $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = 0.050 \rightarrow \begin{cases} \sigma_1 = 3320 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_2 = 1829 \text{ —} \end{cases}$
 3T16.

section. 1' : vérifiée précédemment

section 2 : vérifiée précédemment

NIVEAU II . Semelle et radier :

a) condition de non fragilité :

est
 $A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_a} \left(\frac{ht}{h} \right)^2 = 30 \cdot 60 \cdot 0.54 \cdot \left(\frac{65}{60} \right)^2 \cdot \frac{5.8}{2800} = 2.2$

vérifiée pour toute section du portique.

b) condition de flèche :

• $ht \geq \frac{1}{16} l = 42 \text{ cm.}$

• $A \leq \frac{43}{6\eta} \cdot b_0 \cdot h = \frac{43}{4200} \cdot 30 \cdot 60 = 18.8 \text{ cm}^2$

• $ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{M_t \cdot l}{M_0}$

$ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{20.98}{30.58} \cdot 667$

$ht \geq \frac{1}{10} \cdot \frac{20.98}{30.58} \cdot 667 = 45.7 \text{ cm.}$

vérifiée

c) condition de non entraînement des barres :

$\bar{\sigma}_d = 17.7 \text{ kg/cm}^2$

$\sigma_d = \frac{T_{\max}}{npz}$

semelle: $\sigma_d = \frac{19120}{3 \cdot 628 \cdot 60} = 16.90 \text{ kg/cm}^2$

radier: $\sigma_d = \frac{19120}{3 \cdot 628 \cdot 60} = 16.9 \text{ kg/cm}^2$ vérifiée

d) condition aux appuis

$$A \geq \frac{T + M/z}{6a}$$

Appui	1	2	3
M (tm)	-14,70	-2007	-1507
T (k)	19,12	19,12	19,12
A. cm ²	< 0	< 0	< 0

Les armatures prolongées de la travée suffisent.

e) verifications des contraintes:

on a toujours $6a < \bar{6}a$ car la section adoptée étant toujours supérieure à la contrainte section trouvée.

f) fissuration:

section 1.1' } vérifiées précédemment.
section 2.2' }

NIVEAUX. III. IV. V :

a) condition de non fragilité:

$$A \geq b \cdot h \cdot \psi \cdot \frac{\bar{6}b}{6a} \cdot \left(\frac{h}{h}\right)^2 = 2,36 \text{ cm}^2 \quad \text{vérifiée.}$$

b) condition de flèche:

elle est vérifiée précédemment (voir niveau. II)

c) condition de non entraînement des barres.

$$\bar{\sigma}_d = 17,7 \text{ kg/cm}^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{semelle.} \\ \text{radier} \end{array} \right\} \sigma_d = \frac{19120}{4 \times 6,28 \cdot 60} = 12,68 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_d < \bar{\sigma}_d \quad \text{vérifiée.}$$

VI.47

VI.48

d) conditions aux appuis :

vérifié. précédemment. (voir niveau II).

les armatures prolongées de la travée suffisent.

e) vérification des contraintes :

on a toujours $\sigma_a < \bar{\sigma}_a$ car la section adoptée dépasse la section trouvée

f) fissuration : toutes les sections sont vérifiées précédemment

ARMATURES TRANSVERSALES

PORTIQUE I-I :

Les travées sont identiques, on déterminera l'effort tranchant max pour tout le niveau considéré puis on adoptera les mêmes armatures et les mêmes espacements pour toutes les travées.

NIVEAU I :

$$T_{\max} = 3150 \text{ Kg.}$$

$$\sigma_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{3150}{30,7 \cdot \frac{37}{8}} = 3,24 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = 6,03 \text{ cm}^2$$

$$M = 5,85 \text{ tm.}$$

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \cdot 6,03}{30,38} = 0,5$$

on tire $\left. \begin{array}{l} K = 30,4 \\ E = 0,8899 \end{array} \right\} \Rightarrow \sigma_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \rightarrow \sigma'_b = 92 \text{ Kg/cm}^2$

donc $\bar{\sigma}'_b < \sigma'_b < \bar{\sigma}_b \Rightarrow \bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{\sigma'_b}{\bar{\sigma}'_b} \right) \bar{\sigma}_b$

$$\bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{92}{67,5} \right) \cdot 5,8 = \underline{18,2 \text{ Kg/cm}^2}$$

les cadres et les étriers suffisent.

VI.49

espacement.

$$\bar{G}_a t = \frac{2}{3} \cdot G_{en} = \frac{2}{3} \cdot 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

acier doux Fe E 24.

$$t = \frac{A_t \cdot Z \cdot \bar{G}_a t}{T}$$

on choisit un cadre + 1 étrier en $\phi 6$

$$A_t = 1,12 \text{ cm}^2$$

$$t = 18 \text{ cm.}$$

espacement admissible:

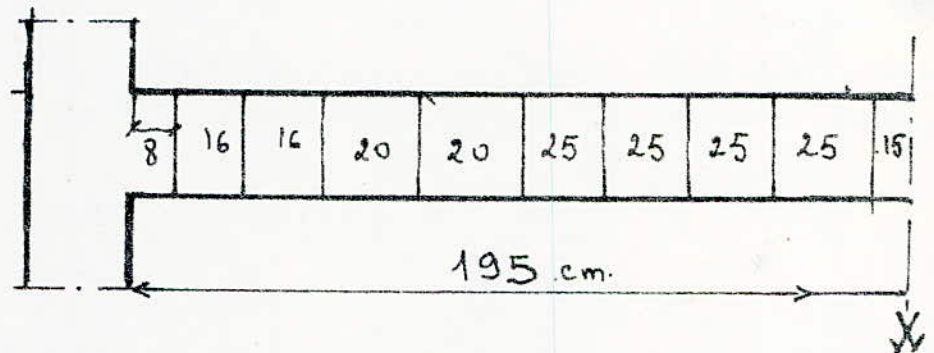
$$\bar{t} = \max \begin{cases} 0,2h = 7,5 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\sigma_b}{6b}\right) = 30 \text{ cm.} \end{cases}$$

$$\bar{t} = 30 \text{ cm}$$

portée = 3,90 m $\Rightarrow \frac{l}{2} \cong 2 \text{ m}$

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

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2} = 8 \text{ cm}$, les autres suivent la suite de CAQUOT.



$$8; 2 \times 16; 2 \times 20; 2 \times 25; 2 \times 25 + 15.$$

NIVEAUX II, III, IV, V

$$T_{max} = 4120 \text{ kg.}$$

Pour le niveau II, on utilisera 1 cadre + 1 étrier.

pour les autres niveaux on utilisera un double cadre.

$$\sigma_b = \frac{T}{bZ} = \frac{4120}{30 \cdot 32,87} = 4,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$M = 7,804 \text{ tm} \quad A = 8,04 \text{ cm}^2 \quad \omega = 100 \frac{A}{b \cdot h} = 0,724$$

$$K = 25,6$$

$$\sigma_a = G'b = \frac{6a}{K} = 110 \text{ kg/cm}^2$$

$$E = 0,876$$

VI.50

$$\bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{110}{67,5}\right) \cdot 5,8 = 16,65 \text{ Kg/cm}^2$$

les cadres et les étriers suffisent.

espacement

$$\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$$

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

on choisit 4 brins de $\phi 6$.

niveau II.: 1 cadre + 1 étrier

niveau III. IV. V.: 2 cadres.

$$t = \frac{1,12 \cdot \frac{7 \cdot 37}{8} \cdot 1600}{4120} = 14 \text{ cm.}$$

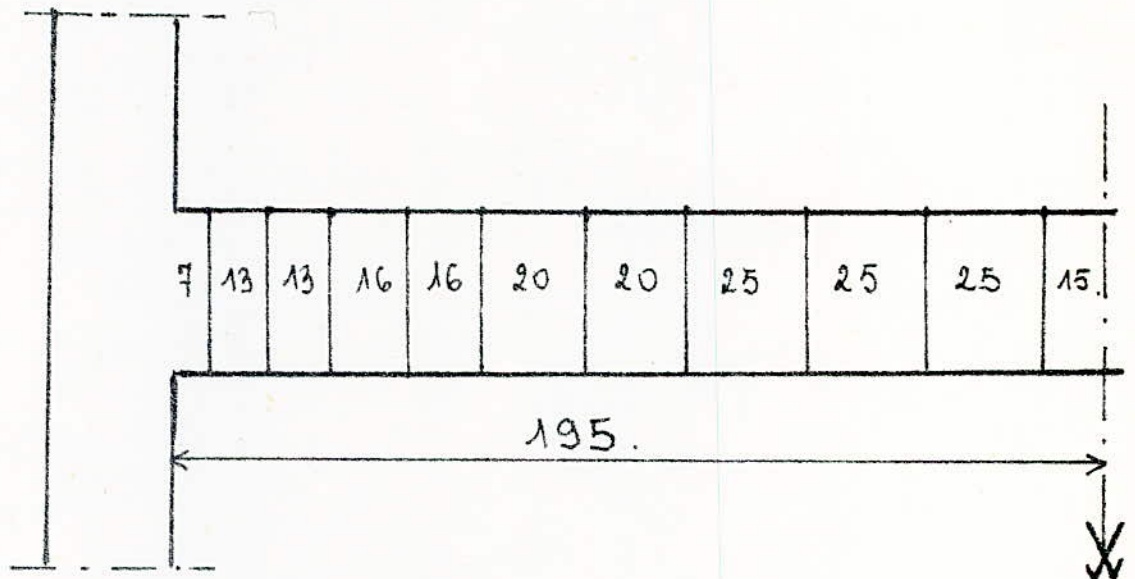
$$\underline{t = 13 \text{ cm.}}$$

espacement admissible

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2h = 7,5 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b'}\right) = 29 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

$$\underline{\bar{t} = 29 \text{ cm.}}$$

le 1^{er} cours d'armature sera placé à $\frac{t}{2} = 7 \text{ cm.}$



7, 2x13, 2x16, 2x20, 2x25, 1x25, 1x15.

PORTIQUE III-III: Idem que le portique I-I.

on adoptera les mêmes armatures transversales.

VI.51

PORTIQUE. II - II

NIVEAU I.

TRAVÉE. A-2

$$T_{\max} = 13800 \text{ Kg}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{13800}{30 \cdot \frac{7.55}{8}} = 9,56 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = 8,99 \text{ cm}^2 \quad M = 10,85 \text{ tm} \quad \text{d'où}$$

$$\bar{\omega} = 100 \frac{A}{b \cdot h} = 0,502 \Rightarrow \left. \begin{array}{l} K = 31,9 \\ E = 0,8934 \end{array} \right\} \Rightarrow \bar{\sigma}_a = 26$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = 83 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow \bar{\sigma}_b = \left(4,5 - \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_{b0}} \right) \bar{\sigma}_b$$

$$\bar{\sigma}_b = 18,96 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{les cadres et les étriers suffisent}$$

espacement. $\bar{\sigma}_{at} = \frac{2}{3} \bar{\sigma}_{en} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$

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

on choisit. 1 cadre + 1 étrier en

$$A_t = 2 \text{ cm}^2 \quad z = \frac{7.55}{8}$$

$$t = 11 \text{ cm.}$$

espacement admissible

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2 \cdot h = 11 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{b0}} \right) = 27 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

d'où

$$\bar{t} = 25 \text{ cm.}$$

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2}$ de l'appui. $\frac{t}{2} = 5$



travée 2-3

VI.52

$$T_{max} = 4450 \text{ Kg.}$$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{bZ} = \frac{4450}{30.48} = 3,10 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$A = 8,29 \text{ cm}^2; M = 10,85 \text{ tm.} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = 83 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$\bar{\sigma}_b = 18,96 \text{ Kg/cm}^2. \text{ les cadres et les étriers suffisent}$$

espacement:

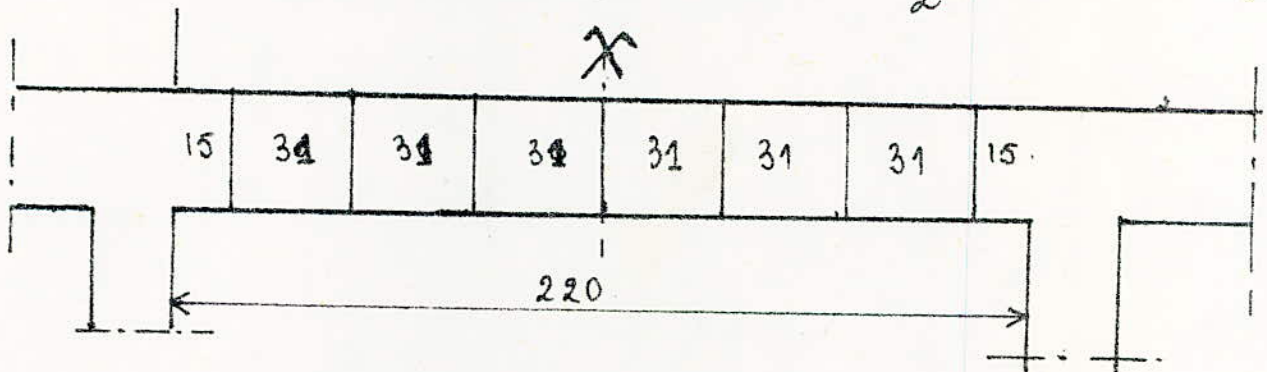
$$t = \frac{A_t \cdot Z \cdot \bar{\sigma}_t}{T} = 34 \text{ cm. 4 brins de } \phi 8 \text{ mm.}$$

espacement admissible:

$$\bar{t} = \max \begin{cases} 0,2h = 11 \text{ cm.} \\ h(1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\sigma_b}) = 46 \text{ cm.} \end{cases}$$

on aura $\underline{t = 30 \text{ cm.}}$

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2} = 15 \text{ cm}$ des appuis.

NIVEAUX II. III. IV. V.

travée 1-2 : $T_{max} = 19120 \text{ KG}$

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{bZ} = \frac{19120}{30.7.60} = 12,14 \text{ Kg/cm}^2.$$

$$A = 14,82 \text{ cm}^2; M = 20,60 \text{ tm.} \quad \bar{\omega} = 100 \frac{A}{bh} = 0,823.$$

$$\Rightarrow \left. \begin{matrix} k = 23,6 \\ \varepsilon = 0,8705 \end{matrix} \right\} \Rightarrow \bar{\sigma}'_b = \frac{6a}{k} = \frac{2660}{23,6} = 112 \text{ Kg/cm}^2$$

donc $\bar{\sigma}_b = (4,5 - \frac{112}{67,5}) 5,8 = 16,47 \text{ Kg/cm}^2.$

les cadres et les étriers suffisent.

VI.53

espacement: $\bar{\sigma}_{at} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$

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

on choisit 4 brins de $\phi 8$

niveau II: 1 cadre + 1 étrier

niveaux III, IV, V: 2 cadres

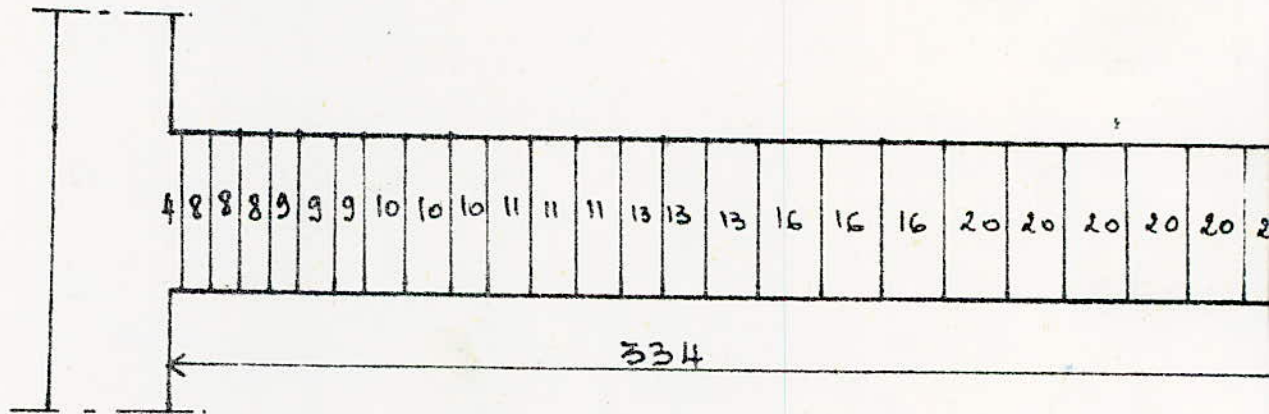
$$t = \frac{2 \cdot \frac{7}{8} \cdot 60 \cdot 1600}{19120} = 8,8 \text{ cm.}$$

espacement admissible:

$$\bar{t} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,2h = 12 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0,3 \frac{\sigma_b}{\bar{\sigma}_b} \right) = 22 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

$$\bar{t} = 20 \text{ cm.}$$

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2} = 4 \text{ cm.}$ de l'appui.



$$\{ 4; 3 \times 8; 3 \times 9; 3 \times 10; 3 \times 11; 3 \times 13; 3 \times 16; 6 \times 20; 9$$

on suit la formule de CAQUOT.

travée 2-3 : $T_{\max} = 7820 \text{ Kg.}$

$$\sigma_b = \frac{T}{bZ} = \frac{7820}{30 \cdot \frac{7}{8} \cdot 60} = 4,96 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = 14,82 \text{ cm}^2, \quad M = 20,60 \text{ tm.} \Rightarrow G'b = 112 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 16,47 \text{ Kg/cm}^2. \quad \text{les cadres et les étriers suffisent}$$

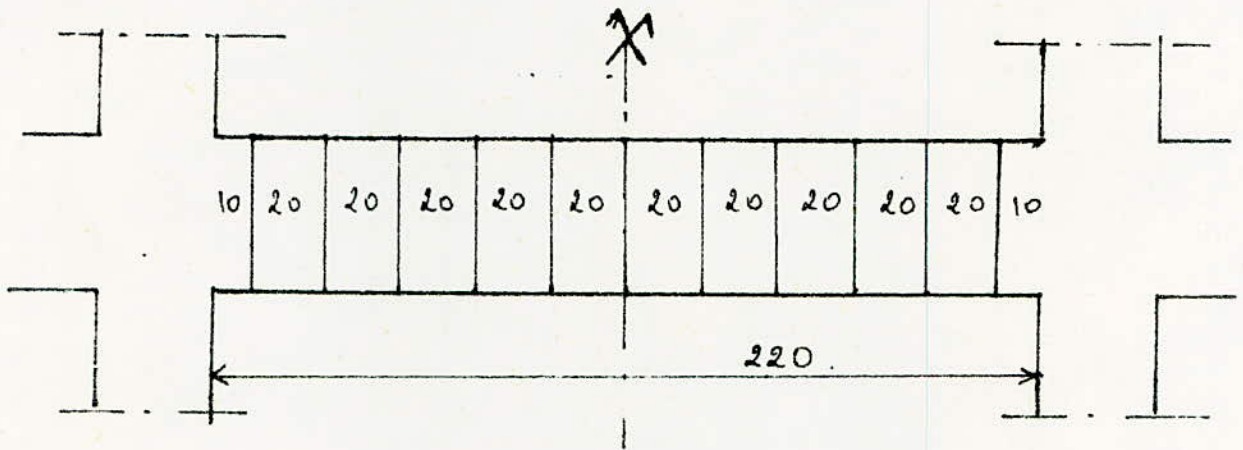
espacement : $t = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T} = 20 \text{ cm.}$

4 brins de $\phi 8 \text{ mm.}$

espacement admissible :

$$\bar{t} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 0.2h = 12 \text{ cm.} \\ h \left(1 - 0.3 \frac{\sigma_b}{\sigma_b} \right) = 44 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{\bar{t}}{2} = 10 \text{ cm.}$ de l'appui



on conservera le même écartement sur la travée de 2,2 m afin de faciliter la main d'œuvre.



POTEAUX

COMBINAISON DES
EFFORTS DANS
LES POTEAUX

— FERRAILLAGE —

combinaison des efforts

Efforts normaux dans les poteaux :

- effort normal minimal : pour calcul des armatures tendues
- effort normal maximal : pour calcul du béton comprimé et éventuellement les armatures comprimées

a) effort normal minimal : N_{min}

- * charge permanente : G
- * $1/5$ des surcharges d'exploitation : $1/5 P$
- * composante verticale ascendante : $S_{IV} \uparrow$
- * moment de renversement déchargeant le poteau (du à S_{IH})

b) effort normal maximal : N_{max}

- * charge permanente : G
- * totalité des surcharges d'exploitation : P
- * composante verticale descendante : $S_{IV} \downarrow$
- * moment de renversement surchargeant le poteau (du à S_{IH})

Les efforts normaux sont calculés à partir des efforts tranchants des poutres à gauche et à droite du poteau considéré et ceci dans les 2 sens.

Remarques :

- * L'effort normal dû aux charges verticales (G, P, S_{IV}) est le même dans les sens longitudinal et transversal.
- * Les forces sismiques horizontales n'agissent pas simultanément. Il en est de même pour les efforts normaux, produit par ces forces.

Combinaisons des efforts normaux

$$+ SP_1 : N = N(G + 1,2 P) + \text{Poids propre}$$

$$+ SP_2 : \begin{cases} N_1^{min} = N(G + \frac{P}{5} \pm S_{IV} \pm S_{IH}) + \text{Poids propre} \\ N^{max} = N(G + P + S_{IV} \pm S_{IH}) + \text{Poids propre} \end{cases}$$

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

DOMBAYANASSONS ATOMENTS - POTEAU
 PORTRAIT I - I SEMESTRES

Mouvements - a f.w

FILE	POTEAU	G		P		SBV		SIIH		G+I,2P		G+P+SBV+SIIH		G+P-SIV+SIIH	
		M ^c	M ^s	M ^c	M ^s	M ^c	M ^s	M ^c	M ^s	M ^c	M ^s	M ^c	M ^s	M ^c	M ^s
1	1-5	1,35	-0,74	0,12	-0,22	0,77	-0,32	-6,75	+3,63	1,49	-1,00	+8,99	-4,91	-6,15	+3,17
	5-9	0,83	-0,79	0,24	-0,23	0,37	-0,25	-11,29	+7,54	1,12	-1,07	12,73	-8,81	-10,78	+6,96
	9-13	0,79	-0,79	0,23	-0,23	0,25	-0,15	-13,77	+11,22	1,07	-1,07	+15,04	-12,39	-13,19	+10,53
	13-17	0,79	-0,47	0,23	-0,14	0,15	-0,04	-14,41	+14,41	1,07	-0,64	+5,58	-15,06	-13,72	+13,95
	17-2	1,15	-0,63	0,35	-0,64	0,09	-0,037	-8,47	12,61	1,57	-1,90*	+0,06	-13,72	-7,34	+11,89
2	2-6	-	-	-	-	-	-	-8,45	4,54	-	-	+8,45	-4,54	-8,45	+4,54
	6-10	-	-	-	-	-	-	-14,12	9,40	-	-	+14,12	-9,40	-14,12	+9,40
	10-14	-	-	-	-	-	-	-12,20	14,00	-	-	+17,20	-14,00	-17,20	+14,00
	14-18	-	-	-	-	-	-	-18,00	18,00	-	-	+18,00	-18,00	-18,00	+18,00
	18-22	-	-	-	-	-	-	-10,57	15,75	-	-	+10,57	-15,75	-10,57	+15,75
3	3-7	-	-	-	-	-	-	-8,45	4,54	-	-	+8,45	-4,54	-8,45	+4,54
	7-11	-	-	-	-	-	-	-14,12	9,40	-	-	+14,12	-9,40	-14,12	+9,40
	11-15	-	-	-	-	-	-	-17,20	14,00	-	-	+17,20	-14,00	-17,20	+14,00
	15-19	-	-	-	-	-	-	-18,00	18,00	-	-	+18,00	-18,00	-18,00	+18,00
	19-23	-	-	-	-	-	-	-10,57	15,54	-	-	+10,57	-15,75	-10,57	+15,75
4	4-8	-	-	-	-	-	-	-8,45	4,54	-	-	+8,45	-4,54	-8,45	+4,54
	8-12	-	-	-	-	-	-	-14,12	9,40	-	-	+14,12	-9,40	-14,12	+9,40
	12-16	-	-	-	-	-	-	-17,20	14,00	-	-	+17,20	-14,00	-17,20	+14,00
	16-20	-	-	-	-	-	-	-18,00	18,00	-	-	+18,00	-18,00	-18,00	+18,00
	20-24	-	-	-	-	-	-	-10,57	15,75	-	-	+10,57	-15,75	-10,57	+15,75

COMBINAISSONS MOMENTS - POTEAUX
PORTIQUE I-I - RADIER

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

moments: t m

FILE	POTEAU	G		P		ST _V ↓		ST _H ↑		G + 1/2 P		G + P + ST _V ↓ + ST _H ↑		G + P - ST _V ↓ + ST _H ↑	
		M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s
1	1-5	1,35	-0,74	0,12	-0,22	0,66	-0,27	-5,90	3,17	1,49	-1,00	8,03	-1,40	-5,19	+2,66
	5-9	0,83	-0,79	0,24	-0,23	0,32	-0,21	-9,85	6,58	1,12	-1,07	+11,24	-7,81	-9,29	+5,95
	9-13	0,79	-0,79	0,23	-0,23	0,21	-0,13	-12,00	9,78	1,07	-1,07	+13,23	-10,93	-6,93	+9,07
	13-17	0,79	-0,47	0,23	-0,14	0,13	-0,04	-12,55	12,55	1,07	-0,64	+13,70	-13,20	-11,84	+12,09
	17-21	1,15	-0,63	0,35	-0,64	0,08	-0,03	-7,37	10,97	1,57	-1,40	8,95	-12,27	-6,23	+10,24
2	2-6	/	/	/	/	/	/	-7,37	3,96	/	/	7,37	-3,96	-7,37	+3,96
	6-10	/	/	/	/	/	/	-12,30	8,22	/	/	12,30	-8,22	-12,30	8,22
	10-14	/	/	/	/	/	/	-15,00	12,21	/	/	15,00	-12,21	-15,00	12,21
	14-18	/	/	/	/	/	/	-15,68	15,68	/	/	15,68	-15,68	-15,68	15,68
	18-22	/	/	/	/	/	/	-9,21	13,72	/	/	9,21	-13,72	-9,21	13,72
3	3-7	/	/	/	/	/	/	-7,37	3,96	/	/	7,37	-3,96	-7,37	3,96
	7-11	/	/	/	/	/	/	-12,30	8,22	/	/	12,30	-8,22	-12,30	8,22
	11-15	/	/	/	/	/	/	-15,00	12,21	/	/	15,00	-12,21	-15,00	12,21
	15-19	/	/	/	/	/	/	-9,21	13,72	/	/	9,21	-13,72	-9,21	13,72
	19-23	/	/	/	/	/	/	-7,37	3,96	/	/	7,37	-3,96	-7,37	3,96
4	4-8	/	/	/	/	/	/	-7,37	3,96	/	/	7,37	-3,96	-7,37	3,96
	8-12	/	/	/	/	/	/	-12,30	8,22	/	/	12,30	-8,22	-12,30	8,22
	12-16	/	/	/	/	/	/	-15,00	12,21	/	/	15,00	-12,21	-15,00	12,21
	16-20	/	/	/	/	/	/	-15,68	15,68	/	/	15,68	-15,68	-15,68	15,68
	20-24	/	/	/	/	/	/	-9,21	13,72	/	/	9,21	-13,72	-9,21	13,72

COMBINAISON DES EFFORTS NORMAUX PORTIQUE I-I

FILE	SEMELLES						- RADIER -							
	POTEAU	ROIS	G	P	Siv	SiH	G+I+2P	EXPOSITIV-SIV	EXPOSITIV-SIH	Siv	SiH	G+I+2P	EXPOSITIV-SIV	EXPOSITIV-SIH
1	A-5	131	273	025	155	-2,81	3,03	7,34	-1,58	135	-2,45	3,03	6,71	-1,02
	5-9	131	295	0,86	128	-6,22	3,98	11,29	-4,37	1,11	-5,42	3,98	10,34	-3,41
	9-13	131	296	0,86	0,92	-8,87	3,99	13,61	-6,66	0,81	-7,74	3,99	12,37	-5,43
	A3-14	131	296	0,86	0,57	-10,67	3,99	14,86	-8,11	0,50	-9,30	3,99	13,62	-6,68
	H-21	045	2,97	0,87	0,03	-9,53	4,04	13,06	-6,57	0,21	-8,30	4,04	12,35	-5,37
	2-6	131	5,64	0,51	3,24	0,65	6,25	10,04	1,25	2,80	0,56	6,25	9,51	2,38
	G-10	131	6,05	1,77	2,62	1,44	8,17	11,88	2,34	2,28	1,25	8,17	11,35	2,87
	10-14	131	6,05	1,77	1,89	2,05	8,17	11,76	2,46	1,65	1,79	8,17	11,26	2,96
	14-18	131	6,05	1,77	1,17	2,47	8,17	11,46	2,76	1,03	2,15	8,17	11,00	3,22
	18-22	045	6,03	1,77	0,47	2,20	8,15	10,44	3,71	0,43	1,92	8,15	10,15	4,03
2	3-7	131	5,64	0,51	3,24	/	6,25	9,39	2,50	2,80	/	6,25	8,95	2,94
	7-11	131	6,05	1,77	2,62	/	8,17	10,44	3,78	2,28	/	8,17	10,10	4,12
	11-15	131	6,05	1,77	1,89	/	8,17	9,71	4,51	1,65	/	8,17	9,47	4,75
	15-19	131	6,05	1,77	1,17	/	8,17	8,99	5,23	1,03	/	8,17	8,85	5,37
	19-23	045	6,03	1,77	0,47	/	8,15	8,27	5,91	0,43	/	8,15	8,25	5,99
3	4-8	131	5,64	0,51	3,24	/	6,25	9,39	2,50	2,80	/	6,25	8,95	2,94
	8-12	131	6,05	1,77	2,62	/	8,17	10,44	3,78	2,28	/	8,17	10,10	4,12
	12-16	131	6,05	1,77	1,89	/	8,17	9,71	4,51	1,65	/	8,17	9,47	4,75
	16-20	131	6,05	1,77	1,17	/	8,17	8,99	5,23	1,03	/	8,17	8,85	5,37
	20-24	045	6,03	1,77	0,47	/	8,15	8,27	5,91	0,43	/	8,15	8,25	5,99
4	4-8	131	5,64	0,51	3,24	/	6,25	9,39	2,50	2,80	/	6,25	8,95	2,94
	8-12	131	6,05	1,77	2,62	/	8,17	10,44	3,78	2,28	/	8,17	10,10	4,12
	12-16	131	6,05	1,77	1,89	/	8,17	9,71	4,51	1,65	/	8,17	9,47	4,75
	16-20	131	6,05	1,77	1,17	/	8,17	8,99	5,23	1,03	/	8,17	8,85	5,37
	20-24	045	6,03	1,77	0,47	/	8,15	8,27	5,91	0,43	/	8,15	8,25	5,99

EFFORTS NORMATIVE ELEMENTS
FOR GRADE I-I

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
			25

N → tonnes.

E/F	YEAR	SEMI-ELEMENTS						RADIUM GENERAL					
		N	N _{max}	N _{min}	N _{cum} ^{max}	N _{cum} ^{min}	N _{cum}	N	N _{max}	N _{min}	N _{cum}	N _{cum} ^{max}	N _{cum} ^{min}
1	1-5	434	865	-0,27	865	-0,02	434	434	8,09	6,29	434	8,09	0,29
	5-9	530	12,60	-3,06	21,25	-3,33	9,64	530	11,65	-2,10	9,64	19,74	-1,81
	9-13	530	14,92	-5,35	36,17	-8,68	14,94	530	13,68	-4,12	14,94	33,42	-5,93
	13-17	530	16,17	-6,80	52,34	-15,48	20,24	530	14,93	-5,37	20,24	48,35	-11,30
	17-21	447	13,51	-6,12	65,85	-21,60	24,71	447	13,66	-4,92	24,71	62,01	-16,22
2	2-6	756	11,35	3,16	11,35	3,16	756	756	10,82	3,69	756	10,82	3,69
	6-10	948	13,19	3,65	24,54	6,81	17,04	948	12,66	4,18	17,04	23,48	7,87
	10-14	948	13,07	3,77	37,61	10,58	26,52	948	12,57	4,27	26,52	36,05	12,14
	14-18	948	12,77	4,07	50,38	14,65	36,00	948	12,31	4,53	36,00	48,36	16,67
	18-22	860	10,92	4,16	61,30	18,81	44,60	860	10,60	4,48	44,60	58,96	21,25
3	3-7	756	10,70	3,81	10,70	3,81	756	756	10,26	4,25	756	10,26	4,25
	7-11	948	11,75	5,09	22,45	8,30	17,04	948	11,41	5,43	17,04	21,67	9,68
	11-15	948	11,02	5,82	33,47	14,72	26,52	948	10,78	6,06	26,52	32,45	15,74
	15-19	948	10,30	6,54	43,77	21,26	36,00	948	10,16	6,68	36,00	42,61	22,42
	19-23	860	8,72	6,36	52,49	27,62	44,60	860	8,70	6,44	44,60	51,31	28,86
4	4-8	756	10,70	3,81	10,70	3,81	756	756	10,26	4,25	756	10,26	4,25
	8-12	948	11,75	5,09	22,45	8,30	17,04	948	11,41	5,43	17,04	21,67	9,68
	12-16	948	11,02	5,82	33,47	14,72	26,52	948	10,78	6,06	26,52	32,45	15,74
	16-20	948	10,30	6,54	43,77	21,26	36,00	948	10,16	6,68	36,00	42,61	22,42
	20-24	860	8,72	6,36	52,49	27,62	44,60	860	8,70	6,44	44,60	51,31	28,86

COMPARAISONS MOMENTS - POUTEAUX
 PORTIQUE ET - ET SEMELES

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

Moments — 2 t.m

FILE #	P		D		SI ↓		SI ↑		G + 1,2 P		G + P + SI ↓ + SI ↑		G + $\frac{P}{2}$ - SI ↓ + SI ↑		
	M _c	M _s	M _c	M _s	M _c	M _s	M _c	M _s	M _c	M _s	M _c	M _s	M _c	M _s	
1	1-5	0,78	-0,40	0,04	-0,08	0,47	-0,21	-6,43	3,45	0,83	-0,50	+7,72	-4,14	-6,11	+3,84
	5-9	0,45	-0,43	0,10	-0,09	0,24	-0,17	-10,34	6,90	0,57	-0,54	+11,13	-7,59	-10,11	+6,62
	9-13	0,44	-0,43	0,09	-0,09	0,16	-0,11	-12,45	10,14	0,55	-0,54	+13,64	-10,77	-12,45	+9,80
	13-19	0,33	-0,30	0,09	-0,06	0,10	-0,03	-13,02	13,02	0,44	-0,37	+13,54	+13,41	-12,77	+12,74
	19-21	0,69	-0,35*	0,14	-0,26	0,08	-0,04	-7,63	11,57	0,36	-0,65*	+8,54	-12,02	-6,99	+4,01*
2	2-6	/	/	/	/	/	/	-8,03	+4,31	/	/	+8,03	-4,31	-8,03	+4,31
	6-10	/	/	/	/	/	/	-12,93	+8,64	/	/	+12,93	-8,64	-12,93	+8,64
	10-14	/	/	/	/	/	/	-15,57	+12,68	/	/	+15,57	-12,68	-15,57	+12,68
	14-18	/	/	/	/	/	/	-12,26	+16,26	/	/	+12,26	-16,26	-12,26	+16,26
	18-22	/	/	/	/	/	/	-9,54	+14,22	/	/	+9,54	-14,22	-9,54	+14,22
3	3-7	/	/	/	/	/	/	-8,03	+4,31	/	/	+8,03	-4,31	-8,03	+4,31
	7-11	/	/	/	/	/	/	-12,93	+8,64	/	/	+12,93	-8,64	-12,93	+8,64
	11-15	/	/	/	/	/	/	-15,57	+12,68	/	/	+15,57	-12,68	-15,57	+12,68
	15-19	/	/	/	/	/	/	-12,26	+16,26	/	/	+12,26	-16,26	-12,26	+16,26
	19-23	/	/	/	/	/	/	-9,54	+14,22	/	/	+9,54	-14,22	-9,54	+14,22
4	4-8	/	/	/	/	/	/	-8,03	+4,31	/	/	+8,03	-4,31	-8,03	+4,31
	8-12	/	/	/	/	/	/	-12,93	+8,64	/	/	+12,93	-8,64	-12,93	+8,64
	12-16	/	/	/	/	/	/	-15,57	+12,68	/	/	+15,57	-12,68	-15,57	+12,68
	16-20	/	/	/	/	/	/	-12,26	+16,26	/	/	+12,26	-16,26	-12,26	+16,26
20-24	/	/	/	/	/	/	-9,54	+14,22	/	/	+9,54	-14,22	-9,54	+14,22	

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20

COMBINATIONS MOMENTS - POTEAU
 PORTIQUE M-III - SEMELES
 RAOUER

Moments in t.m

FILE	G		P		SI ↓		SI →		G + 1/2 P		G + P + SI ↓ + SI →		G + P - SI ↓ + SI →		
	M _P	M _S	M _I	M _S	M _P	M _S	M _P	M _S	M _P	M _S	M _P	M _S	M _P	M _S	
1	1-5	478	-940	0,04	-0,08	0,42	-0,18	-5,59	3,00	0,83	-0,50	+6,83	-3,66	-5,22	+276
	5-9	0,45	-0,43	0,10	-0,09	0,20	-0,14	-8,97	5,99	0,57	-0,54	+9,72	-6,65	-8,70	+5,68
	9-12	0,44	-0,43	0,09	-0,09	0,14	-0,09	-19,82	8,82	0,55	-0,54	+11,49	-9,45	-10,50	+8,46
	12-14	0,35	-0,30	0,09	-0,06	0,09	-0,02	-11,30	11,30	0,44	-0,37	+11,81	-11,68	-11,04	+11,00
	14-21	0,69	-0,35	0,14	-0,26	0,06	-0,03	-6,62	9,87	0,86	-0,66	+7,51	-9,91	-5,95	+9,33
2	2-6	/	/	/	/	/	/	-6,98	3,75	/	/	+6,98	-3,75	-6,98	+3,75
	6-10	/	/	/	/	/	/	-11,22	7,50	/	/	+11,22	-7,50	-11,22	+7,50
	10-14	/	/	/	/	/	/	-13,54	11,03	/	/	+13,54	-11,03	-13,54	+11,03
	14-18	/	/	/	/	/	/	-14,13	14,13	/	/	+14,13	-14,13	-14,13	+14,13
	18-22	/	/	/	/	/	/	-8,28	12,23	/	/	+8,28	-12,23	-8,28	+12,23
3	3-7	/	/	/	/	/	/	-6,98	3,75	/	/	+6,98	-3,75	-6,98	+3,75
	7-11	/	/	/	/	/	/	-11,22	7,50	/	/	+11,22	-7,50	-11,22	+7,50
	11-15	/	/	/	/	/	/	-13,54	11,03	/	/	+13,54	-11,03	-13,54	+11,03
	15-19	/	/	/	/	/	/	-14,13	14,13	/	/	+14,13	-14,13	-14,13	+14,13
	19-23	/	/	/	/	/	/	-8,28	12,23	/	/	+8,28	-12,23	-8,28	+12,23
4	4-8	/	/	/	/	/	/	-6,98	3,75	/	/	+6,98	-3,75	-6,98	+3,75
	8-12	/	/	/	/	/	/	-11,22	7,50	/	/	+11,22	-7,50	-11,22	+7,50
	12-16	/	/	/	/	/	/	-13,54	11,03	/	/	+13,54	-11,03	-13,54	+11,03
16-20	/	/	/	/	/	/	-14,13	14,13	/	/	+14,13	-14,13	-14,13	+14,13	
20-24	/	/	/	/	/	/	-8,28	12,23	/	/	+8,28	-12,23	-8,28	+12,23	

COMBINAISON DES EFFORTS NORMAUX : PORTIQUE III - III

FILE	ROTEAU	Poids Poids	G	P	~ SEMELLES ~					~ RADIERS ~				
					Sin	SiH	G+1,2P	Exp Sin	Exp -Sin	Sin	SiH	G+1,2P	Exp Sin	Exp -Sin
1	1-5	131	2,34	0,12	1,41	-2,67	2,48	6,54	-1,72	1,23	-2,32	2,48	6,01	-1,24
	5-5	131	2,02	0,43	1,08	-5,74	2,54	19,28	-4,70	0,93	-4,91	2,54	8,29	-3,73
	5-13	131	2,03	0,43	0,78	-8,06	2,55	11,30	-6,72	0,68	-7,00	2,55	10,14	-5,57
	13-17	131	2,03	0,43	0,50	-9,65	2,55	12,61	-8,03	0,43	-4,38	2,55	11,21	-6,66
	17-21	131	2,06	0,43	0,20	-8,60	2,58	11,29	-6,65	0,17	-7,47	2,58	10,13	-5,49
2	2-6	131	5,20	0,27	3,15	0,62	5,52	9,24	1,48	2,65	0,53	5,52	8,65	2,09
	6-10	131	4,34	0,22	2,31	1,32	5,44	8,85	0,89	1,99	1,07	5,44	9,32	1,46
	10-14	131	4,34	0,22	1,68	1,86	5,44	8,80	0,98	1,47	1,61	5,44	8,34	1,44
	14-18	131	4,34	0,22	1,08	2,23	5,44	8,57	1,21	0,91	1,93	5,44	8,10	1,68
	18-22	131	4,31	0,21	0,43	1,99	5,40	7,64	2,08	0,35	1,73	5,40	7,30	2,41
3	3-7	131	5,20	0,27	3,15	0,62	5,52	8,62	2,10	2,65	0,62	5,52	8,12	2,60
	7-11	131	4,34	0,22	2,31	0,62	5,44	7,57	2,21	1,99	0,62	5,44	7,25	2,53
	11-15	131	4,34	0,22	1,68	0,62	5,44	6,94	2,84	1,47	0,62	5,44	6,73	3,05
	15-19	131	4,34	0,22	1,08	0,62	5,44	6,34	3,44	0,91	0,62	5,44	6,17	3,61
	19-23	131	4,31	0,21	0,43	0,62	5,40	5,65	4,09	0,35	0,62	5,40	5,57	4,14
4	4-8	131	5,20	0,27	3,15	0,62	5,52	8,62	2,10	2,65	0,62	5,52	8,12	2,60
	8-12	131	4,34	0,22	2,31	0,62	5,44	7,57	2,21	1,99	0,62	5,44	7,25	2,53
	12-16	131	4,34	0,22	1,68	0,62	5,44	6,94	2,84	1,47	0,62	5,44	6,73	3,05
	16-20	131	4,34	0,22	1,08	0,62	5,44	6,34	3,44	0,91	0,62	5,44	6,17	3,61
	20-24	131	4,34	0,21	0,43	0,62	5,40	5,65	4,07	0,35	0,62	5,40	5,57	4,14

80

EFFORTS NORMAUX CUMULES
PORTIQUE III - III

5	7	12	3
9	11	14	
13	15	16	
17	18	19	20
21	22	23	24

N: → Tonnes.

FILE	ROTEAUX	SEMELLES						RADIER. GENERAL					
		N	N _{max}	N _{min}	N _{cum}	N _{cum^{max}}	N _{cum^{min}}	N _{max}	N _{max^{cum}}	N _{min}	N _{cum}	N _{cum^{max}}	N _{cum^{min}}
1	1-5	3,79	7,85	-0,41	3,79	7,85	-0,41	3,79	7,32	0,07	3,79	7,32	0,07
	5-9	3,85	10,59	-3,39	7,64	18,44	-3,80	3,85	9,60	-2,42	7,64	16,92	-2,35
	9-13	3,86	12,61	-5,41	11,50	31,05	-9,21	3,86	11,45	-4,26	11,50	28,37	-6,61
	13-17	3,86	13,92	-6,72	15,36	44,99	-15,93	3,86	12,58	-5,35	15,36	40,95	-11,96
	17-21	3,03	11,74	-6,20	18,39	56,71	-22,13	3,03	10,58	-5,04	18,39	51,53	-17,00
	2-6	6,83	10,55	2,79	6,83	10,55	2,79	6,83	9,96	3,38	6,83	9,96	3,38
	6-10	6,75	10,20	2,20	13,58	20,75	4,99	6,75	9,63	2,77	13,58	19,59	6,15
	10-14	6,75	19,11	2,29	20,33	30,86	7,28	6,75	9,65	2,75	20,33	29,24	8,90
	14-18	6,75	9,88	2,52	27,08	40,74	9,80	6,75	9,41	2,99	27,08	38,65	11,89
	18-22	5,85	8,09	2,53	32,93	48,83	12,33	5,85	7,75	2,86	32,93	46,40	14,75
2	3-7	6,83	9,93	3,41	6,83	9,93	3,41	6,83	9,43	3,91	6,83	9,43	3,91
	7-11	6,75	8,88	3,52	13,58	18,81	6,93	6,75	8,56	3,84	13,58	17,99	7,75
	11-15	6,75	8,25	4,15	20,33	27,06	11,08	6,75	8,04	4,36	20,33	26,08	12,11
	15-19	6,75	7,65	4,75	27,08	34,71	15,83	6,75	7,48	4,92	27,08	33,51	17,08
	19-23	5,85	6,10	4,52	32,93	49,81	20,35	5,85	6,02	4,59	32,93	39,53	21,62
3	4-8	6,83	9,93	3,41	6,83	9,93	3,41	6,83	9,43	3,91	6,83	9,43	3,91
	8-12	6,75	8,88	3,52	13,58	16,81	6,93	6,75	8,56	3,84	13,58	14,99	7,75
	12-16	6,75	8,25	4,15	20,33	27,06	11,08	6,75	8,04	4,36	20,33	26,08	12,11
	16-20	6,75	7,65	4,75	27,08	34,71	15,83	6,75	7,48	4,92	27,08	33,51	17,08
4	20-24	5,85	6,10	4,52	32,93	49,81	20,35	5,85	6,02	4,59	32,93	39,53	21,62

6.1

COMPARISONS MOMENTS - POTENTIAL
CORRELATION II-III
SERIES.

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

Moments → L.m.

FILE	G		P		SIV		SII		E+I2P		G+P+SIV+SII		G+P+SIV+SII		
	M1	M3	M1	M3	M1	M3	M1	M3	M1	M3	M1	M3	M1	M3	
1	1-5	7,56	-4,61	0,97	-1,93	1,92	-0,88	-1,37	7,18	8,72	-5,93	23,82	-14,70	-7,54	3,16
	5-9	5,18	-4,96	2,17	-2,07	1,10	-0,76	-23,52	15,72	7,78	-7,44	32,11	-23,52	-19,01	11,11
	9-13	4,96	-4,96	2,07	-2,07	0,76	-0,47	-29,06	23,66	7,44	-7,44	137,48	-31,16	-24,45	+18,76
	13-17	4,96	-3,27	2,07	-1,37	0,47	-0,14	-30,62	39,62	7,44	-4,91	38,75	-35,40	-25,72	27,22
	17-21	7,58	-7,58	3,17	-3,17	0,32	-0,32	-18,13	27,01	11,38	-11,38	29,02	-38,08	-10,29	+20,38
2	2-6	-1,06	+1,41	-0,14	+0,39	-0,27	+0,20	-4,21	2,66	-1,23	1,89	-5,68	4,26	3,39	-0,97
	6-10	-1,58	+1,56	-0,44	+0,43	-0,22	+0,16	-7,42	4,96	-2,71	2,08	-9,66	7,11	5,97	-3,47
	10-14	-1,56	+1,56	-0,43	+0,43	-0,16	+0,10	-9,17	7,47	-2,08	2,08	-11,32	9,56	7,68	-5,92
	14-18	-1,56	+1,39	-0,43	+0,39	-0,10	+0,04	-9,68	9,68	-2,08	1,86	11,77	11,56	8,73	-8,25
	18-22	-3,23	3,23	-0,90	0,90	-0,09	0,09	-5,72	8,52	-4,31	+4,31	9,94	12,74	2,40	-5,20
3	3-7	1,06	-0,88	0,14	-0,39	0,27	-0,20	-4,21	+2,26	1,23	-1,89	5,68	-3,73	-3,39	+1,50
	7-11	0,99	-0,99	0,44	-0,43	0,22	-0,16	-7,42	4,96	1,52	-1,51	9,07	-6,54	-6,56	+4,34
	11-15	0,99	-0,99	0,43	-0,43	0,16	-0,10	-9,17	7,47	1,51	-1,51	10,75	-8,99	-8,25	+6,49
	15-19	0,99	-0,88	0,43	-0,39	0,10	-0,04	-9,68	9,68	1,51	-1,35	11,20	-10,99	-8,70	+8,76
	19-23	2,04	-2,04	0,90	-0,90	0,09	-0,09	-5,72	8,52	3,12	-3,12	9,75	-11,55	-3,59	+6,39
4	4-8	-7,56	+4,35	-0,97	+1,93	-1,92	+0,98	-13,37	7,18	-8,72	6,71	-23,82	14,48	7,54	-3,28
	8-12	-4,94	+4,73	-2,17	+2,07	-1,10	+0,76	-23,52	15,72	-7,55	7,21	-31,73	23,28	15,25	-11,34
	12-16	-4,73	+4,73	-2,07	+2,07	-0,76	+0,47	-29,06	23,66	-7,21	7,21	-36,62	30,93	24,68	-18,99
	16-20	-4,73	+3,11	-2,07	+1,37	-0,47	+0,14	-30,62	30,62	-7,21	4,75	-37,89	35,24	25,94	-27,38
	20-24	-7,23	7,23	-3,17	3,17	-0,32	0,32	-18,13	27,01	-11,03	11,03	-28,85	37,73	10,59	-15,47

COMPARAISONS MOMENTS - POTEAU
 PORTRAQUE II - II
 RADER

5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24

FILE	G		D		S _{Iv}		S _{IH}		G+1,2P		G+P+S _{Iv} +S _{IH}		G+P-S _{Iv} -S _{IH}		
	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	M _i	M _s	
1	1-5	7,56	-4,61	0,97	-1,93	1,66	-0,84	-11,65	6,26	8,72	-6,93	21,84	-11,40	-5,55	2,11
	5-9	5,18	-4,96	2,17	-2,07	0,95	-0,65	-20,46	13,68	7,78	-7,44	28,76	-21,15	-15,80	8,96
	9-13	4,96	-4,96	2,07	-2,07	0,65	-0,40	-25,32	20,62	7,44	-7,44	33,00	-28,05	-20,60	15,65
	13-17	4,96	-3,27	2,07	-1,30	0,41	-0,11	-26,67	26,67	7,44	-4,92	34,11	-31,42	-21,71	23,24
	17-21	7,58	-7,58	3,17	-3,17	0,26	-0,26	-15,80	23,53	11,38	-11,38	26,81	-34,54	-7,85	15,58
	21-25	-1,06	+1,41	-0,14	+0,39	-0,23	+0,17	-3,69	1,98	-1,23	1,88	-5,12	3,95	2,03	-0,66
	25-29	-1,58	+1,56	-0,44	+0,43	-0,19	+0,14	-6,45	4,31	-2,11	2,08	-8,66	6,44	4,97	-2,80
	29-33	-1,56	+1,56	-0,43	+0,43	-0,14	+0,09	-7,99	6,15	-2,07	2,08	-10,12	8,23	6,48	-4,59
	33-37	-3,23	+3,23	-0,50	+0,50	-0,09	+0,03	-8,41	8,41	-2,07	1,86	-10,49	10,22	6,85	-6,97
	37-41	1,06	-0,88	0,14	-0,39	0,23	-0,17	-3,69	1,98	1,28	-1,35	+5,12	-3,42	-2,84	+1,19
2	41-45	0,99	-0,99	0,44	-0,43	0,19	-0,14	-6,45	4,31	1,52	-1,50	8,07	-5,87	-5,56	3,38
	45-49	0,99	-0,99	0,43	-0,43	0,14	-0,09	-7,99	6,15	1,51	-1,50	9,53	-7,66	-7,06	5,17
	49-53	0,99	-0,88	0,43	-0,39	0,09	-0,03	-8,41	8,41	1,51	-1,35	9,92	-9,71	-7,42	7,48
	53-57	2,04	-2,04	0,90	-0,90	0,07	-0,07	-4,99	7,43	3,12	-3,12	8,00	-10,44	-2,84	+5,28
	57-61	-7,56	+4,39	-0,97	+1,93	-1,66	+0,84	-11,65	6,26	-8,72	6,70	-21,84	13,42	5,55	-2,32
3	61-65	-4,94	+4,73	-2,11	+2,07	-0,95	+0,65	-20,46	13,68	-7,54	7,21	-28,52	21,13	16,03	-9,18
	65-69	-4,73	+4,73	-2,07	+2,07	-0,65	+0,40	-25,32	20,62	-7,21	7,21	-32,77	27,82	20,82	-15,89
	69-73	-4,73	+3,11	-2,07	+1,57	-0,41	+0,11	-26,67	26,67	-7,21	4,75	-33,88	31,26	21,93	-23,39
	73-77	-7,123	+7,23	-3,11	+3,11	-0,26	+0,26	-15,80	23,53	-11,01	11,03	-26,46	33,19	8,19	-15,92
	77-81														

VII.11

EFFORTS NORMAL & REQUIREMENTS
PORTFOLIO ST-31

5	6	7	8	9
9	10	11	12	13
13	14	15	16	17
17	18	19	20	21
21	22	23	24	

POPEA	SEMI-REGULARS						RAIDERS - GENERAL					
	N	N ^{max}	N ^{min}	N ^{cum}	N ^{max cum}	N ^{min cum}	N	N ^{max}	N ^{min}	N ^{cum}	N ^{max cum}	N ^{min cum}
1-5	14,45	19,35	7,80	14,45	19,35	7,80	14,45	18,67	8,48	14,45	18,67	8,48
5-9	18,84	25,71	5,69	33,29	45,06	13,49	18,84	24,65	6,75	33,29	43,32	15,23
9-13	18,86	27,41	4,02	52,15	72,49	17,51	18,86	26,16	5,27	52,15	69,48	20,50
13-17	18,86	28,31	3,12	71,01	100,78	20,63	18,86	26,95	4,48	71,01	96,48	24,98
17-21	18,13	25,09	3,95	89,14	126,75	24,58	18,13	24,78	5,14	89,14	121,21	30,12
2-6	19,55	23,58	13,08	19,55	23,58	13,08	19,55	22,99	13,61	19,55	22,99	13,61
6-10	28,25	31,38	16,67	47,80	54,96	29,75	28,25	30,75	17,30	47,80	53,74	30,91
10-14	28,22	30,81	17,18	46,02	85,77	46,93	28,22	30,24	14,25	76,02	140,1	48,86
14-18	26,22	30,11	17,85	104,84	115,88	64,81	26,22	29,67	18,32	104,24	113,68	66,98
18-22	27,03	27,86	17,81	131,27	143,74	82,62	27,03	27,53	18,14	131,27	141,21	85,92
3-7	19,56	23,59	13,08	19,56	23,59	13,08	19,56	23,00	13,67	19,56	23,00	13,67
7-11	24,03	27,16	12,45	43,59	50,75	25,53	24,03	26,53	13,12	43,59	49,53	26,79
11-15	24,04	26,05	12,99	67,63	78,80	38,52	24,04	26,09	14,54	67,63	75,62	41,33
15-19	24,04	25,93	13,70	99,67	104,73	52,22	24,04	25,49	14,14	91,67	101,11	55,47
19-23	21,65	24,03	13,98	123,32	128,76	66,20	21,65	23,70	15,16	123,32	124,81	79,69
4-8	14,45	19,35	7,80	14,45	19,35	7,80	14,45	18,67	8,48	14,45	18,67	8,48
8-12	19,52	26,39	6,37	33,97	45,74	14,17	19,52	25,33	7,43	33,97	44,60	15,91
12-16	19,54	28,09	4,70	53,51	73,83	18,87	19,54	26,84	5,95	53,51	79,84	21,86
16-20	19,54	28,59	3,80	73,05	102,82	22,67	19,54	27,63	5,16	73,05	98,47	27,02
20-24	18,85	26,69	4,65	91,90	129,51	27,32	18,85	25,50	5,84	91,90	123,97	32,86

11.3

FERRAILLAGE DES POUTRES

- Les poutres seront calculées en flexion composée ; chacun d'eux est soumis à un effort normal N et à des moments fléchissant en tête et en pied dans les sens transversal et longitudinal. (1 seul moment par sens).
- Les moments ainsi que les efforts normaux ont été déterminés précédemment aux pages :
- Le calcul des poutres se fera sous la sollicitation du 1^{er} genre: $G+1,2.P$ et sous la plus défavorable des sollicitations du 2^{ème} genre.

SOLLICITATIONS CONSIDERÉES :

1^{er} Genre:

* sens longitudinal : sous $\begin{cases} N_L \\ M_L \end{cases} (G+1,2.P)$

* sens transversal : sous $\begin{cases} N \\ M_T \end{cases} (G+1,2.P)$.

2^{ème} Genre:

* sens longitudinal : sous $\begin{cases} N_L^{\text{minimum}} \\ M_L^{\text{corres}} \end{cases} (G + \frac{P}{5} - SI_V - SI_H)$
 Puis $\begin{cases} N_L^{\text{maximum}} \\ M_L^{\text{corres}} \end{cases} (G + \frac{P}{5} + SI_V + SI_H)$.

* sens transversal : $\begin{cases} N_T^{\text{minimum}} \\ M_T^{\text{corres}} \end{cases} (G + \frac{P}{5} - SI_V - SI_H)$
 Puis $\begin{cases} N_T^{\text{maximum}} \\ M_T^{\text{corres.}} \end{cases} (G + \frac{P}{5} + SI_V + SI_H)$.

* La flexion composée aura aussi des sollicitations dans les sens transversal et longitudinal.

CONTRAINTES DE COMPRESSION ADMISSIBLE:

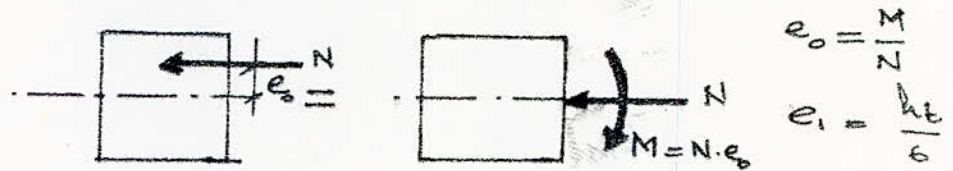
Flexion composée :

pour les sections rectangulaires, nous avons :

$$\sigma'_b = \begin{cases} 2\sigma'_{b0} & \text{si } e_0 > \frac{ht}{2} \\ (1 + \frac{e_0}{3e_1}) \sigma'_{b0} & \text{si } e_0 < \frac{ht}{2} \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} \sigma'_{b0} = 67,5 \text{ (SP}_1\text{)} \\ \sigma'_{b0} = 102 \text{ (SP}_2\text{)} \end{array} \right.$$

I - DÉTERMINATION DES ACIERS LONGITUDINAUX :

Le poteau étant soumis en la flexion composée :



3 cas peuvent alors se présenter :

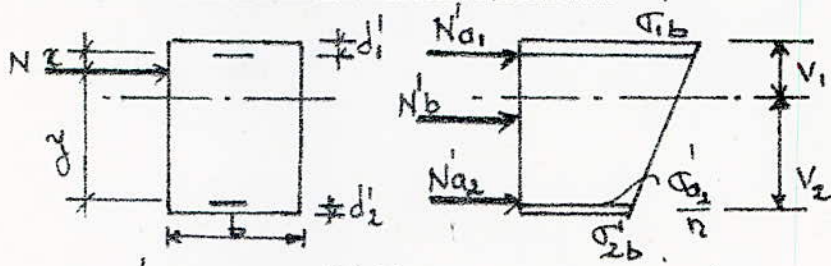
$e_0 > e_1 \rightarrow$ section partiellement comprimée

$e_0 < e_1 \rightarrow$ section entièrement comprimée

$e_0 = 0 \rightarrow$ section soumise à la compression simple.

(e_0 et e_1 sont calculés pour chaque section) .

1 - Section complètement comprimée :



N'_b : s'applique au centre de gravité du trapèze.

$$\begin{cases} \sigma'_{1b} = \frac{N}{B} + \frac{M \cdot V}{I} \\ \sigma'_{2b} = \frac{N}{B} - \frac{M \cdot V}{I} \end{cases}$$

$$\sigma'_2 \geq 0 \Rightarrow e \leq \frac{I}{B_1 \cdot V_2}$$

$$B_1 = b \cdot h_t$$

$$\left. \begin{aligned} d'_1 &= S' \cdot h_t \\ d'_2 &= S'_2 \cdot h_t \end{aligned} \right\} \Rightarrow S' = \frac{d'_1}{h_t} = \frac{d'_2}{h_t}$$

méthode de calcul :

condition : $e \leq \frac{h_t}{6}$

calculer :

1^{er}. $\rho = \frac{\bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_t}{N}$ (béton travaille à la contrainte admissible).

2^{es}. $\beta = \frac{6 \cdot M_G}{N \cdot h_t}$ (M_G : moment par rapport au cdg de la section de béton)

$$S' = \frac{d'_1}{h_t}$$

$$2^{\circ} - C = 0,27 (1 - 2S')^2 \cdot \varphi$$

$$D = 0,3 (\rho - \beta) - 0,9 (1 - \rho) (1 - 2S')^2$$

$$E = - (1 + \beta - \rho)$$

$$3^{\circ} - W' = \frac{1}{2C} \left(-D + \sqrt{D^2 - 4CE} \right)$$

$$4^{\circ} - \boxed{A'_1 = A'_2 = W' \cdot \frac{b \cdot \rho_{ht}}{100} \cdot \frac{15}{\eta}}$$

2 - section partiellement comprimée : $\left(e_0 = \frac{M}{N} > \frac{\rho_{ht}}{6} \right)$

· l'effort peut être une traction ou une compression

· l'effort est appliqué en dehors du noyau central

(pour une traction, le pt d'application est en général assez loin de la section).

· nous utiliserons la méthode du moment fictif M_b :

Pour calculer en flexion composée une section partiellement comprimée soumise à un effort normal, on calculera la section en flexion simple sous l'effet d'un moment fictif qui est égal à : $M_b = M + N \cdot d$

d : distance du c.d.g des aciers tendus jusqu'au c.d.g de la section de béton.

M_b = moment des efforts extérieurs par rapport au c.d.g des aciers tendus

4 - Section sans armatures comprimées :

en compression :

$$\begin{array}{|c} \hline A'_1 = A'_2 \\ \hline A = A_1 - N' / \sigma_a \\ \hline \end{array}$$

en traction :

$$\begin{array}{|c} \hline A'_1 = A'_2 \\ \hline A = A_1 + N' / \sigma_a \\ \hline \end{array}$$

A_1 : armatures de la section rectangulaire soumise à la flexion simple sous l'effet du moment fictif M_b

condition pour ne pas avoir d'armatures comprimées :

$$\sigma_b < \bar{\sigma}_b \quad \rightarrow \quad k \geq \bar{k} = \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_b}$$

k : déterminé par la méthode de CHARON.

· Pour avoir l'armature minimale, ou neutra : $\sigma_a = \bar{\sigma}_a$

VII.4

b - Section avec armatures comprimées : ($\sigma'_b > \bar{\sigma}'_b$)

on calcule : $K_1 = \frac{15}{n} \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}'_b}$ et $K_2 = \frac{15(h-d')}{\frac{\bar{\sigma}'_a}{\bar{\sigma}_a} \cdot h + d'}$

• si $K_1 > K_2$: prendre K_1 (du tableau) $\rightarrow (\alpha, \mu, \varepsilon)$

$M_1 = \mu' b \cdot h^2 \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}_a}$ \rightarrow $M_2 = N_b - M_1$

$\alpha = \alpha h \rightarrow \sigma'_a = \frac{15}{\alpha} (\alpha h - d') \bar{\sigma}'_b$

$A' = \frac{M_2}{\sigma'_a (h-d')}$; $A = \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h} + \frac{M_2}{\bar{\sigma}_a (h-d')}$

• si $K_1 < K_2$: prendre K_2 tableau $\rightarrow (\mu, \varepsilon)$

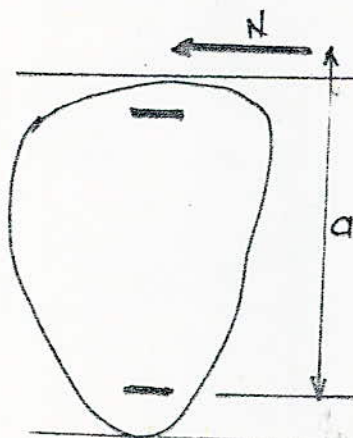
$\sigma'_b = \frac{15}{n} \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{K_2}$ \rightarrow $M_1 = \mu' \sigma'_b \cdot b h^2$; $M_2 = N_b - M_1$

$A' = \frac{M_2}{\sigma'_a (h-d')}$; $A = A' + \frac{M_1}{\bar{\sigma}_a \cdot \varepsilon \cdot h}$

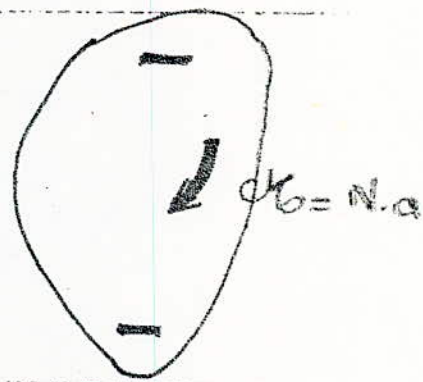
$A'_{fc} = A'$

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

A_{fc} = section en flexion composée



flexion composée



flexion simple

c - Cas de compression simple: ($e_0 = 0$)

La section d'aciers longitudinaux doit vérifier les 3 conditions suivantes:

$$1 - A_L \geq \frac{1,25}{10000} \cdot \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{N}{\sigma_{bo}} \quad (\text{art 32.2. CCBA 68})$$

θ_1 : coefficient qui tient compte de l'excentricité de la charge

$\theta_1 = 1,8$: poteaux d'angles

$\theta_2 = 1,4$: " de rives

$\theta_3 = 1,0$: autres poteaux

$$\theta_2: \quad \theta_2 = 1 + \frac{l_c}{4a - 2c}$$

$$\theta_3 = 1 + \frac{2160}{\sigma_{en}}$$

l_c : longueur de flambement (art 33.23. CCBA 68)

a : plus petite dimension transversale

c : enrobage des armatures longitudinales

$$\sigma_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \Rightarrow \theta_3 = 1,52$$

$$\sigma'_m = \frac{N'}{B'} \Rightarrow \omega'_L: \text{pourcentage minimale d'armatures}$$

$$\omega'_L \geq 1,25 \cdot 10^{-3} \cdot \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{N'}{\sigma_{bo}} \Rightarrow A_L$$

2 - section théorique:

$$A_L \geq \frac{1}{\eta} \left(\frac{N}{\sigma_{bo}} - B \right)$$

B : section de béton.

3 - condition de sécurité:

$$\frac{A_L}{B} \leq 5\% \Rightarrow A \leq \frac{B}{20} \quad (\text{art 32.26 CCBA 68})$$

remarque: Dans le cas de sections partiellement comprimées, σ'_m sera déterminée en considérant le diagramme de NAVIER

$$\gamma_s = \frac{\bar{\sigma}'_b}{\bar{\sigma}'_b + \frac{\sigma_a}{\eta}} \cdot h$$

$$\sigma'_m = \frac{N'}{B'}$$

$$\Rightarrow A_{Lmi} \geq \frac{1,25}{1000} \cdot \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{N'}{\sigma_{bo}}$$

VII.6

CONTRAINTES ADMISSIBLES $\bar{\sigma}_b$: (en FLEXION COMPOSEE) art 9.4 CCBA 68

sous SP₁:

$$\sigma_b = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot \epsilon \cdot \sigma_{28}$$

α :
 β :
 γ :

 } \rightarrow voir γ : caractéristiques mécaniques du béton armé. (base:)

$$S = \min \left[0,6 ; 0,3 \left(1 + \frac{l_0}{3e_1} \right) \right]$$

sous SP₂: La valeur de S est multipliée par 1,5

FLAMBEMENT DES POTEAUX: (art 53.23 CCBA 68).

* bâtiment à étages contreventés par système de poutres verticales et où la continuité des poteaux a été assurée

$$l_c = 0,7 \cdot l_0 \quad \text{si:}$$

- poteau encastré à ses extrémités aux fondations
- poteau assemblé à des poutres de planchers supérieurs ou inférieurs de même raideur (que le poteau)

$$l_c = 0,9 \cdot l_0 \quad \text{dans les autres cas.}$$

* Pour bâtiment contreventé par portiques, il est recommandé d'étudier de façon précise les conditions de stabilité élastique de l'ossature.

1. Pièces chargées axialement: (passer par le CCG de la pièce)

$50 < \lambda < 150 \rightarrow$ justification en flexion composée

$$\left(\lambda = \frac{l_c}{i} = \text{élancement réel} \right)$$

avec une excentricité fictive:

$$\left\{ \begin{aligned} \eta_c &= \frac{8 l_c^2}{V} (1 + \xi) \cdot 10^{-3} (\lambda - 50)^{3/4} \\ \xi &= \frac{G}{G + 1,5P} \quad \text{et } V = \frac{h}{2} \end{aligned} \right.$$

2. Pièces chargées de façon excentrée dans le plan de flambement:

$$50 < \lambda < 150 \rightarrow \text{élancement fictif } \lambda' \quad (\lambda'^2 = \lambda^2 + \frac{33000 \cdot e}{1 + 0,6\xi} \cdot \frac{e}{h^2})$$

(450) si $\frac{l_c}{d} \leq 14,4$ (sect rect) \Rightarrow le flambement n'existe pas. L'article CCBA 68 considère les pièces dont $\lambda < 50$ non sujettes au flambement.

II - DETERMINATION DES ARMATURES TRANSVERSALES :

Les armatures transversales disposées dans les poteaux jouent un rôle triple: celui de:

- permettre le positionnement des armatures longitudinales
- empêcher le gonflement du béton.
- s'opposer au flambement des armatures.

L'unique condition est de limiter les espacements entre celles-ci comme indiqué ci-après:

1. En Zones courantes: (sans recouvrement).

L'espacement admissible est:

$$\| \bar{t} = \min \left\{ \begin{array}{l} t_1 = (100 \phi_t - 15 \phi_{e \max}) \left(2 - \frac{\sigma_b}{\sigma_{b0}} \right) \\ t_2 = 15 \left(2 - \frac{\sigma_b}{\sigma_{b0}} \right) \phi_{e \min} \quad (1) \end{array} \right.$$

σ_b : contrainte moyenne du béton, sous la sollicitation du 1^{er} genre.
En pratique, on prend le cas limite: $\sigma_b = \sigma_{b0}$.

$$\| \begin{array}{l} t \leq 15 \phi_{e \min} \quad (1) \\ \phi_t \geq 0,3 \phi_{e \max} \end{array}$$

2. En Zone de recouvrement: (art 32.33 du CCA 68).

- Le nombre d'espacement des cours des armatures transversales doit être tel que la couture des fonctions par adhésives soit assurée.
- soit v = nombre de cours d'armatures à disposer.

Il faut avoir:

$$\left\{ \begin{array}{l} v \geq 3 \\ v \geq \frac{0,4 \phi_t^2 \cdot \sigma_{ent}}{\phi_t^2 \cdot \sigma_{ent}} \end{array} \right.$$

• la longueur de recouvrement est:

$$\| l_s = \frac{\phi}{4} \cdot \frac{\bar{\sigma}_a}{\bar{\sigma}_d} \quad \text{avec} \quad \bar{\sigma}_d = 1,25 \cdot \phi_d^2 \cdot \bar{\sigma}_b$$

• L'article 2.322 du P.S 69 recommande une longueur $l_d \geq 50 \phi$

Les armatures transversales sont de plus destinées à reprendre l'effort tranchant dû au séisme et développé aux extrémités des poteaux ou calculera l'espacement t' répondant à cette condition pour le sens longitudinal et transversal.

soit T : effort tranchant dû au séisme

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

t_0 : espacement des armatures transversales:

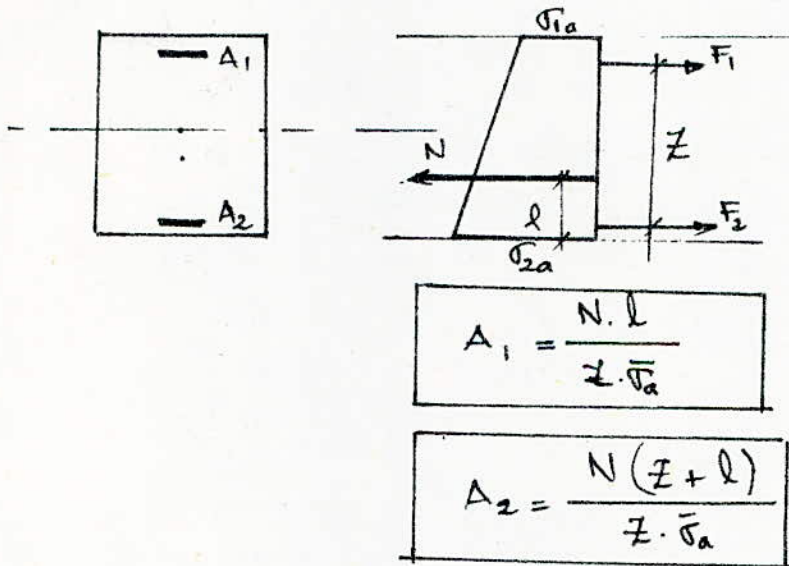
$$t_0 = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_a}{T}$$

$$\bar{t} = \max \begin{cases} t_1 = 0,2h \\ t_2 = (1 - 0,3 \cdot \frac{\tau_b}{\bar{\sigma}_a})h \end{cases}$$

- Il faut vérifier que les espacements adoptés sont inférieurs à : $\min(t_0, \bar{t})$.

ARMATURES LONGITUDINALES :

cas de section entièrement tendue : N : effort de traction.



$l = -\frac{h}{2} + e_0$ (cas où le pt d'application est en dehors de la sect)

$l = e_0 - \frac{h}{2}$ (pt d'application à l'int de la section).

PORTIQUE LONGITUDINAL I-I

SOUS S.P.₁

FILE	Poteau	N (tonnes)	M ^{max} (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N} (\text{cm})$	$e_1 = \frac{h}{6}$	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	4.34	1.49	34.33	10	135.00	P.C
	5-9	9.64	1.12	11.62	10	93.64	P.C
	9-13	14.94	1.07	7.16	10	83.61	
	13-17	20.24	1.07	5.29	10	79.40	E.C
	17-21	24.71	1.57	6.35	10	81.78	E.C
2	2-6	7.56	/	/	10	67.5	C.S
	6-10	17.04	/	/	10	67.5	C.S
	10-14	26.52	/	/	10	67.5	C.S
	14-18	36.00	/	/	10	67.5	C.S
	18-22	44.60	/	/	10	67.5	C.S
3	3-7	7.56	/	/	10	67.5	C.S
	7-11	17.04	/	/	10	67.5	C.S
	11-15	26.52	/	/	10	67.5	C.S
	15-19	36.00	/	/	10	67.5	C.S
	19-23	44.60	/	/	10	67.50	C.S
4	4-8	7.56	/	/	10	67.5	C.S
	8-12	17.04	/	/	10	67.5	C.S
	12-16	26.52	/	/	10	67.5	C.S
	16-20	36.00	/	/	10	67.5	C.S
	20-24	44.60	/	/	10	67.5	C.S

* Les valeurs des files 2,3,4 étant les mêmes, on fera le calcul uniquement pour la file 2 sollicitée en compression simple

Détermination des armatures longitudinales sous S.P.₁:

→ Pourcentage minimal d'armatures: (art 32.2 et 33.23 CCBA.68).

$$w_p \geq \frac{1,25}{1000} \theta_1 \cdot \theta_2 \cdot \theta_3 \cdot \frac{\sigma_{tm}'}{\sigma_{b0}'}$$

$$\left. \begin{aligned} l_c &= 0,9 \cdot l_0 = 0,9 \times 3,90 = 3,51 \text{ m} \\ a &= 0,30 \text{ m} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{l_c}{a} = \frac{3,51}{0,30} = 11,7 < 14,4$$

Dans notre cas, il n'existe pas de flambement ($\lambda < \lambda_0$).

$$\theta_2 = 1 + \frac{l_c}{4a - 2c} = 1 + \frac{3,51}{4 \times 0,30 - 0,04} = 4,02$$

$$\theta_3 = 1,52$$

$$\Rightarrow w_p \geq \frac{1,25}{1000} \times 4,02 \times 1,52 \times \frac{1}{67,5} \times \theta_1 \cdot \sigma_{tm}' = 11,5 \cdot 10^{-5} \cdot \theta_1 \cdot \sigma_{tm}'$$

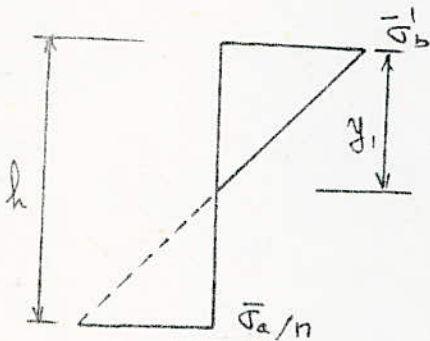
θ_1 : le postique longitudinal n'étant pas un postique de rive

$$\Rightarrow \begin{cases} \theta_1 = 1.4 & \text{ poteaux de rive : File 1} \\ \theta_1 = 1.0 & \text{ autres files.} \end{cases}$$

28. sections ~~partiellement~~ ^{entièrement} comprimées et sect. à la Compr. simple:

$$\sigma_m = \frac{N}{B} \rightarrow \lambda_L \gg 11,3 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{N}{B} \cdot \theta_1$$

29. sections partiellement comprimées : diagramme de NAVIER



$$y_1 = h \cdot \frac{\sigma_b^1}{\sigma_b^1 + \sigma_a/n}$$

$$\sigma_m = \frac{N}{b \cdot y_1}$$

Tableau donnant le pourcentage minimal des armatures.

FILE	1					2				
$\bar{\sigma}_b^1$	135.00	93.64	83.61	79.110	81.78	67.50	67,5	67.5	67.5	67.5
N	4.34	9.64	14.94	20.24	24.71	7.56	17.04	26.52	36.00	44.60
y_1 (cm)	23.92	19.04	/	/	/	/	/	/	/	/
θ_1	1.40	1.40	1.4	1.40	1.40	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
σ_m	6.05	16.88	8.30	11.24	13.73	4.20	9.47	14.74	20.00	24.78
A_{el}	1.72	4.81	2.36	3.20	3.91	0.85	1.93	3.00	4.07	5.04

* calcul du ferrailage:

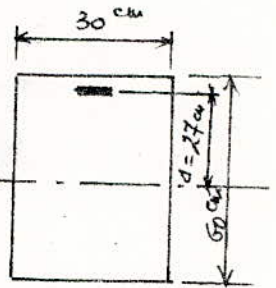
FILE 1: nous allons détailler le calcul pour 2 cas de sollicitation ; c'est à dire poteau ~~entièrement~~ partiellement comprimé et poteau entièrement comprimé. Les autres calculs seront consignés en tableaux.

Exemple de poteau partiellement comprimé : Poteau 1-5

$$\begin{cases} M = 1,49 \text{ tm} \\ N = 4,34 \text{ t} \end{cases}$$

Moment fictif (par rapport aux aciers tendus)

$$M_0 = 1,49 + 4,34 \times 0,27 = 2,66 \text{ tm}$$



methode de P. CHARON :

$$\mu = \frac{15 M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = \frac{15 \times 2,66 \cdot 10^5}{2800 \times 30 \times 57^2} = 0,0146$$

$$\mu = 0,0146 \rightarrow \begin{cases} K = 78,0 \\ \xi = 0,9462 \end{cases}$$

$$\bar{K} = \frac{2800}{135} = 20,74 \Rightarrow K > \bar{K} : \text{Sect sans armatures comprimées}$$

$$A_1 = \frac{M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot \xi \cdot h} = \frac{266 \cdot 10^3}{2800 \cdot 0,9462 \cdot 57} = 1,76 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A = A_1 - \frac{N}{\bar{\sigma}_a} = 1,76 - \frac{4,34 \cdot 10^3}{2800}$$

$$\underline{\underline{A = 0,21 \text{ cm}^2}}$$

Exemple de poteau entièrement comprimé : Poteau 9-13.

$$\begin{cases} M = 1,07 \text{ t.m} \\ N = 14,94 \text{ t.} \end{cases}$$

$$1^{\text{er}}. \quad \rho = \frac{\bar{\sigma}_b \cdot b \cdot h_t}{N} = \frac{83,61 \times 30 \times 60}{14,94 \cdot 10^3} = 10,07$$

$$\beta = \frac{6 \cdot M_c}{N \cdot h_t} = \frac{6 \times 1,07 \cdot 10^5}{14,94 \cdot 10^3 \times 60} = 0,71$$

$$\delta' = \frac{d'}{h_t} = 0,05$$

$$2^{\text{o}}. \quad C = 0,27 (1 - 2\delta')^2 \cdot \rho = 0,27 (1 - 2 \times 0,05)^2 \times 10,07 = 2,20$$

$$D = 0,30 (\rho - \beta) - 0,9 (1 - \rho) (1 - 2\delta')^2 \\ = 0,30 (10,07 - 0,71) - 0,9 (1 - 10,07) (1 - 2 \times 0,05)^2 = 9,42$$

$$E = -(1 + \beta - \rho) = -(1 + 0,71 - 10,07) = 8,36$$

VII. 11

$$3^\circ. \quad w' = \frac{1}{2c} (-D + \sqrt{D^2 - 4CE}) = \frac{1}{2 \times 2,20} (-9,42 + \sqrt{9,42^2 - 4,220 \times 8,36})$$

$$w' = -1,26.$$

$$4^\circ. \quad A'_1 = A'_2 = w' \cdot \frac{b \cdot ht}{100} \cdot \frac{15}{\eta} = -1,26 \times \frac{30 \times 60}{100} \times \frac{1}{100} < 0$$

$A' < 0 \rightarrow$ nous prenons l'armature minimale

$$\underline{A' = 2,36 \text{ cm}^2}$$

FILE: 2 \rightarrow tous les poteaux sont en compression simple.

Considérons le poteau: 18-22

$$* \quad 19. \quad A_L \geq \frac{1,25}{1000} \cdot 0,1 \cdot 0,2 \cdot 0,3 \cdot \frac{N_1}{\sigma_{bo}} \Rightarrow A_L \geq 5,064 \text{ cm}^2$$

$$29. \text{ section théorique: } A_L \geq \frac{1}{15} \left(\frac{N_1}{\sigma_{bo}} - B \right) = \frac{1}{15} \left(\frac{4476 \cdot 10^3}{67,5} - 1800 \right)$$

$$A_L < 0.$$

39. condition de sécurité:

$$A \leq \frac{B}{20} = \frac{1800}{20} = 90 \text{ cm}^2$$

$$\text{Donc: } \underline{5,06 \text{ cm}^2 \leq A \leq 90 \text{ cm}^2}$$

Le poteau 18-22, 'étant le plus sollicité'; ceci nous permet de dire que c'est le plus ferrailé de tous les autres. Donc pour la compression simple, nous tenons compte uniquement des armatures minimales. (Dans les files 2, 3, 4).

SP1:

Poteaux partiellement comprimés - tableau récapitulatif (sans armat. comprimés)

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b'$	d (cm)	M ₀ (t.m)	μ	K	ε	σ_b	A ₁ (cm ²)	A (cm ²)
1	1-5	4.34	1.49	135	27	2.66	0,0146	78	0,9462	35,89	1,76	0,21
1	5-9	9,64	1.12	98,64	27	3,72	0,0204	65,5	0,9379	42,75	2,48	<0

Poteaux entièrement comprimés - tableau récapitulatif:

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b'$	φ	β	S'	e	D	E	N'	A' (cm ²)
1	9-13	14.94	1.07	83.61	10.07	0.71	0.05	2.20	9.42	8.36	-1.26	<0
	13-17	20.24	1.07	73.40	7.06	0.53	0.05	1.54	6.38	5.53	-1.23	<0
	17-21	24.71	1.57	81.78	5.96	0.63	0.05	1.30	5.21	4.33	-1.63	<0

Poteaux soumis à la compression simple:

FILE	POTEAU	N (t)	B (cm ²)	A _L min (cm ²)	A _L theori (cm ²)	$\frac{A}{\frac{B}{20}}$ (cm ²)	A' (cm ²)
2	2-6	7.56	1800	0.95	<0	90	0.85
	6-10	17.04	1800	1.93	<0	90	1.93
	10-14	26.52	1800	3.00	<0	90	3.00
	14-18	36.00	1800	4.07	<0	90	4.07
	18-22	44.60	1800	5.04	<0	90	5.04

Sous SP₂ (Semelles) : N^{max}.

FILE	POTEAU	N ^{max} (t)	M ^{max} (t.m)	e ₀ = $\frac{M}{N}$ (cm)	e ₁ = $\frac{ht}{6}$ (cm)	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	8.65	8.99	103.93	10,0	202,50	P.C
	5-9	21.25	12.73	59.91	10,0	202,50	P.C
	9-13	36.17	15.04	41.58	10,0	202,50	P.C
	13-17	52.34	15.58	29.71	10,0	201,72	P.C
	17-21	65.85	13.72	20.83	10,0	171,55	P.C
2	2-6	11.35	8.45	74.45	10,0	202,50	P.C
	6-10	24.54	14.12	57.54	10,0	202,50	P.C
	10-14	37.61	17.26	45.73	10,0	202,50	P.C
	14-18	50.39	18.00	35.73	10,0	202,50	P.C
	18-22	61.30	15.75	25.69	10,0	187,85	P.C
3	3-7	10.70	8.45	78.97	10,0	202,50	P.C
	7-11	22.45	14.12	62.89	10,0	202,50	P.C
	11-15	33.47	17.20	51.39	10,0	202,50	P.C
	15-19	43.77	18.00	41.12	10,0	202,50	P.C
	19-23	52.49	15.75	30.00	10,0	202,50	P.C

Les valeurs des files 3 et 4 étant les mêmes; nous ferons uniquement le calcul pour la file 3. (La même chose pour le radier).

- RADIER -

radier : N^{max} (sous SP₂).

FILE	POTEAU	N ^{max} (t)	M ^{max} (t.m)	e ₀ = $\frac{M}{N}$	e ₁ = $\frac{ht}{6}$	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	8.03	8.03	99.26	10,0	202,50	P.C
	5-9	19.74	11.24	56.94	10,0	202,50	P.C
	9-13	33.42	13.23	39.59	10,0	202,50	P.C
	13-17	48.35	13.70	28.33	10,0	196,86	P.C
	17-21	62.01	12.27	19.79	10,0	168,04	P.C
2	2-6	10.82	7.37	68.11	10,0	202,50	P.C
	6-10	23.48	12.30	52.38	10,0	202,50	P.C
	10-14	36.05	15.00	41.61	10,0	202,50	P.C
	14-18	48.36	15.68	32.42	10,0	202,50	P.C
	18-22	58.36	13.72	23.27	10,0	179,79	P.C
3	3-7	10.26	7.37	71.83	10,0	202,50	P.C
	7-11	21.67	12.30	56.76	10,0	202,50	P.C
	11-15	32.45	15.00	46.22	10,0	202,50	P.C
	15-19	42.61	15.68	36.80	10,0	202,50	P.C
	19-23	51.31	13.72	26.74	10,0	191,50	P.C

— SEMELLES —

N^{\min} (sous SP_2)

FILE	POTEAU	N^{\min} (t)	M^{\max} (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N}$ (m)	$e_1 = \frac{h_0}{6}$ (m)	σ_b (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	-0.27	6.15	22.77	0.10	202.50	P.C
	5-9	-3.33	10.78	3.24	0.10	202.50	P.C
	9-13	-8.68	13.13	1.52	0.10	202.50	P.C
	13-17	-15.48	13.95	0.90	0.10	202.50	P.C
	17-21	-21.60	11.89	0.55	0.10	202.50	P.C
2	2-6	3.16	8.45	2.67	0.10	202.50	P.C
	6-10	6.81	14.12	2.07	0.10	202.50	P.C
	10-14	10.58	17.20	1.63	0.10	202.50	P.C
	14-18	14.65	18.00	1.23	0.10	202.50	P.C
	18-22	18.81	15.75	0.83	0.10	202.50	P.C
3	3-7	3.81	8.45	2.22	0.10	202.50	P.C
	7-11	8.90	14.12	1.58	0.10	202.50	P.C
	11-15	14.72	17.20	1.17	0.10	202.50	P.C
	15-19	21.26	18.00	0.84	0.10	202.50	P.C
	19-23	27.62	15.75	0.57	0.10	202.50	P.C

Les valeurs des files 3, et 4 étant les mêmes ; nous ne calculons que la file 3.

— RAVIER —

N^{\min} (sous SP_2)

FILE	POTEAU	N^{\min} (t)	M^{\max} (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N}$ (m)	$e_1 = \frac{h_0}{6}$ (m)	σ_b (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	0.23	5.19	17.83	0.10	202.50	P.C
	5-9	-1.81	9.28	5.13	0.10	202.50	P.C
	9-13	-5.93	9.07	1.53	0.10	202.50	P.C
	13-17	-11.30	11.81	1.05	0.10	202.50	P.C
	17-21	-16.22	10.24	0.63	0.10	202.50	P.C
2	2-6	3.69	7.37	2.00	0.10	202.50	P.C
	6-10	7.87	12.30	1.56	0.10	202.50	P.C
	10-14	12.14	15.00	1.23	0.10	202.50	P.C
	14-18	16.67	15.68	0.94	0.10	202.50	P.C
	18-22	21.25	13.72	0.64	0.10	202.50	P.C
3	3-7	4.25	7.37	1.73	0.10	202.50	P.C
	7-11	9.68	12.30	1.27	0.10	202.50	P.C
	11-15	15.74	15.00	0.95	0.10	202.50	P.C
	15-19	21.42	15.68	0.70	0.10	202.50	P.C
	19-23	28.86	13.72	0.47	0.10	202.50	P.C

FERRAILLAGE SOUS $S P_2$:

① sections partiellement comprimées - N^{max} - Semelles -
(sans armatures comprimées).

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b$	a (cm)	σ_b (t.m)	μ	K	ϵ	σ'_b	A_1 (cm ²)	A (cm ²)
1	1-5	8.65	8.99	202.50	27	11.32	0.0441	42.8	0.9135	98.13	5.17	3.11
	5-9	21.25	12.73	202.50	27	18.47	0.0677	31.8	0.8932	132.00	8.63	3.57
	9-13	36.17	15.04	202.50	27	24.82	0.0909	26.3	0.8789	159.70	11.79	3.18
	13-17	52.34	15.58	201.72	27	29.71	0.1087	23.4	0.8693	178.49	14.27	1.80
	17-21	65.85	13.72	171.55	27	31.45	0.1152	22.5	0.8667	186.66	15.16	<0
2	2-6	11.35	8.45	202.50	27	11.51	0.0422	42.4	0.9129	99.06	5.27	2.57
	6-10	24.54	14.12	202.50	27	20.75	0.0760	29.5	0.8876	142.37	9.76	3.92
	10-14	37.61	17.20	202.50	27	27.35	0.1002	24.7	0.8741	170.04	13.07	4.12
	14-18	50.88	18.00	202.50	27	31.74	0.1163	22.4	0.8663	187.50	15.30	3.18
	18-22	61.30	15.75	187.95	27	32.30	0.1183	22.2	0.8656	189.20	15.59	0.99
3	3-7	10.70	8.45	202.50	27	11.34	0.0415	42.8	0.9135	98.13	5.18	2.63
	7-11	22.45	14.12	202.50	27	20.18	0.0739	30.0	0.8889	140.00	9.48	4.13
	11-15	38.47	17.20	202.50	27	26.24	0.0961	25.4	0.8762	165.00	12.51	4.54
	15-19	48.77	18.00	202.50	27	29.82	0.1093	23.4	0.8698	179.50	14.32	3.90
	19-23	52.49	15.75	202.50	27	29.92	0.1096	23.3	0.8695	180.25	14.37	1.87

② sections partiellement comprimées - N^{max} - Radars.

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b$	a (cm)	σ_b (t.m)	μ	K	ϵ	σ'_b	A_1 (cm ²)	A (cm ²)
1	1-5	8.03	8.03	202.50	27	10.21	0.0370	45.8	0.9178	91.70	4.65	2.72
	5-9	19.74	11.24	202.50	27	16.57	0.0607	34.0	0.8980	123.52	7.71	3.01
	9-13	33.42	13.23	202.50	27	22.25	0.0815	28.3	0.8845	148.40	10.51	2.59
	13-17	48.35	13.70	196.86	27	26.75	0.0980	25.1	0.8753	167.33	12.76	1.25
	17-21	62.01	12.27	168.04	27	28.01	0.1063	23.8	0.8711	176.47	13.91	<0
2	2-6	10.82	7.37	202.50	27	10.29	0.0377	45.4	0.9172	92.51	4.69	2.11
	6-10	23.48	12.30	202.50	27	18.64	0.0683	31.6	0.8927	132.91	8.72	3.13
	10-14	36.05	15.00	202.50	27	24.75	0.0906	26.4	0.8789	159.09	11.76	3.17
	14-18	48.36	15.68	202.50	27	28.74	0.1053	23.9	0.8715	175.73	13.77	2.25
	18-22	58.96	13.72	179.79	27	29.64	0.1086	23.5	0.8701	178.72	14.23	0.20
3	3-7	10.26	7.37	202.50	27	10.14	0.0371	45.8	0.9178	91.70	4.61	2.17
	7-11	21.67	12.30	202.50	27	18.15	0.0665	32.1	0.8935	130.80	8.48	3.32
	11-15	32.45	15.00	202.50	27	23.76	0.0870	27.1	0.8815	154.98	11.26	3.53
	15-19	42.61	15.68	202.50	27	27.18	0.0995	24.8	0.8744	169.35	12.98	2.83
	19-23	51.31	13.72	191.50	27	27.57	0.1010	24.6	0.8737	170.73	13.18	0.96

3° sections partiellement comprimées N^{min} - Semelles
(sans armatures comprimées)

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b$	a (cm)	σ_b (t.m)	μ	K	ϵ	σ_b	A_1 (cm ²)	A (cm ²)
1	1-5	-0.27	6.15	202.50	27	6.07	0.0222	61.5	0.9346	68.29	2.71	2.71
	5-9	-3.33	10.78	202.50	27	9.88	0.0362	46.4	0.9186	90.52	4.13	4.13
	9-13	-8.68	13.19	202.50	27	10.85	0.0397	44.0	0.9153	95.45	4.85	7.1
	13-17	-15.48	13.95	202.50	27	9.77	0.0358	46.8	0.9191	89.74	4.44	8.1
	17-21	-21.60	11.89	202.50	27	8.06	0.0222	61.5	0.9316	68.29	2.71	2.71
2	2-6	3.16	8.45	202.50	27	9.30	0.0340	48.2	0.9209	87.13	4.21	3.16
	6-10	6.81	14.12	202.50	27	16.06	0.0588	37.4	0.9046	112.30	7.42	5.1
	10-14	10.58	17.20	202.50	27	20.85	0.0734	30.2	0.8894	139.07	9.42	6.1
	14-18	14.65	18.00	202.50	27	21.95	0.0804	28.5	0.8851	147.36	10.31	6.1
	18-22	18.81	15.75	202.50	27	20.83	0.0763	29.5	0.8876	142.37	9.80	5.1
3	3-7	3.81	8.45	202.50	27	9.48	0.0347	47.6	0.9201	88.23	4.30	3.16
	7-11	8.90	14.12	202.50	27	16.52	0.0605	34.0	0.8980	123.52	7.68	5.1
	11-15	14.72	17.20	202.50	27	21.17	0.0775	29.1	0.8866	144.33	9.97	6.1
	15-19	21.26	18.00	202.50	27	23.74	0.0870	27.1	0.8812	154.98	11.25	6.1
	19-23	27.26	15.75	202.50	27	23.11	0.0847	27.6	0.8826	152.17	10.93	4.1

4° sections partiellement comprimées - N^{min} - radier

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	a (cm)	σ_b (t.m)	μ	K	ϵ	σ_b (kg/cm ²)	A_1 (cm ²)	A (cm ²)
1	1-5	0.29	5.19	202.50	27	5.27	0.0193	67.0	0.9390	62.69	2.34	2.34
	5-9	-1.81	8.29	202.50	27	9.77	0.0358	46.8	0.9188	89.74	4.09	4.09
	9-13	-5.93	9.87	202.50	27	10.67	0.0390	44.4	0.9158	94.50	4.90	5.1
	13-17	-11.30	11.84	202.50	27	14.89	0.0545	36.4	0.9031	115.38	5.71	6.1
	17-21	-16.22	10.24	202.50	27	14.62	0.0535	36.8	0.9035	114.13	4.52	2.1
2	2-6	3.69	7.37	202.50	27	8.37	0.0306	51.5	0.9248	81.55	3.78	3.16
	6-10	7.87	12.30	202.50	27	14.42	0.0528	37.0	0.9038	113.51	6.66	4.1
	10-14	12.14	15.00	202.50	27	18.28	0.0683	32.0	0.8936	131.25	8.54	5.1
	14-18	16.67	15.68	202.50	27	20.18	0.0739	30.0	0.8889	140.00	9.48	5.1
	18-22	21.25	13.72	202.50	27	19.46	0.0713	30.7	0.8906	136.80	9.13	4.1
3	3-7	4.25	7.37	202.50	27	8.52	0.0312	50.5	0.9231	83.16	3.94	2.1
	7-11	9.68	12.30	202.50	27	14.91	0.0546	36.2	0.9020	116.02	6.90	4.1
	11-15	15.74	15.00	202.50	27	19.25	0.0705	30.9	0.8911	135.92	9.02	5.1
	15-19	22.42	15.68	202.50	27	21.73	0.0796	28.7	0.8856	146.34	10.25	4.1
	19-23	28.86	13.72	202.50	27	21.51	0.0788	28.9	0.8861	145.32	10.14	3.1

PORTIQUE LONGITUDINAL. III. III

SOUS SP₁

FILE	POTEAU	N(t)	M ^{max} (tm)	e ₀ = $\frac{M}{N}$	e ₁ = $\frac{ht}{6}$	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	Solicitation.	
1	1-5	3,79	0,83	21,9	5,0	135	RC	
	5-9	7,64	0,57	7,4	5,0	100	RC	
	9-13	11,50	0,55	4,78	5,0	89		EC
	13-17	15,36	0,44	2,86	5,0	80		EC
	17-21	18,39	0,86	4,67	5,0	88		EC
2	2-6	6,83	/	/	5,0	67,5	CS	
	6-10	13,58	/	/	5,0	67,5	CS	
	10-14	20,33	/	/	5,0	67,5	CS	
	14-18	27,08	/	/	5,0	67,5	CS	
	18-22	32,93	/	/	5,0	67,5	CS	
3	3-7	6,83	/	/	5,0	67,5	CS	
	7-11	13,58	/	/	5,0	67,5	CS	
	11-15	20,33	/	/	5,0	67,5	CS	
	15-19	27,08	/	/	5,0	67,5	CS	
	19-23	32,93	/	/	5,0	67,5	CS	
4	4-8	6,83	/	/	5,0	67,5	CS	
	8-12	13,58	/	/	5,0	67,5	CS	
	12-16	20,33	/	/	5,0	67,5	CS	
	16-20	27,08	/	/	5,0	67,5	CS	
	20-24	32,93	/	/	5,0	67,5	CS	

Tableau donnant le ferrailage minimum d'armatures longitudinales.

File.	1					2				
$\bar{\sigma}_b$	135	100	89	80	88	67,5	67,5	67,5	67,5	67,5
N	3,79	7,64	11,50	15,36	18,39	6,83	13,58	20,33	27,08	32,93
y ₁	11,3	9,41	/	/	/	/	/	/	/	/
θ ₁	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
G _m	5,59	13,53	6,38	8,53	10,21	3,80	7,54	11,29	15,04	18,29
Al.	2,04	4,95	2,33	3,12	3,74	1,08	2,15	3,22	4,28	5,21

SP₁ poteaux partiellement comprimés : tableau récapitulatif. (sans Ann. comp)

File	poteau	N(k)	M(km)	\bar{e}	a(cm)	d'(cm)	μ	κ	ε	\bar{e}	A_1, cm^2	A, cm^2
1	1-5	3,79	0,83	135	12	1,28	0,0156	75,5	0,9448	37	1,79	0,43
1	5-9	7,64	0,57	100	12	1,49	0,0182	69	0,9405	40	2,09	< 0

poteaux entièrement comprimés.

File	poteau	N(k)	M(km)	\bar{e}	φ	β	δ'	κ	\mathcal{D}	\mathcal{E}	\mathcal{W}'	A', cm^2
1	9-13	14,50	0,55	89	12,53	0,95	0,1	2,16	10,11	10,58	< 0	< 0
	13-17	15,36	0,44	80	8,43	0,57	0,1	1,45	6,63	6,86	< 0	< 0
	17-21	18,39	0,86	88	7,75	0,93	0,1	1,34	5,93	5,82	< 0	< 0

poteaux en compression simple.

FILE	poteau.	N (k)	B (cm ²)	AL min (cm ²)	AL théor (cm ²)	$A \leq \frac{B}{20}$	A', cm^2
2	2-6	6,83	1800	1,08	—	90	1,08
	6-10	13,58	1800	2,15	—	90	2,15
	10-14	20,33	1800	3,22	—	90	3,22
	14-18	27,08	1800	4,28	—	90	4,28
	18-22	32,93	1800	5,21	—	90	5,21

SOUS. SP_2 (semelles) : N_{max}

FILE	POTEAU	$N(t)$	M_{max}	$e_0 = \frac{M}{N}$ (cm)	$e_1 = \frac{ht}{8}$ (cm)	$\bar{G}b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	7.85	7.72	98	5.0	202.5	P.C
	5-9	17.44	11.13	60	5.0	202.5	P.C
	9-13	31.05	13.14	42	5.0	202.5	P.C
	13-17	44.97	13.54	30	5.0	202.5	P.C
	17-21	56.71	12.02	21	5.0	202.5	P.C
2	2-6	10.55	8.03	76	5.0	202.5	P.C
	6-10	20.75	12.93	62	5.0	202.5	P.C
	10-14	30.86	15.57	50	5.0	202.5	P.C
	14-18	40.74	16.26	40	5.0	202.5	P.C
	18-22	48.83	14.22	29	5.0	202.5	P.C
3	3-7	9.93	8.03	80	5.0	202.5	P.C
	7-11	18.81	12.93	68	5.0	202.5	P.C
	11-15	27.06	15.57	57	5.0	202.5	P.C
	15-19	34.71	16.26	46	5.0	202.5	P.C
	19-23	40.81	14.22	34	5.0	202.5	P.C
4	4-8	9.93	8.03	80	5.0	202.5	P.C
	8-12	18.81	12.93	68	5.0	202.5	P.C
	12-16	27.06	15.57	57	5.0	202.5	P.C
	16-20	34.71	16.26	46	5.0	202.5	P.C
	20-24	40.81	14.22	34	5.0	202.5	P.C

SOUS. SP_2 (RADIERS) : N_{max}

FILE	POTEAU	$N(t)$	M_{max} (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N}$	$e_1 = \frac{ht}{8}$	$\bar{G}b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	7.32	6.83	93	5.0	202.5	P.C
	5-9	16.92	9.72	57	5.0	202.5	P.C
	9-13	28.37	11.49	40	5.0	202.5	P.C
	13-17	40.95	11.81	28	5.0	202.5	P.C
	17-21	51.53	9.91	19	5.0	202.5	P.C
2	2-6	9.96	6.98	70	5.0	202.5	P.C
	6-10	19.59	11.22	57	5.0	202.5	P.C
	10-14	29.24	13.54	46	5.0	202.5	P.C
	14-18	38.65	14.13	36	5.0	202.5	P.C
	18-22	46.40	12.23	26	5.0	202.5	P.C
3	3-7	9.43	6.98	74	5.0	202.5	P.C
	7-11	17.93	11.22	62	5.0	202.5	P.C
	11-15	26.03	13.54	52	5.0	202.5	P.C
	15-19	33.51	14.13	42	5.0	202.5	P.C
	19-23	39.53	12.23	31	5.0	202.5	P.C
4	4-8	9.43	6.98	74	5.0	202.5	P.C
	8-12	17.93	11.22	62	5.0	202.5	P.C
	12-16	26.03	13.54	52	5.0	202.5	P.C
	16-20	33.51	14.13	42	5.0	202.5	P.C
	20-24	39.53	12.23	31	5.0	202.5	P.C

SOUS. $S P_2$. (semelles) N^{min}

FILE	POTEAU	$N(t)$	$M(tm)$	$e_0 = \frac{M}{N}$	$e_1 = \frac{ht}{c}$	$\bar{\sigma}_b$	Sollicitation
1	1-5	-0.41	6.11	14.90	5.0	202.5	PC
	5-9	-3.80	10.11	2.66	5.0	202.5	PC
	9-13	-9.21	12.15	1.32	5.0	202.5	PC
	13-17	-15.93	12.77	0.80	5.0	202.5	PC
	17-21	-22.13	11.01	0.49	5.0	202.5	PC
2	2-6	2.79	8.03	2.87	5.0	202.5	PC
	6-10	4.99	12.93	2.59	5.0	202.5	PC
	10-14	7.28	15.57	2.13	5.0	202.5	PC
	14-18	9.80	16.26	1.66	5.0	202.5	PC
	18-22	12.33	14.22	1.15	5.0	202.5	PC
3	3-7	3.41	8.03	2.35	5.0	202.5	PC
	7-11	6.93	12.93	1.86	5.0	202.5	PC
	11-15	11.08	15.57	1.40	5.0	202.5	PC
	15-19	15.83	16.26	1.02	5.0	202.5	PC
	19-23	20.35	14.22	0.69	5.0	202.5	PC
4	4-8	3.41	8.03	2.35	5.0	202.5	PC
	8-12	6.93	12.93	1.86	5.0	202.5	PC
	12-16	11.08	15.57	1.40	5.0	202.5	PC
	16-20	15.83	16.26	1.02	5.0	202.5	PC
	20-24	20.35	14.22	0.69	5.0	202.5	PC

Sous. $S P_2$. (radian) N^{min}

FILE	POTEAU	$N(t)$	$M(tm)$	$e_0 = \frac{M}{N}$	$e_1 = \frac{ht}{c}$	$\bar{\sigma}_b$ (kg/cm ²)	Sollicitation
1	1-5	-0.07	5.22	∞	5.0	202.5	PC
	5-9	-2.35	8.70	3.70	5.0	202.5	PC
	9-13	-6.61	10.50	1.58	5.0	202.5	PC
	13-17	-11.96	11.04	0.92	5.0	202.5	PC
	17-21	-17.00	9.33	0.55	5.0	202.5	PC
2	2-6	3.38	6.98	2.06	5.0	202.5	PC
	6-10	6.15	11.22	1.82	5.0	202.5	PC
	10-14	8.90	13.54	1.52	5.0	202.5	PC
	14-18	11.89	14.13	1.18	5.0	202.5	PC
	18-22	14.75	12.23	0.83	5.0	202.5	PC
3	3-7	3.91	6.98	1.78	5.0	202.5	PC
	7-11	7.75	11.22	1.44	5.0	202.5	PC
	11-15	12.11	13.54	1.11	5.0	202.5	PC
	15-19	17.03	14.13	0.83	5.0	202.5	PC
	19-23	21.62	12.23	0.56	5.0	202.5	PC
4	4-8	3.91	6.98	1.78	5.0	202.5	PC
	8-12	7.75	11.22	1.44	5.0	202.5	PC
	12-16	12.11	13.54	1.11	5.0	202.5	PC
	16-20	17.03	14.13	0.83	5.0	202.5	PC
	20-24	21.62	12.23	0.56	5.0	202.5	PC

FERRAILLAGE SOUS SP₂

① section partiellement comprimées. N_{max} - M_{cor} semelles
(sans armatures comprimées).

FILE	POTEAU	N(t)	M(tm)	\tilde{b}	a(cm)	$N_{G}(tm)$	μ	K	ϵ	G'b	$A_1(cm^2)$	A(cm ²)
1	1-5	7.85	7.72	202.5	12	8.66	0.0707	30.9	0.8911	135	8.57	6.75
	5-9	18.44	11.13	202.5	12	13.34	0.109	24.5	0.8734	171	13.46	9.06
	9-13	31.05	13.14	202.5	12	16.86	0.137	20.1	0.8576	208	17.33	9.93
	13-17	44.97	13.54	202.5	12	18.93	0.154	18.5	0.8508	227	-	18.90
	17-21	56.71	12.02	202.5	12	18.82	0.153	18.6	0.8512	225	-	18.79
2	2-6	10.55	8.03	202.5	12	9.30	0.076	29.5	0.8876	162	9.23	6.72
	6-10	20.75	12.93	202.5	12	15.42	0.126	21.2	0.8619	198	15.77	10.82
	10-14	30.86	15.57	202.5	12	19.27	0.157	18.3	0.8499	209	19.98	12.63
	14-18	40.74	16.26	202.5	12	21.15	0.172	17.1	0.8442	245	-	21.50
	18-22	48.83	14.22	202.5	12	20.07	0.164	17.70	0.8471	237	-	20.46
3	3-7	9.93	8.03	202.5	12	9.22	0.075	29.8	0.8884	141	9.15	6.78
	7-11	18.81	12.93	202.5	12	15.20	0.124	21.4	0.8626	196	15.53	11.05
	11-15	27.06	15.57	202.5	12	18.82	0.153	18.6	0.8512	205	19.49	13.04
	15-19	34.71	16.26	202.5	12	20.42	0.166	17.6	0.8466	238	-	20.75
	19-23	40.81	14.22	202.5	12	19.12	0.156	18.4	0.8503	228	-	19.42

file 4 = file 3

② sections partiellement comprimées N_{max} - M_{cor} RADIER

(sans armatures comprimées).

FILE	POTEAU	N(t)	M(tm)	\tilde{b}	a(cm)	$N_{G}(tm)$	μ	K	ϵ	G'b	$A_1(cm^2)$	A(cm ²)
1	1-5	7.32	6.83	202.5	12	7.70	0.0628	33.3	0.8965	126	7.57	5.82
	5-9	16.82	9.72	202.5	12	11.75	0.0960	25.4	0.8762	165	11.82	7.79
	9-13	28.37	11.49	202.5	12	14.89	0.121	21.7	0.8638	193	15.20	8.44
	13-17	40.95	11.81	202.5	12	16.72	0.136	20.2	0.8580	203	-	17.11
	17-21	51.53	9.91	202.5	12	16.10	0.131	20.7	0.8599	202	-	16.47
2	2-6	9.96	6.98	202.5	12	8.17	0.066	32.2	0.8941	130	8.05	5.68
	6-10	19.59	11.22	202.5	12	13.57	0.110	23.2	0.8691	181	13.76	9.09
	10-14	28.24	13.54	202.5	12	17.05	0.139	19.9	0.8567	203	17.55	10.58
	14-18	38.65	14.13	202.5	12	18.77	0.153	15.9	0.8382	264	-	19.20
	18-22	46.40	12.23	202.5	12	17.80	0.145	16.4	0.8408	256	-	18.21
3	3-7	9.43	6.88	202.5	12	8.11	0.066	32.2	0.8941	130	8.00	5.75
	7-11	17.99	11.22	202.5	12	13.38	0.109	23.4	0.8698	179	13.56	9.27
	11-15	26.03	13.54	202.5	12	16.66	0.136	20.2	0.8580	204	17.12	10.82
	15-19	33.51	14.13	202.5	12	18.15	0.148	19	0.8529	221	-	18.57
	19-23	39.53	12.23	202.5	12	16.97	0.138	20	0.8571	210	-	17.36

FERRAILLAGE. SOUS SP2

Semelles.

N_{min}

sections partiellement comprimées
(sans armatures comprimées)

FILE	POTEAU	$N(k)$	$M(km)$	$\bar{G}b$	$a(cm)$	$d_{eff}^{(km)}$	μ	K	ϵ	$G'b$	$A_1(cm^2)$	$A(cm^2)$
1	1-5	-0.41	6.11	202.5	12.0	6.06	0.049	38.8	0.9071	108	5.89	5.88
	5-9	-3.80	10.11	202.5	12.0	8.65	0.0787	28.9	0.8861	145	9.6	10.50
	9-13	-9.21	12.15	202.5	12.0	11.04	0.090	26.5	0.8795	158	11.06	13.25
	13-17	-19.93	12.77	202.5	12.0	10.85	0.088	26.9	0.8807	166	10.86	14.67
	17-21	-22.13	11.01	202.5	12.0	8.35	0.0681	31.6	0.8927	132	8.25	13.51
2	2-6	2.79	8.03	202.5	12.0	8.36	0.0682	31.6	0.8927	132	8.25	7.58
	6-10	4.99	12.93	202.5	12.0	13.52	0.110	23.2	0.8691	181	13.72	12.53
	10-14	7.28	15.57	202.5	12.0	16.44	0.1342	20.3	0.8584	203	16.88	15.14
	14-18	9.80	16.26	202.5	12.0	17.43	0.142	19.6	0.8555	214	/	17.80
	18-22	12.33	14.22	202.5	12.0	15.69	0.128	21	0.8611	200	16.07	13.13
3	3-7	3.41	8.03	202.5	12.0	8.44	0.0689	31.4	0.8922	133	8.34	7.52
	7-11	6.93	12.93	202.5	12.0	13.76	0.112	23	0.8684	182	13.97	12.32
	11-15	11.08	15.57	202.5	12.0	16.90	0.138	20	0.8571	204	17.38	14.74
	15-19	15.83	16.26	202.5	12.0	18.16	0.148	19	0.8529	221	/	18.54
	19-23	20.35	14.22	202.5	12.0	16.66	0.136	20.1	0.8576	203	17.13	12.28

RADIER

sections partiellement comprimées
(sans A')

N_{min}

FILE	POTEAU	$N(k)$	$M(km)$	$\bar{G}b$	$a(cm)$	$d_{eff}^{(km)}$	μ	K	ϵ	$G'b$	$A_1(cm^2)$	$A(cm^2)$
1	1-5	-0.07	5.22	202.5	12.0	5.21	0.0425	42.2	0.9126	99	5.03	5.19
	5-9	-2.35	8.70	202.5	12.0	8.42	0.0687	31.5	0.8925	133	8.32	7.88
	9-13	-6.61	10.50	202.5	12.0	9.70	0.079	28.8	0.8858	145	9.65	11.22
	13-17	-11.96	11.04	202.5	12.0	9.60	0.078	29	0.8864	144	9.55	12.39
	17-21	-17.00	9.33	202.5	12.0	7.29	0.059	34.5	0.8990	122	7.15	11.20
2	2-6	3.38	6.98	202.5	12.0	7.38	0.060	34.2	0.8984	122	7.25	6.44
	6-10	6.15	11.22	202.5	12.0	11.95	0.0975	25.2	0.8756	166	12.03	10.56
	10-14	8.90	13.54	202.5	12.0	14.60	0.119	22	0.8649	191	14.88	12.76
	14-18	11.89	14.13	202.5	12.0	15.55	0.127	21.1	0.8615	199	15.92	13.08
	18-22	14.75	12.23	202.5	12.0	14.00	0.114	22.7	0.8674	185	14.23	10.72
3	3-7	3.91	6.98	202.5	12.0	7.45	0.0608	33.9	0.8977	123	7.32	6.38
	7-11	7.75	11.22	202.5	12.0	12.15	0.099	24.8	0.8744	169	12.25	10.40
	11-15	12.11	13.54	202.5	12.0	15.00	0.122	21.7	0.8638	193	15.31	12.42
	15-19	17.03	14.13	202.5	12.0	16.17	0.132	20.6	0.8596	203	16.58	12.52
	19-23	21.62	12.23	202.5	12.0	14.82	0.121	21.7	0.8638	193	15.13	9.98

PORTIQUE TRANSVERSAL. II - II

SOUS. SP₁

FILE	POTEAU	N (t)	M (tm)	$e_0 = \frac{M}{N}$ (cm)	$e_1 = \frac{ht}{6}$ (cm)	$\bar{G}b$	sollitation	
1	1-5	14,45	8,72	60,0	100	135	PC	
	5-9	33,29	7,78	23,0	10,0	119	PC	
	9-13	52,15	7,44	14,0	10,0	99	PC	
	13-17	71,01	7,44	10,6	10,0	90	PC	
	17-21	89,14	11,38	13,0	10,0	96	PC	
2	2-6	19,55	1,89	9,0	5,0	108	PC	
	6-10	47,80	2,11	4,0	5,0	85		EC
	10-14	76,02	2,08	3,0	5,0	81		EC
	14-18	104,24	2,08	2,0	5,0	76,5		EC
	18-22	131,27	4,31	3,0	5,0	81		EC
3	3-7	19,56	1,35	7,0	5,0	99	PC	
	7-11	43,59	1,52	4,0	5,0	85		EC
	11-15	67,63	1,51	2,0	5,0	76,5		EC
	15-19	91,67	1,51	2,0	5,0	76,5		EC
	19-23	123,32	3,12	2,5	5,0	78		EC
4	4-8	14,45	8,72	60,0	10,0	135	PC	
	8-12	33,97	7,55	22,0	10,0	117	PC	
	12-16	53,51	7,21	13,4	10,0	97	PC	
	16-20	73,05	7,21	10,6	10,0	90	PC	
	20-24	91,90	11,03	12,0	10,0	94	PC	

file 1 : \cong file 4

file 2 : \cong file 3

tableau donnant le ferrailage minimum d'armatures longitudinales.

FILE	1					2				
$\bar{G}b$	135	119	99	90	96	108	85	81	76,5	81
N	14,45	33,29	52,15	71,01	89,14	19,55	47,80	76,02	104,24	131,27
y_1	23,9	22,19	19,75	18,54	19,36	9,89	—	—	—	—
θ_1	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
G_m	20,15	50	88	127	153,5	32,9	26,5	42,2	58	73,0
AP	5,74	14,24	25,03	36,0	43,5	6,69	5,39	8,58	11,79	14,84

VII.24

SP₁

poteaux partiellement comprimés (sans A').

FILE	POTEAU	N(t)	M(t.m)	$\bar{\sigma}_b$	α (cm)	N (t.m)	μ	K	E	G'b	A ₁ (cm ²)	A(cm ²)
1	1-5	14,5	8,82	135	27	12,63	0,0694	31,2	0,8918	89	8,87	3,69
	5-9	33,29	9,88	119	27	16,86	0,0921	29,1	0,8983	107	11,95	0,61
	9-13	52,15	7,44	99	27	21,52	0,118	22,2	0,8656	126	/	14,90
	13-17	71,01	7,44	90	27	26,61	0,146	19,3	0,8542	145	/	18,26
	17-21	89,14	11,38	96	27	35,43	0,194	15,8	0,8377	177	/	24,01
2	2-6	19,55	1,89	108	12	4,24	0,0520	37,4	0,9046	75	6,19	978

poteaux entièrement comprimés.

FILE	POTEAU	N(t)	M(t.m)	$\bar{\sigma}_b$	φ	β	δ'	ϵ	D	E	W'	A'(cm ²)
2	6-10	47,80	2,11	85	3,20	0,88	0,10	0,55	1,96	1,32	-0,90	< 0
	10-14	76,02	2,08	81	1,92	0,55	0,10	0,33	0,94	0,37	-0,47	< 0
	14-18	104,24	2,08	76,5	1,32	0,40	0,10	0,23	0,46	-0,08	0,16	2,88
	18-20	131,27	4,31	81	1,12	0,65	0,10	0,19	0,21	-0,53	1,20	21,6

Sous SP₂ (SEMELLES) : N^{max}

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N}$ (cm)	$e = \frac{h}{6}$ (cm)	$\bar{\sigma}'_b$	Sollicitation.
1	1-5	19,35	23,82	123,00	10,0	202,50	P.C
	5-9	45,06	32,11	71,26	10,0	202,50	P.C
	9-13	72,47	37,48	51,72	10,0	202,50	P.C
	13-17	100,78	38,75	38,45	10,0	202,50	P.C
	17-21	126,75	28,02	22,85	10,0	179,69	P.C
2	2-6	23,58	5,68	24,08	5,0	202,50	P.C
	6-10	54,96	9,66	17,58	5,0	202,50	P.C
	10-14	85,77	11,32	13,20	5,0	190,35	P.C
	14-18	115,88	11,77	10,16	5,0	169,83	P.C
	18-22	143,74	9,94	6,92	5,0	147,96	P.C
3	3-7	23,09	5,68	24,08	5,0	202,50	P.C
	7-11	50,75	9,07	17,87	5,0	202,50	P.C
	11-15	78,80	10,75	13,64	5,0	183,32	P.C
	15-19	104,73	11,20	10,69	5,0	173,41	P.C
	19-23	128,76	8,75	6,79	5,0	147,10	P.C
4	4-8	19,35	23,82	123,00	10,0	202,50	P.C
	8-12	45,74	31,73	69,37	10,0	202,50	P.C
	12-16	73,83	36,82	49,87	10,0	202,50	P.C
	16-20	102,82	37,99	36,85	10,0	202,50	P.C
	20-24	129,51	28,85	22,28	10,0	176,45	P.C

RADIER : N^{max}

1	1-5	18,67	21,84	117,00	10,0	202,50	P.C
	5-9	43,32	28,76	66,39	10,0	202,50	P.C
	9-13	69,48	33,00	47,49	10,0	202,50	P.C
	13-17	96,43	34,11	35,37	10,0	202,50	P.C
	17-21	121,21	26,81	22,12	10,0	175,91	P.C
2	2-6	22,99	5,12	22,27	5,0	202,50	P.C
	6-10	53,74	8,66	16,11	5,0	202,50	P.C
	10-14	84,01	10,12	12,05	5,0	182,59	P.C
	14-18	113,68	10,49	9,23	5,0	163,49	P.C
	18-22	141,21	9,19	6,51	5,0	145,20	P.C
3	3-7	23,00	5,18	22,27	5,0	202,50	P.C
	7-11	49,53	8,07	16,29	5,0	202,50	P.C
	11-15	75,62	9,53	12,60	5,0	186,30	P.C
	15-19	101,11	9,92	9,81	5,0	167,47	P.C
	19-23	124,81	8,00	6,41	5,0	144,52	P.C
4	4-8	18,67	21,84	117,00	10,0	202,50	P.C
	8-12	44,00	28,52	64,82	10,0	202,50	P.C
	12-16	70,94	32,77	46,26	10,0	202,50	P.C
	16-20	98,47	33,88	34,41	10,0	202,50	P.C
	20-24	128,87	26,46	21,34	10,0	173,27	P.C

Fertilage sous SR₂-N^{max} - SEMENCES - PORTIQUE III-II
 - Sections - Panchément - canopies -

FILE	POTEAU	N (g)	M (t.m)	\bar{D}_b	q (cm)	σ_b (t.m)	μ	K	ϵ	\bar{D}_b'	K ₁	K ₂	μ'	α	ϵ	\bar{D}_b'	Δ_1 (cm)	A ₁ (cm ²)	A' (cm ²)	A _{min} (cm ²)
1	1-5	49.35	23.82	202.50	27	29.84	0.106	23.8	0.8711	17.6	/	/	/	/	/	/	13.9	9.29	/	2.56
	5-9	45.06	32.11	202.50	27	44.127	0.162	13.9	0.8480	28.4	20.74	13.5	0.1807	0.4202	0.8589	/	/	21.10	3.92	5.93
	9-13	92.47	37.49	202.50	27	57.05	0.209	15	0.8333	28.0	20.74	13.5	0.1867	0.4202	0.8589	/	/	27.6	9.45	9.60
	13-17	100.78	38.75	202.50	27	65.86	0.242	13.5	0.8246	3.11	20.74	13.5	0.1867	0.4202	0.8589	/	/	31.7	13.38	13.35
	17-21	126.75	28.02	179.69	27	63.24	0.232	13.9	0.8270	3.02	28.4	13.5	0.1699	0.3906	0.8688	/	/	29.90	15.35	16.79
2	2-6	23.58	5.68	202.50	12	8.51	0.069	31.4	0.8922	13.8	/	/	/	/	/	/	8.41	2.80	/	4.71
	6-10	54.86	9.66	202.50	12	16.25	0.133	20.5	0.8582	20.4	/	/	/	/	/	/	16.67	3.58	/	10.97
	10-14	85.77	11.32	189.85	12	21.61	0.176	16.9	0.8483	24.8	22	12	0.1753	0.4054	0.8649	/	/	21.83	6.95	13.13
	14-18	115.88	11.77	169.73	12	25.68	0.210	14.9	0.8828	28.0	24.7	12	0.1651	0.3778	0.8741	/	/	25.69	13.31	23.14
	18-22	143.74	9.94	147.96	12	27.19	0.222	14.3	0.8294	28.3	28.3	12	0.1532	0.3464	0.8845	/	/	27.03	16.60	28.70
3	3-7	23.59	5.68	202.50	12	8.51	0.069	31.4	0.8922	13.3	/	/	/	/	/	/	8.41	2.80	/	4.71
	7-11	50.75	9.07	202.50	12	15.16	0.124	21.4	0.8626	19.6	/	/	/	/	/	/	15.50	3.42	/	10.13
	11-15	78.80	10.75	193.82	12	20.21	0.165	17.7	0.8471	23.7	21.7	12	0.1765	0.4087	0.8638	/	/	21.10	6.90	15.73
	15-19	104.73	11.20	173.41	12	23.77	0.184	15.8	0.8877	26.5	24.2	12	0.1669	0.3826	0.8725	/	/	24.20	13.00	20.91
	19-23	128.76	8.75	147.10	12	24.20	0.198	15.5	0.8561	27.0	28.6	12	0.1523	0.3440	0.8853	/	/	26.90	15.95	25.71
4	4-8	19.35	23.92	202.50	27	28.04	0.106	23.8	0.8711	17.6	/	/	/	/	/	/	13.9	9.29	/	2.56
	8-12	45.74	31.73	202.50	27	44.108	0.161	17.9	0.8480	23.4	20.74	13.5	0.1807	0.4202	0.8589	/	/	21.00	3.80	6.06
	12-16	73.83	36.82	202.50	27	56.35	0.206	15	0.8333	28.0	20.74	13.5	0.1807	0.4202	0.8589	/	/	27.10	9.38	9.77
	16-20	102.82	37.89	202.50	27	65.65	0.241	13.5	0.8246	3.11	20.74	13.5	0.1807	0.4202	0.8589	/	/	30.8	13.10	13.62
	20-24	129.51	28.25	176.45	27	63.82	0.234	13.9	0.8270	3.02	23.9	13.5	0.1684	0.3866	0.8711	/	/	29.10	15.35	17.15

M → t.m
 N → t.
 A → cm²

Ferrailage

Sous Sp2 - N^{max}

RADIER

Partique II-II

- Sections partiellement comprimées -

FILE	poteau	N (b)	M (tm)	$\bar{\sigma}_b$	A (cm ²)	σ_b	μ	K	ϵ	$\bar{\sigma}'_b$	K ₁	K ₂	μ'	α	ϵ	$\bar{\sigma}'_b$	A ₁ (cm ²)	A (cm ²)	A' (cm ²)	A _{min} (cm ²)
1	1-5	48,67	21,84	202,5	47	26,88	0,098	25,1	0,8753	167	-	-	-	-	-	-	13,10	8,80	-	2,47
	5-9	43,32	23,76	202,5	27	40,45	0,148	19	0,8529	221	2074	23,5	0,1807	0,4202	0,8599	-	-	19,80	3,55	5,74
	9-13	69,48	33,00	202,5	27	51,75	0,188	16,1	0,8392	260	2074	13,5	0,1857	0,4202	0,8599	-	-	24,90	8,60	9,20
	13-17	96,42	34,11	202,5	27	60,14	0,220	14,4	0,8293	291	2074	13,5	0,1807	0,4202	0,8599	-	-	28,80	12,10	12,77
	17-21	121,21	26,81	175,9	27	59,53	0,218	14,5	0,8305	289	2284	13,5	0,1718	0,3958	0,8681	-	-	28,10	14,50	16,05
2	2-6	22,99	5,12	202,5	12	7,87	0,064	32,8	0,8954	128	-	-	-	-	-	-	8,09	2,69	-	4,59
	6-10	53,74	8,66	202,5	12	15,11	0,123	21,6	0,8634	194	-	-	-	-	-	-	15,95	3,40	-	10,73
	10-14	84,01	10,42	182,6	12	20,20	0,165	17,7	0,8471	227	230	12	0,1714	0,3947	0,8684	-	-	19,50	6,10	46,78
	14-18	113,68	10,48	163,5	12	24,05	0,196	15,7	0,8271	267	25,6	12	0,1620	0,3695	0,8768	-	-	22,80	11,80	22,07
	18-22	141,21	9,19	145,2	12	26,13	0,213	14,8	0,8222	283	28,2	12	0,1514	0,3417	0,8861	-	-	24,30	15,10	28,21
3	3-7	23,00	5,12	202,5	12	7,88	0,064	32,8	0,8954	128	-	-	-	-	-	-	8,09	2,69	-	4,59
	7-11	49,53	8,07	202,5	12	14,01	0,114	22,7	0,8474	185	-	-	-	-	-	-	14,50	3,10	-	9,83
	11-15	75,62	9,53	186,3	12	18,60	0,152	19	0,8529	221	22,5	12	0,1723	0,4000	0,8667	-	-	18,86	6,08	15,10
	15-19	101,11	9,82	167,47	12	22,05	0,180	16,6	0,8603	253	25,7	12	0,1637	0,3740	0,8713	-	-	21,40	11,50	20,19
	19-23	124,71	8,00	144,5	12	22,97	0,187	16,1	0,8392	260	29,6	12	0,1511	0,3409	0,8864	-	-	24,54	14,52	24,93
4	4-8	18,67	21,54	202,5	27	26,88	0,098	25,1	0,8753	167	-	-	-	-	-	-	13,10	8,80	-	2,47
	8-12	44,00	28,52	202,5	27	40,45	0,148	19	0,8529	221	2074	13,5	0,1807	0,4202	0,8599	-	-	19,80	3,50	5,83
	12-16	70,84	32,77	202,5	27	51,80	0,189	16,1	0,8392	260	2074	13,5	0,1807	0,4202	0,8599	-	-	24,90	8,55	9,38
	16-20	98,47	33,88	202,5	27	61,00	0,223	14,4	0,8299	291	2074	13,5	0,1807	0,4202	0,8599	-	-	28,80	11,80	13,04
	20-24	123,77	26,46	173,20	27	60,10	0,220	14,4	0,8299	289	24,2	13,5	0,1609	0,3826	0,8725	-	-	28,00	13,80	16,42

17.28

SOUS SP₂ : SEMELLES - N^{min} -

FILE	POTEAU	N (t)	M (t.m)	$e_0 = \frac{M}{N}$ (cm)	e_1 (cm)	\bar{T}_b	sollicitation
1	1-5	7,80	7,54	96	10,0	202,5	PC
	5-9	13,49	19,01	140	10,0	202,5	PC
	9-13	17,51	24,45	139	10,0	202,5	PC
	13-17	20,63	27,22	132	10,0	202,5	PC
	17-21	24,58	20,38	83	10,0	202,5	PC
2	2-6	13,08	3,39	26	5,0	202,5	PC
	6-10	29,75	5,97	20	5,0	202,5	PC
	10-14	46,93	7,68	16	5,0	202,5	PC
	14-18	64,81	8,25	13	5,0	190	PC
	18-22	82,62	5,20	6,5	5,0	146	PC
3	3-7	13,08	3,39	26	5,0	202,5	PC
	7-11	25,53	6,56	25	5,0	202,5	PC
	11-15	38,52	8,25	22	5,0	202,5	PC
	15-19	52,22	8,76	17	5,0	202,5	PC
	19-23	66,20	6,39	10	5,0	170	PC
4	4-8	7,80	7,54	96	10,0	202,5	PC
	8-12	14,17	19,25	135	10,0	202,5	PC
	12-16	18,87	24,68	130	10,0	202,5	PC
	16-20	22,67	27,38	120	10,0	202,5	PC
	20-24	27,32	19,47	71	10,0	202,5	PC

RADIER - N^{min} -

1	1-5	848	5,55	65	10,0	202,5	PC
	5-9	15,23	15,80	103	10,0	202,5	PC
	9-13	20,50	20,60	100	10,0	202,5	PC
	13-17	24,98	23,24	93	10,0	202,5	PC
	17-21	30,12	15,58	52	10,0	202,5	PC
2	2-6	13,61	2,83	21	5,0	202,5	PC
	6-10	30,91	4,97	16	5,0	202,5	PC
	10-14	48,66	6,48	15	5,0	202,5	PC
	14-18	66,98	6,97	10	5,0	190	PC
	19-22	85,02	4,19	5,01	5,0	136	PC
3	3-7	13,67	2,84	21	5,0	202,5	PC
	7-11	26,79	5,56	20	5,0	202,5	PC
	11-15	41,33	7,06	17	5,0	202,5	PC
	15-19	55,47	7,48	15,5	5,0	202,5	PC
	19-23	70,63	5,28	7,5	5,0	153	PC
4	4-8	848	5,55	65	10,0	202,5	PC
	8-12	15,91	16,03	100	10,0	202,5	PC
	12-16	21,86	20,82	95	10,0	202,5	PC
	16-20	27,02	23,39	86	10,0	202,5	PC
	20-24	32,86	15,92	48	10,0	202,5	PC

VII.30

Familialeg - Sous SP₂ - N^{min} - SERRERES -
 sections Partiellement Concrétées -

FILE	Profondeur	N (t)	M (t.m)	T _b '	Q (cum)	Q ₀	μ	K	ε	T _b '	K ₁	K ₂	μ'	α	ε	T _b '	A ₁ ' (cm ²)	A (cm ²)	A ₁ ' (cm ²)	A ₀ (cm ²)	
1	1-5	7,80	7,54	202,5	27	9,65	0,035	474	0,9999	88,6	/	/	/	/	/	/	4,38	2,52	/	2,07	
	5-9	13,49	13,01	202,5	27	22,65	0,082	281	0,884	149	/	/	/	/	/	/	1070	7,50	/	3,57	
	9-13	17,51	24,45	202,5	27	29,42	0,106	238	0,8711	176	/	/	/	/	/	/	1398	9,81	/	/	
	13-17	20,63	27,22	202,5	27	32,79	0,120	219	0,8645	191	/	/	/	/	/	/	1584	10,92	/	/	
	17-21	24,58	29,38	202,5	27	29,01	0,098	251	0,8753	169	/	/	/	/	/	/	12,85	9,02	/	/	
	2-6	13,08	3,39	202,5	12	4,86	0,040	438	0,9150	96	/	/	/	/	/	/	/	4,78	1,66	/	/
	6-10	29,75	5,93	202,5	12	9,54	0,077	292	0,8869	113	/	/	/	/	/	/	/	9,48	2,40	/	/
	10-14	46,93	7,68	202,5	12	13,31	0,108	235	0,8701	178	/	/	/	/	/	/	/	13,48	2,30	/	/
	14-18	64,81	8,25	190	12	16,03	0,1307	207	0,8599	202	/	/	/	/	/	/	/	16,45	1,25	/	/
	18-22	82,62	5,20	146	12	15,11	0,123	216	0,8634	194	/	/	/	/	/	/	/	15,43	1,20	/	/
	2	3-7	13,08	3,39	202,5	12	4,96	0,040	438	0,9150	96	/	/	/	/	/	/	4,78	1,66	/	/
7-11		25,53	6,66	202,5	12	9,62	0,078	29	0,8864	144	/	/	/	/	/	/	9,57	3,50	/	/	
11-15		38,52	8,25	202,5	12	12,87	0,105	238	0,8715	175	/	/	/	/	/	/	13,0	3,82	/	/	
15-19		52,22	8,76	202,5	12	15,02	0,122	217	0,8638	193	/	/	/	/	/	/	15,33	2,95	/	/	
19-21		66,20	6,39	170	12	14,33	0,117	223	0,8660	188	/	/	/	/	/	/	14,6	2,80	/	/	
3	4-8	7,80	7,54	202,5	27	9,64	0,035	474	0,9199	88,6	/	/	/	/	/	/	4,38	2,52	/	/	
	8-12	14,17	19,26	202,5	27	23,07	0,084	277	0,8829	151	/	/	/	/	/	/	1091	7,53	/	/	
	12-16	18,87	24,68	202,5	27	29,77	0,109	234	0,8698	180	/	/	/	/	/	/	14,23	9,80	/	/	
	16-20	24,67	27,38	202,5	27	33,50	0,122	217	0,8660	193	/	/	/	/	/	/	16,15	10,75	/	/	
4	20-24	27,32	19,47	202,5	27	26,84	0,098	251	0,8753	168	/	/	/	/	/	/	12,80	6,30	/	/	

V11.31

Ferallage Sans SP₂ - N^{min} - RASTER -
 - sections particuliers complices -

FILE	Pot	N ^(t)	M ^(t.m)	ST	α ^{cm}	σ ₆	μ	K	ε	σ ₆ '	K ₁	K ₂	μ'	α	ε	σ ₆ '	A ₁ ^(cm²)	A ^(cm²)	A ^(cm²)	A ^{min} ^(cm²)
1																				
1-5	848	555	202.5	27	784	0.028	54	0.9275	77	/	/	/	/	/	/	/	353	152	/	/
5-9	15,23	15,80	202.5	27	1192	0.073	303	0.8896	138	/	/	/	/	/	/	/	535	575	/	/
9-13	2050	2060	202.5	27	2613	0.095	256	0.8968	164	/	/	/	/	/	/	/	1245	757	/	/
13-17	2488	23,24	202.5	27	2398	0.109	234	0.8698	179	/	/	/	/	/	/	/	1439	845	/	/
17-21	3012	15,58	202.5	27	2371	0.076	273	0.8818	153	/	/	/	/	/	/	/	1123	406	/	/
2-8	13,61	2,83	202.5	12	4446	0.036	466	0.9188	90	/	/	/	/	/	/	/	428	110	/	/
8-10	3091	4,97	202.5	12	869	0.070	309	0.8911	135	/	/	/	/	/	/	/	858	122	/	/
10-14	48,66	6,48	202.5	12	1231	0.100	247	0.8941	170	/	/	/	/	/	/	/	1241	354	/	/
14-18	66,98	6,97	170	12	15100	0.122	217	0.8638	193	/	/	/	/	/	/	/	15,31	164	/	/
18-22	85,02	4,19	136	12	14,39	0.117	223	0.8660	188	/	/	/	/	/	/	/	14,65	130	/	/
2																				
3-7	13,67	2,84	202.5	12	4448	0.036	466	0.9188	90	/	/	/	/	/	/	/	4,30	104	/	/
7-11	26,75	5,56	202.5	12	873	0.071	309	0.8941	135	/	/	/	/	/	/	/	8,68	230	/	/
11-15	41,33	7,06	202.5	12	1202	0.098	251	0.8753	167	/	/	/	/	/	/	/	12,10	2,25	/	/
15-19	55,47	7,48	202.5	12	14,13	0.115	225	0.8669	186	/	/	/	/	/	/	/	14,37	1,16	/	/
19-23	70,63	5,28	153	12	13,75	0.112	229	0.8681	183	/	/	/	/	/	/	/	13,96	1,05	/	/
3																				
4-8	8,48	5,55	202.5	27	7,84	0.028	54	0.9275	77	/	/	/	/	/	/	/	353	150	/	/
8-12	15,91	16,03	202.5	27	20,32	0.074	30	0.8889	140	/	/	/	/	/	/	/	954	575	/	/
12-16	21,86	20,82	202.5	27	26,72	0.098	251	0.8753	167	/	/	/	/	/	/	/	12,75	7,57	/	/
16-20	27,02	23,39	202.5	27	30,68	0.112	229	0.8681	183	/	/	/	/	/	/	/	14,76	832	/	/
20-24	32,86	15,72	202.5	27	24,75	0.090	264	0.8792	159	/	/	/	/	/	/	/	11,77	3,95	/	/
4																				

— POR: I-I

FILE	Potcau	Sous SP A=A'	Sous SQ A=A'	Amin	Sections adoptées
1	1-5	0,21	3,41	4,72	3,11
	5-9	<0	4,92	4,81	4,92
	9-13	<0	7,01	2,86	7,01
2	13-17	<0	8,42	3,20	8,42
	17-21	<0	2,77	3,52	2,77
	2-6	0,85	3,46	0,85	3,46
3	6-10	1,93	5,80	1,93	5,80
	10-14	3,00	6,90	3,00	6,90
	14-18	4,07	6,82	4,07	6,82
3	18-22	5,04	5,32	5,04	5,32
	3-7	0,85	3,38	0,85	3,38
	7-11	1,93	5,56	1,93	5,56
3	11-15	3,00	6,46	3,00	6,46
	15-19	4,07	6,18	4,07	6,18
	19-23	5,04	4,44	5,04	4,44

A = A' ↑

FILE	Potcau	Sous SP A=A'	Sous SQ A=A'	Amin	Sections adoptées
1	1-5	0,21	2,72	4,72	2,72
	5-9	<0	4,03	4,81	4,03
	9-13	<0	5,74	2,36	5,74
2	13-17	<0	6,65	3,20	6,65
	17-21	<0	2,29	13,92	2,29
	2-6	0,85	2,90	0,85	2,90
3	6-10	1,93	4,79	1,93	4,79
	10-14	3,00	5,65	3,50	5,65
	14-18	4,07	5,51	4,07	5,51
3	18-22	5,04	4,09	5,04	4,09
	3-7	0,85	2,93	0,85	2,93
	7-11	1,93	4,59	1,93	4,59
3	11-15	3,00	5,29	3,00	5,29
	15-19	4,07	4,91	4,07	4,91
	19-23	5,04	3,27	5,04	3,27

RADIER

SEMELLES

— POR: III-III

FILE	Potcau	Sous SP A=A'	Sous SQ A=A'	Amin	Sections adoptées
1	1-5	0,43	6,70	2,04	6,70
	5-9	<0	10,50	4,55	10,50
	9-13	<0	13,25	2,73	13,25
2	13-17	<0	18,90	3,12	18,90
	17-21	<0	18,79	3,74	18,79
	1-6	1,08	7,58	1,08	7,58
3	6-10	2,15	12,53	2,15	12,53
	10-14	3,22	15,14	3,22	15,14
	14-18	4,28	21,50	4,28	21,50
3	18-22	5,21	20,40	5,21	20,40
	3-7	1,08	7,52	1,08	7,52
	7-11	2,15	12,32	2,15	12,52
3	11-15	3,22	14,74	3,22	14,74
	15-19	4,28	20,75	4,28	20,75
	19-23	5,21	13,42	5,21	13,42

A = A' ↑

FILE	Potcau	Sous SP A=A'	Sous SQ A=A'	Amin	Sections adoptées
1	1-5	0,43	5,82	2,04	5,82
	5-9	<0	8,88	4,95	8,88
	9-13	<0	11,22	2,33	11,22
2	13-17	<0	17,11	3,12	17,11
	17-21	<0	16,47	3,74	16,47
	2-6	1,08	6,44	1,08	6,44
3	6-10	2,15	10,56	2,15	10,56
	10-14	3,22	12,76	3,22	12,76
	14-18	4,28	19,28	4,28	19,28
3	18-22	5,21	18,21	5,21	18,21
	3-7	1,08	6,38	1,08	6,38
	7-11	2,15	10,40	2,15	10,40
3	11-15	3,22	12,42	3,22	12,42
	15-19	4,28	18,57	4,28	18,57
	19-23	5,21	17,36	5,21	17,36

VII.32

VII. 53
tableaux recapitulatifs

PORTIQUE: II-II
 - semelles -

FILE	Poteau	Sous SP ₁ A' = A	Sous SP ₂ A' = A	Δ _{min}	A' = A.	Sections, adoptées
1	1-5	3,69	2,52	2,50	2,52	3T14
	5-9	3,55	3,82	5,97	3,82	3T16
	9-13	4,90	3,45	9,30	3,45	3T20
	13-17	8,26	12,38	13,35	12,38	2T25 + 1T20
	17-21	10,01	13,30	13,79	13,30	2T25 + 1T20
2	2-6	1,78	2,80	4,71	4,71	5T14
	6-10	3,55	3,58	10,97	10,97/2	5T16
	10-14	4,89	6,85	16,13	16,13/2	5T20
	14-18	6,88	15,68	23,14	15,68	2T25 + 3T20
	18-22	9,16	17,04	28,70	17,04	2T25 + 3T20
3	3-7	1,78	2,80	4,71	4,71	5T14
	7-11	3,55	3,42	10,13	10,13	5T16
	11-15	4,89	6,90	15,73	15,73	5T20
	15-19	6,88	14,20	20,91	14,20	2T25 + 3T20
	19-23	9,16	16,90	25,71	16,90	2T25 + 3T20
4	4-8	3,69	2,52	2,56	2,52	3T14
	8-12	3,62	3,80	6,06	3,80	3T16
	12-16	4,98	3,38	9,77	3,38	3T20
	16-20	10,10	12,10	13,62	12,10	2T25 + 1T20
	20-24	11,32	13,35	17,15	13,35	2T25 + 1T20

- radier -

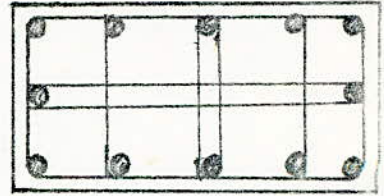
1	1-5	3,69	1,52	2,47	2,52	3T14
	5-9	3,55	3,55	5,74	3,55	3T16
	9-13	4,90	8,60	9,20	8,60	3T20
	13-17	8,26	12,10	12,77	12,10	2T25 + 1T20
	17-21	10,01	12,80	16,05	12,80	2T25 + 1T20
2	2-6	1,78	2,69	4,59	2,69	5T14
	6-10	3,55	3,10	10,73	10,73/2	5T16
	10-14	4,89	6,10	16,78	16,78/2	5T20
	14-18	6,88	13,80	22,07	13,80	2T25 + 3T20
	18-22	9,16	15,90	28,21	15,90	2T25 + 3T20
3	3-7	1,78	2,69	4,59	2,69	5T14
	7-11	3,55	3,10	9,89	3,89/2	5T16
	11-15	4,89	6,08	15,10	15,10/2	5T20
	15-19	6,88	13,40	20,19	13,40	2T25 + 3T20
	19-23	9,16	15,54	24,93	15,54	2T25 + 3T20
4	4-8	3,69	1,50	2,47	1,50	3T14
	8-12	3,62	3,50	5,83	3,50	3T16
	12-16	4,98	8,55	9,38	8,55	3T20
	16-20	10,12	11,90	13,04	11,90	2T25 + 1T20
	20-24	11,32	12,90	16,42	12,90	2T25 + 1T20

FERRAILLAGE ADOPTE

on ferraillera la file de poteaux la plus défavorable qu'on adoptera par

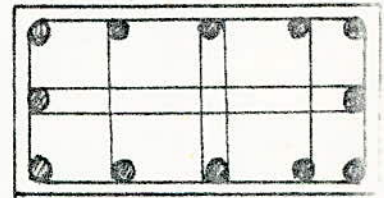
3^e niveau.

$$\text{section: } 12 \text{ T } 14. = 18,48 \text{ cm}^2$$



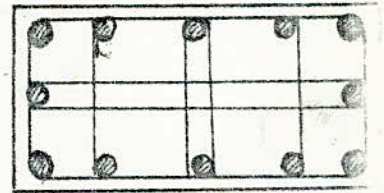
2^e niveau.

$$\text{section: } 12 \text{ T } 16. = 24,12 \text{ cm}^2$$



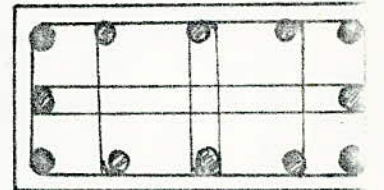
1^e niveau.

$$\text{section: } 12 \text{ T } 20. = 37,68 \text{ cm}^2$$



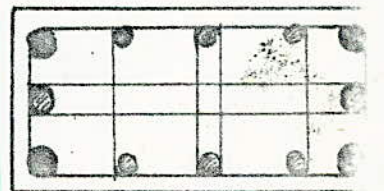
REZ DE CHAUSSEE

$$\begin{aligned} \text{section: } & 4 \text{ T } 25 \\ & + 8 \text{ T } 20 = 44,70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



sous-sol.

$$\begin{aligned} \text{section: } & 4 \text{ T } 25 \\ & + 8 \text{ T } 20 = 44,70 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$



ARMATURES TRANSVERSALES (CCBA 68 - Art 32.32)

A) Zones courantes :

l'espacement admissible \bar{t} est donné par les relations

$$\bar{t} = \min \begin{cases} t_1 = (100 \phi_t - 15 \phi l_{\max}) \cdot (2 - \frac{6'b}{6'b_0}) \\ t_2 = 15 (2 - \frac{6'b}{6'b_0}) \cdot \phi l_{\min} \end{cases}$$

$6'b$ = contrainte moyenne du béton sous la sollicitation S_{P_i} en prenant $6'b = 6'b_0$ (plus défavorable), on aura :

$$t_1 = (100 \phi_t - 15 \phi l_{\max})$$

$$t_2 = 15 \phi l_{\min}$$

$\phi_t \geq 0,3 \phi l_{\max}$ avec $\phi l_{\max} = 25 \text{ mm}$. $\Rightarrow \phi_t \geq 0,3 \cdot 25$; soit $\phi_t = 8$

NIVEAU	ϕl_{\max}	ϕl_{\min}	$t_1(\text{cm})$	$t_2(\text{cm})$	\bar{t}
I	14	14	59	21	20
II	16	16	56	24	20
III	20	20	50	30	30
IV	25	20	42	30	30
V	25	20	42	30	30

B) Zone de recouvrement. On doit avoir.

$$\begin{cases} D \geq 3 \\ D \geq 0,4 \cdot \frac{\phi l^2}{\phi^2 t} \cdot \frac{6_{en,l}}{6_{en,t}} \end{cases}$$

avec :

$6_{en,l}$: = limite d'élasticité des Armatures longitudinales

$$\phi \leq 20 \text{ mm} \Rightarrow 6_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\phi > 20 \text{ mm} \Rightarrow 6_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2$$

$6_{en,t}$: limite des Armatures transversales

$$6_{en,t} = 2400 \text{ kg/cm}^2$$

Longueur de recouvrement: $l_r = l_d = \frac{\phi \cdot \bar{\sigma}_a}{4 \bar{\sigma}_d}$

$$\left. \begin{aligned} \bar{\sigma}_d &= 1.25 \psi^2 \bar{\sigma}_b = 1.25 (1.5)^2 \cdot 5.9 = 16.6 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}_a &= 2800 \text{ kg/cm}^2. \quad \phi \leq 20 \text{ mm.} \end{aligned} \right\} \Rightarrow l_r = 40 \phi.$$

le P.S. 69 Art. 2-322 recommande une longueur $l_r \geq 50 \phi$.

NIVEAU	ϕl_{\max}	ψ	l_r (cm)	$t = \frac{l_r}{\psi}$
I	14	3	70	20
II	16	3	80	20
III	20	5	100	20
IV	25	7	140	20
V	25	7	140	20

verification au seisme:

on doit vérifier que les armatures transversales seront capables de reprendre les efforts tranchants dans les poteaux (efforts tranchants dus au seisme)

soit T = effort tranchant du au seisme.

$$\bar{\sigma}_b = \frac{T}{b z} \quad \sigma_{en} = \sigma_{at} = 2400 \text{ kg/cm}^2.$$

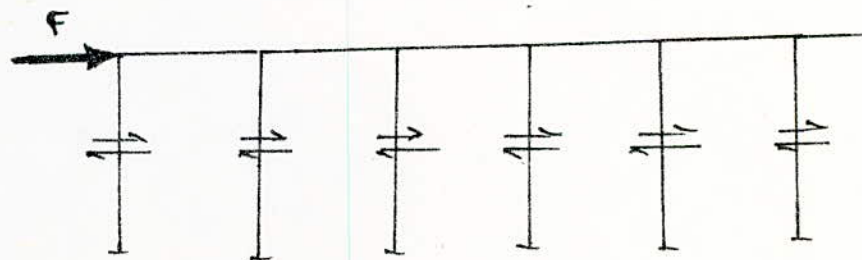
espacements des armatures transversales $t_0 = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{\sigma}_{at}}{T}$.

espacements admissibles, $\bar{E} = \max \begin{cases} t_1 = 0.2 h. \\ t_2 = (1 - 0.3 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_b}) \cdot h. \end{cases}$

$$\bar{\sigma}_b = 1.5 \times 5.9 = 8.85 \text{ kg/cm}^2$$

alors devons vérifier que les espacements adoptés sont $< \min(t_0, \bar{E})$.

Sens longitudinal.



on a $F = 71.26 t$.

$$F_1 = \frac{0.8 F}{6.6} = 8.63 t.$$

$$F_2 = \frac{0.2 F}{6.6} = 10.8 t.$$

(voir étude au seisme).

Dans le sens longitudinal on aura 4 brins de ϕ 8 mm.

ona $T = 10800 \text{ Kg} \Rightarrow \sigma_b = \frac{10800}{30.7.57} = 7,21 \text{ Kg/cm}^2$.

$A_t = 2,01 \text{ cm}^2$.

on aura: $t_0 = \frac{2,01.498.2400}{10800} = 22 \text{ cm}$.

espacement admissible $\bar{t} = \max \begin{cases} t_1 = 0,2.57 = 11 \text{ cm} \\ t_2 = \left(1 - 0,3 \frac{7,21}{1,5.5,9}\right) 57 = 43 \text{ cm} \end{cases}$

on retiendra $t = 20 \text{ cm}$.

sens transversal.

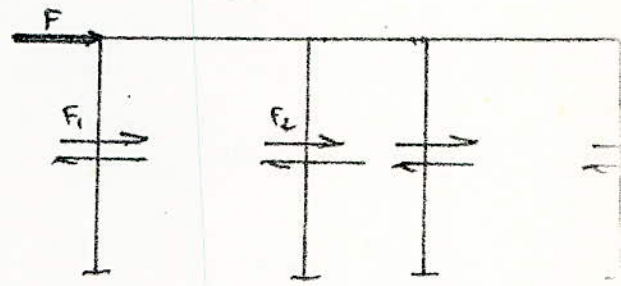
$F_0 = 48,68 \text{ t}$

$F_1 = 18,5 \text{ t}$ (voir étude au séisme)

$F_2 = 5,84 \text{ t}$

$T = 18500 \text{ Kg}$

$\sigma_b = \frac{18500}{30.7.57} = 12,36 \text{ Kg/cm}^2$.



avec $A_t = 2 \text{ cm}^2$. 6 brins en ϕ

$t_0 = \frac{2.498.2400}{18500} = 15 \text{ cm}$.

$\bar{t} = \max \begin{cases} t_1 = 0,2.57 = 11 \text{ cm} \\ t_2 = \left(1 - 0,3 \frac{12,36}{1,5.5,9}\right) 57 = 33 \text{ cm} \end{cases}$

finalement on retiendra $t = 15 \text{ cm}$.

Le complément du CTC recommande:

a) zone nodale

zone I, II : $t \leq \min(10\phi; 15 \text{ cm})$.

zone III : $t \leq 10 \text{ cm}$.

b) zone courante.

zone I, II : $t \leq 12\phi$.

zone III : $t < \min\left\{\frac{a}{2}; \frac{b}{2}; 10\phi\right\}$ a et b étant dimensions du po

finalément on aura, sous forme de tableau récapitulatif
les espacements des cadres pour chaque niveau.

Armatures transversales: tableau récapitulatif

NIVEAUX	I	II	III	IV	V
Zône nodale	15	15	15	15	15
Zône courante	15	20	25	25	25

Les espacements sont exprimés en : cm .

ETUDE du MUR

PERIPHERIQUE

MUR PERIPHERIQUE

I) cas des fondations sur semelles.

Dans ce cas de fondation on devra prévoir un mur périphérique: condition exigée par le C.T.C.

la hauteur du mur est de $h = 115 \text{ cm}$. (sens longitudinal)

$h = 90 \text{ cm}$ (sens transversal).

épaisseur du mur.

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

Dans notre cas on négligera la poussée des terres du fait que la hauteur du mur est petite. ($h = 115 \text{ cm}$).

le C.T.C recommande une section minimale d'armatures longitudinales filantes supérieures et inférieures.

$$A_s = A_i = 0,2\% \cdot B.$$

$$A = 0,2\% \cdot 115 \cdot 15 = 3,45 \text{ cm}^2.$$

le mur reposera sur un béton de propreté d'épaisseur égale à 10 cm .

dans le sens longitudinal on prendra $A_s = A_i = 4T14$.

dans le sens transversal on prendra $A_s = A_i = 4T25$.

(la section, dans le sens transversal, étant importante, car on a tenu compte d'un frottement différentiel entre les semelles souples et les semelles rigides)

II) cas des fondations sur radier.

Dans ce cas de fondation, le mur périphérique sera divisé en panneaux grâce aux poteaux de rive. Vu la faible hauteur du mur. ($h = 115 \text{ cm}$), la poussée des terres sera négligée.

on ferraillera notre mur avec $5T8 \text{ p.m}$ suivant les 2 sens (longitudinal et vertical) et par face.

FONDATIONS

Introduction : La fondation est destinée à transmettre au sol les charges et surcharges provenant de la superstructure, dans les conditions normales d'exploitation et d'usage, et à assurer la stabilité de l'ouvrage lorsqu'il est sollicité par des effets d'origine sismique. Les fondations que nous allons calculer sont des fondations superficielles.

choix du type de fondation.

Dans ce projet on étudiera les deux modes de fondation superficielle.

Les deux types de fondation superficielle dépendent du taux de portance du sol.

taux de travail du sol.

on prendra pour taux de travail du sol.

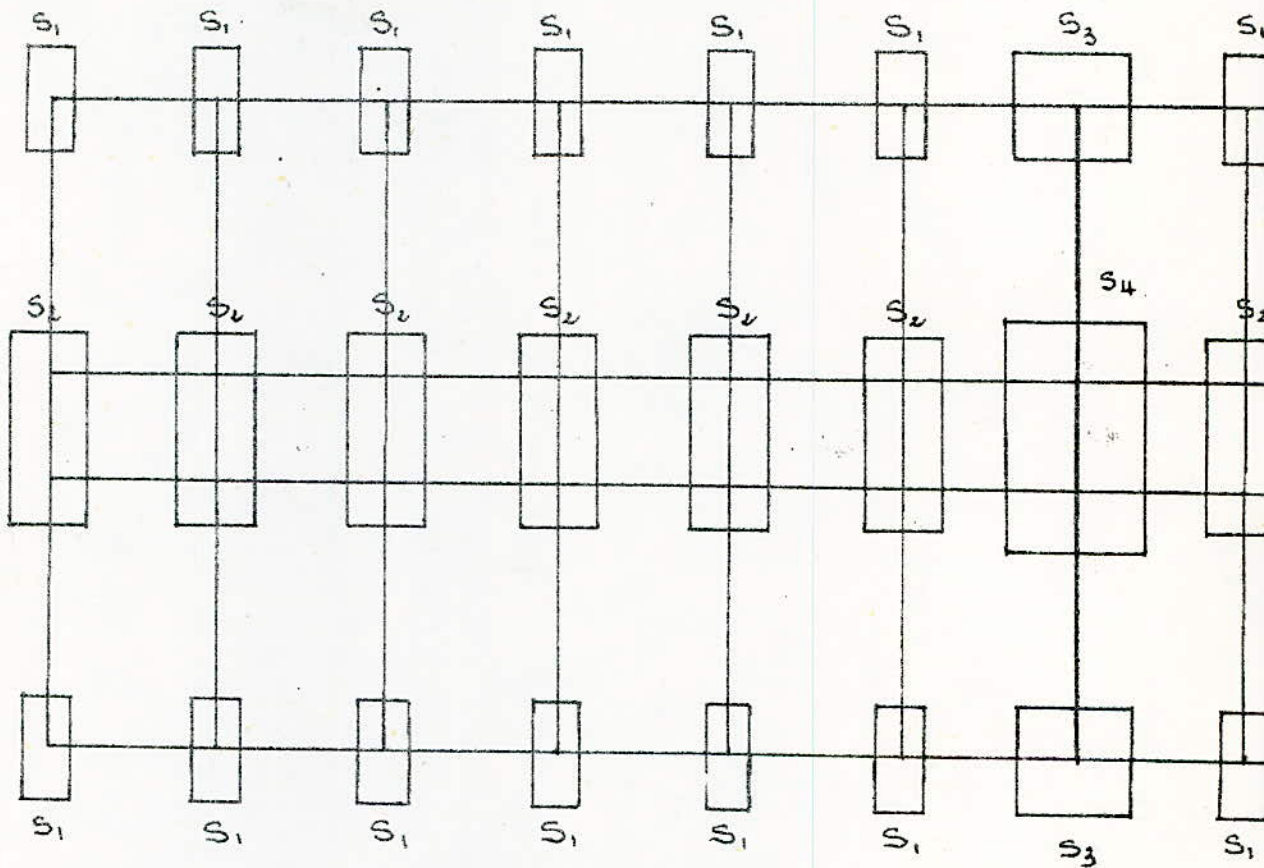
• semelles isolées ou continues : $\bar{\sigma}_s = 2,5$ bars

• radier général $\bar{\sigma}_s = 1$ bar

I) DIMENSIONNEMENT DES SEMELLES

caractéristiques :

- la contrainte admissible du sol est $\bar{\sigma}_s = 2,5 \text{ bars}$.
- on disposera au dessous de la semelle un béton de propreté de 5 à 10 cm d'épaisseur.
- Les semelles seront calculées en compression simple. Les moments à la base des poteaux seront repris par les longrines.



Quatre types de semelles sont à distinguer.

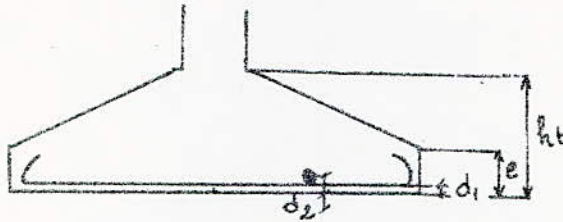
- semelles isolées : (sous 1 poteau) : S_1
- semelles isolées : (sous 2 poteaux) : S_3
- semelles continues (sous 2 poteaux) : S_2
- semelles continues (sous 4 poteaux) : S_4

IX.3

CALCUL DES SEMELLES ISOLEES

Dimensionnement des semelles.

: la semelle étant constituée d'un tronc de pyramide.



N : charge totale.

$\bar{\sigma}_s$: contrainte admissible du sol.

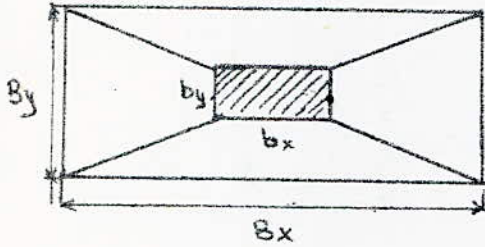
B_x : grand côté du rectangle.

B_y : petit côté du rectangle

on doit avoir

$$B_x \cdot B_y \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s}$$

$$\frac{B_x}{B_y} = \frac{b_x}{b_y} \quad (\text{homothétie}).$$

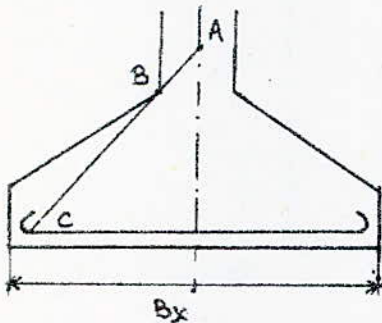


la hauteur de la semelle doit vérifier les équations suivantes:

$$ht \geq \frac{B_x - b_x}{4} + d_1 \quad \text{et} \quad e \geq 6\phi + 6.$$

calcul des armatures

Le calcul se fera par la méthode des bielles. cette méthode consiste à admettre que l'effort provenant du poteau se transmet par l'intermédiaire de bielles obliques de béton ayant leur origine au pt A. A est le point de rencontre de



l'axe du poteau avec la droite joignant (où commence le crochet des barres) au point B où la semelle rejoint le parement du poteau. La méthode des bielles conduit aux résultats suivants.

les efforts de traction dans les Aciers sont:

dans sens x

$$F_x = \frac{N(B_x - b_x)}{8(ht - d_1)}$$

dans sens y.

$$F_y = \frac{N(B_y - b_y)}{8(ht - d_2)}$$

Les armatures seront constituées de 2 nappes orthogonales.

$$A_x = \frac{F_x}{\bar{\sigma}_a} \rightarrow \text{armatures parallèles à } B_x$$

$$A_y = \frac{F_y}{\bar{\sigma}_a} \rightarrow \text{armatures parallèles à } B_y.$$

Semelle S₁

l'effort de compression $N_{max} = 91 \text{ t.}$ (patique II-II).

Dimensionnement.

$$B_x B_y \geq \frac{N}{6\sigma} = \frac{91000}{2,5} = 36400 \text{ cm}^2 \quad \text{avec} \quad \frac{B_x}{B_y} = \frac{b_x}{b_y}$$

$$B_x \geq \sqrt{\frac{36400}{0,5}} = 270 \text{ cm.} \quad \text{on adopte.}$$

$$B_x = 280 \text{ cm.}$$

$$B_y = 140 \text{ cm.}$$

hauteur de la semelle.

$$ht \geq \frac{B_x - b_x + d_1}{4} = \frac{280 - 60}{4} + 3,5 = 58 \text{ cm.}$$

on prend. $ht = 70 \text{ cm}$

Poids propre de la semelle:

hauteur moyenne = 50 cm.

$$N = 0,5 \cdot 2,80 \cdot 1,40 \cdot 2500 = 4900 \text{ kg.}$$

$$\text{on aura } N = 91 + 4,9 = 95,9 \text{ t.} \Rightarrow \frac{N}{6\sigma} = 38360 < 39200 \text{ cm}^2$$

ferraillage.

$$F_x = \frac{N(B_x - b_x)}{8(ht - d_1)} = \frac{95900(280 - 60)}{8(70 - 3,5)} = 39,6 \text{ t.}$$

$$F_y = \frac{N(B_y - b_y)}{8(ht - d_2)} = \frac{95900(140 - 30)}{8(70 - 5)} = 20,3 \text{ t.}$$

Armatures.

$$\text{lit inferieur. } A_x = \frac{F_x}{6\sigma} = \frac{39600}{2800} = 14,15 \text{ cm}^2.$$

on adoptera: 15 T 12

lit superieur.

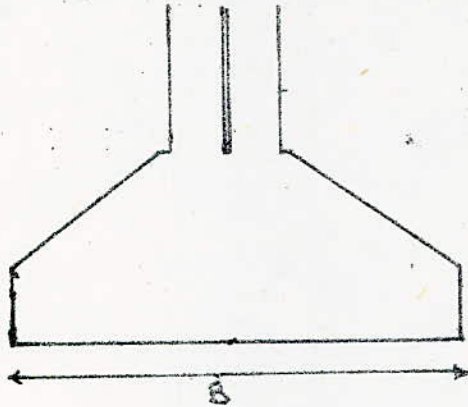
$$A_y = \frac{F_y}{6\sigma} = \frac{20300}{2800} = 7,25 \text{ cm}^2.$$

on adoptera: 15 T 10

on prendra

$$e = \underline{20 \text{ cm}}$$

Semelles S₃



$$N_{\max} = 2.N = 2 \times 91 \Rightarrow$$

$$N_{\max} = 182 \text{ t.}$$

la semelle est carrée: car les 2 poteaux forment une section de 60x60 →

$$b = b_x = b_y = 60 \text{ cm.}$$

$$\underline{B = B_x = B_y = 280 \text{ cm.}}$$

hauteur de la semelle:

$$h_t \geq \frac{B_x - b_x}{4} + d_1 = \frac{B - b}{4} + d_1 = \frac{280 - 60}{4} + 3,5 = 58 \text{ cm.}$$

on prend. $\underline{h_t = 70 \text{ cm.}}$

Poids propre de la semelle:

hauteur moyenne: $h_t = 50 \text{ cm.}$

$$N = 0,5 \cdot 2,8 \cdot 2,8 \cdot 2500 = 9,8 \text{ t.} \Rightarrow \underline{N = 191,8 \text{ t.}}$$

on aura $\frac{N}{63} = 76720 < 78400$. (vérifié).

ferrillage:

$$F_x = F_y = \frac{N(B-b)}{8(h_t-d)} = \frac{191800(280-60)}{8(70-5)} = 81,1$$

Armatures

$$A_x = A_y = \frac{81000}{2800} = 29 \text{ cm}^2$$

lit inférieur → 30 T12

lit supérieur → 30 T12

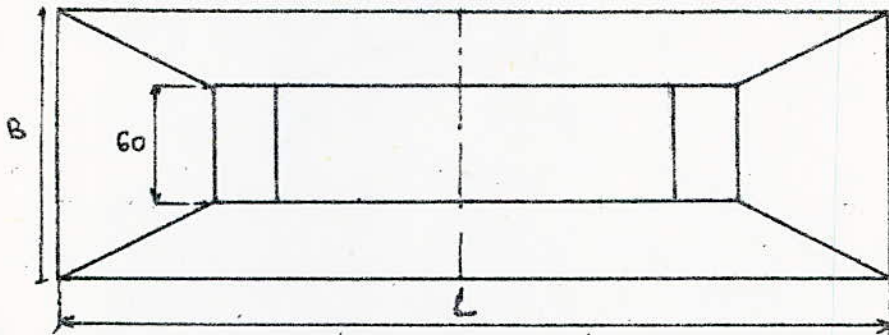
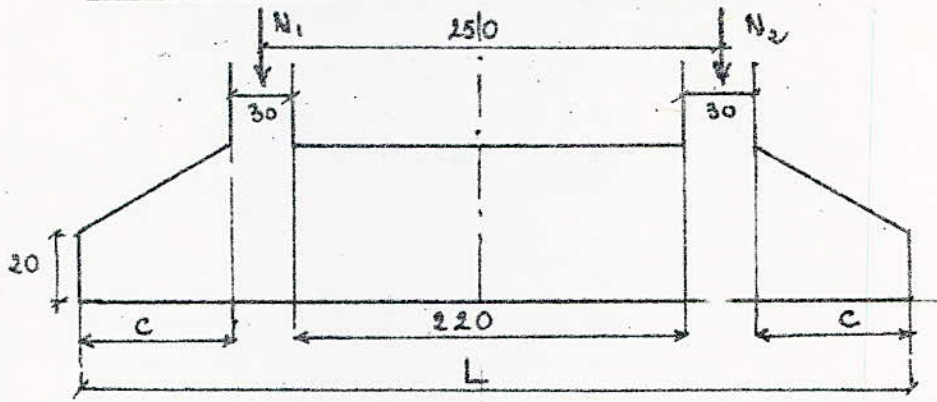
$$A = 33,9 \text{ cm}^2$$

on prendra

$$\underline{e = 20 \text{ cm.}}$$

CALCUL DES SEMELLES CONTINUES

IX 6



$N_1 = 131,27 \text{ t}$
 $N_2 = 129,8 \text{ t}$

les efforts N_1 et N_2 étant sensiblement égaux on calculera la semelle avec

$N = N_1 = N_2 = 130$

le centre de gravité des charges se trouve milieu de celles-ci

soit $R = 2N = 262$

soit $B = 250 \text{ cm}$

1) sous 2 poteaux. déterminons L.

$B \cdot L \geq \frac{R}{\gamma_s} = 104800 \text{ cm}^2 \Rightarrow L \geq 420 \text{ cm}$

on prend $L = 5,00 \text{ m}$

• poids propre approximatif de la semelle.

$N_0 = 0,5 \times 2,5 \times 5 \times 2500 = 15,6 \text{ t}$

• effort normal total

$N_t = N_0 + R = 277,6 \text{ t}$

• vérification

$\frac{N_t}{\gamma_s} = 111040 \text{ cm}^2 < 125000 \text{ cm}^2$

dimensions des consoles

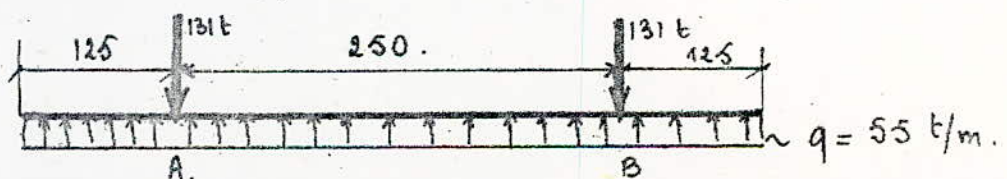
$c = \frac{500 - 280}{2} = 110 \text{ cm}$

Détermination des efforts

on admet une répartition uniforme des pressions sur toute la surface de la fondation. la valeur de la pression armée linéaire sera.

$q = \frac{R}{L} = \frac{277}{5} = 55 \text{ t/m}$

schéma de calcul de la fondation et le suivant



IX.7

MOMENTS

$$c' = c + 15 = 125.$$

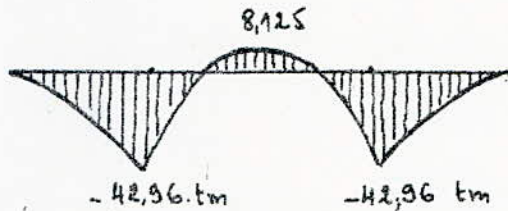
aux appuis

$$M_A = M_{A'} = \frac{q c'^2}{2} = \frac{55 \cdot 125^2}{2} = 42,96 \text{ tm.}$$

entravée

$$M_0 = \frac{55(125 + 1,25)^2}{2} - 131 \cdot 1,25 = 8,125 \text{ tm}$$

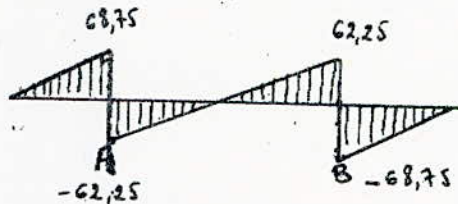
d'où le diagramme ci dessous.



Efforts tranchants

$$T_{A^+} = q \cdot c' = 55 \cdot 125 = 68,75 \text{ t.} = T_{B^-}$$

$$T_{A^-} = 131 - 68,75 = 62,25 \text{ t.} = T_{B^+}$$



Détermination des Armatures longitudinales :

- Appui : section rectangulaire : 60×70 .
(négliger le béton tendu).

$$M_A = 42,96 \text{ tm.}$$

$$T = 68,75 \text{ t.}$$

$$\mu = \frac{15M}{6\alpha b h^2} = \frac{15 \cdot 42,96 \cdot 10^5}{2800 \cdot 60 \cdot 65^2} = 0,090.$$

$$A = \frac{M}{6\alpha \cdot \epsilon \cdot h} = \frac{42,96 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,8792 \cdot 65}$$

$$A = 26,84 \text{ cm}^2.$$

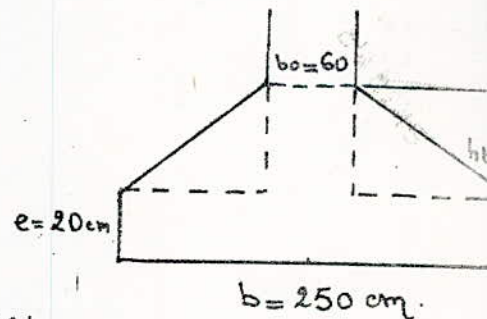
$$\bar{\omega} = \frac{100A}{b h} = \frac{100 \cdot 29,45}{60 \cdot 65} = 0,735.$$

$$\text{soit } \left\{ \begin{array}{l} A = 6T20 \\ + 10T14 \end{array} \right. \text{ 1 seul lit.}$$

$$\underline{\underline{A = 29,45 \text{ cm}^2}} \\ \underline{\underline{A = 34,24 \text{ cm}^2}}$$

$$\Rightarrow K = 34,9 \rightarrow \epsilon = 0,8947 \quad \alpha = \frac{M}{A \cdot \epsilon \cdot h} = 2565 < 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

$$6\alpha/b = \frac{6\alpha}{K} = \frac{2565}{24,9} = 100 \text{ Kg/cm}^2 < 135 \text{ Kg/cm}^2 \text{ vérifiée.}$$



Section en travée

$$M_0 = 8,125 \text{ tm.}$$

$$b = 250 \text{ cm.}$$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b h^2} = \frac{15 \cdot 8,125 \cdot 10^5}{2800 \cdot 250 \cdot 65^2} = 0,004.$$

$$y = \alpha \cdot h = 5,63 < 20 \text{ cm.}$$

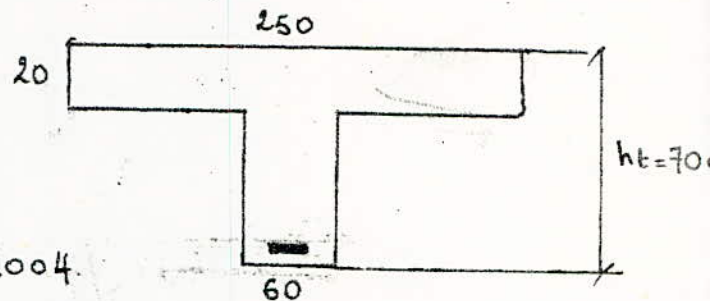
$y < h_0 \Rightarrow$ l'axe neutre tombe dans la table de compression, on ferrillera la section rectangulaire $250 \times 70 \text{ cm}$.

$$A = \frac{M_0}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = 4,6 \text{ cm}^2.$$

on prendra 6T20.

$$A = 18,84 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \rightarrow & \left\{ \begin{array}{l} k = 158 \\ \varepsilon = 0,9711 \\ \alpha = 0,0867. \end{array} \right. \end{aligned}$$



VERIFICATIONS

a) conditions aux appuis :

on doit vérifier la section d'armatures nécessaires aux appuis (Armatures supérieures)

$$A \bar{\sigma}_a \geq T + \frac{M}{z} \quad \text{avec} \quad \left\{ \begin{array}{l} M = -42,96 \text{ tm.} \\ T = 68,75 \text{ tm.} \\ z = \frac{7}{8} \cdot h = 56,8 \text{ cm.} \end{array} \right.$$

$$T + \frac{M}{z} = 68,75 - \frac{42,96}{0,56} < 0.$$

\rightarrow vérifiée

fissuration

Appui

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{18,84}{6 \cdot 60} = 0,0515$$

$$G_1 = 1,6 \times 1790 = 2864$$

$$G_2 = 1,265 \cdot 1265 = 1600$$

$$G_f = \max(G_1, G_2) = 2864 > 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

travée

$$\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{18,84}{6 \cdot 60} = 0,0515$$

$$G_1 = 1,6 \times 1753 = 2805$$

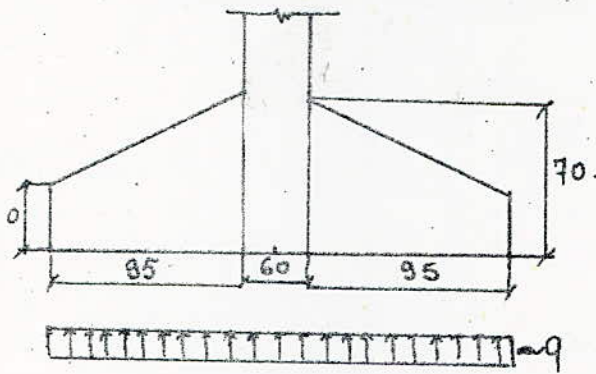
$$G_2 = 1,265 \cdot 1291 = 1633$$

$$G_f = \max(G_1, G_2) = 2805 > 2800 \text{ Kg/cm}^2$$

vérifiée

IX.9

Armatures dans le sens perpendiculaire à la poutre.



on fera le calcul pour une section de 1 m de largeur

$$q = \frac{R}{B.L} = \frac{277}{25.5} = 22,16 \text{ t/m.}$$

la longueur de la console est $l = 95$

le moment d'encastrement est :

$$M = \frac{ql^2}{2} = \frac{22,16 \cdot 0,95^2}{2} = 10 \text{ t/m.}$$

la section de calcul a pour dimensions 100cm et une hauteur de $ht = 70\text{cm}$.

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_a \cdot b \cdot h^2} = 0,0126 \Rightarrow \begin{cases} K = 84,5 \\ E = 0,9498 \end{cases}$$

d'où la section A :

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_a \cdot E \cdot h} = \frac{10 \cdot 10^5}{2800 \cdot 0,9498 \cdot 65} = 5,78 \text{ cm}^2$$

conditions de fissuration

on adoptera : A = 12 T12

$$\tilde{w}_f = \frac{A}{B_s} = \frac{13,56}{5 \cdot 100} = 0,028 \Rightarrow \begin{cases} G_1 = 1,6 \times 1823 = 2916 \text{ Kg/cm}^2 \\ G_2 = 1,265 \times 1666 = 2107 \end{cases}$$

donc $\max(G_1, G_2) > \bar{\sigma}_a$.

verifié.

ARMATURES TRANSVERSALES.

on a $T_{\max} = 68,75 \text{ t}$.

contraintes de cisaillement : $\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{68750}{64,7 \cdot 65} = 18,14 \text{ Kg/cm}^2$

on a $\tau_b = 18,14 \text{ Kg/cm}^2$.

A l'appui on a $G'_b = 100 \text{ Kg/cm}^2$ (voir précédemment).

donc $\bar{G}'_{b0} \leq G'_b \leq 2\bar{G}'_{b0}$.

$$\bar{G}'_b = \left(4,5 \sim \frac{G'_b}{\bar{G}'_{b0}}\right) 5,9 = 18,55 \text{ Kg/cm}^2 \quad \text{donc } \tau_b \leq \bar{G}'_b$$

les cadres et les étriers suffisent.

calcul des espacements.

$$t_0 = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{G}_{at}}{T_{max}} = \text{soit } A_t = 6,24 \text{ cm}^2$$

2 cadres + 2 étriers $\phi 40 \text{ mm}$.

$$t_0 = \frac{6,24 \cdot \frac{7}{8} \cdot 65 \cdot 1600}{68750} = 8,25 \text{ cm.}$$

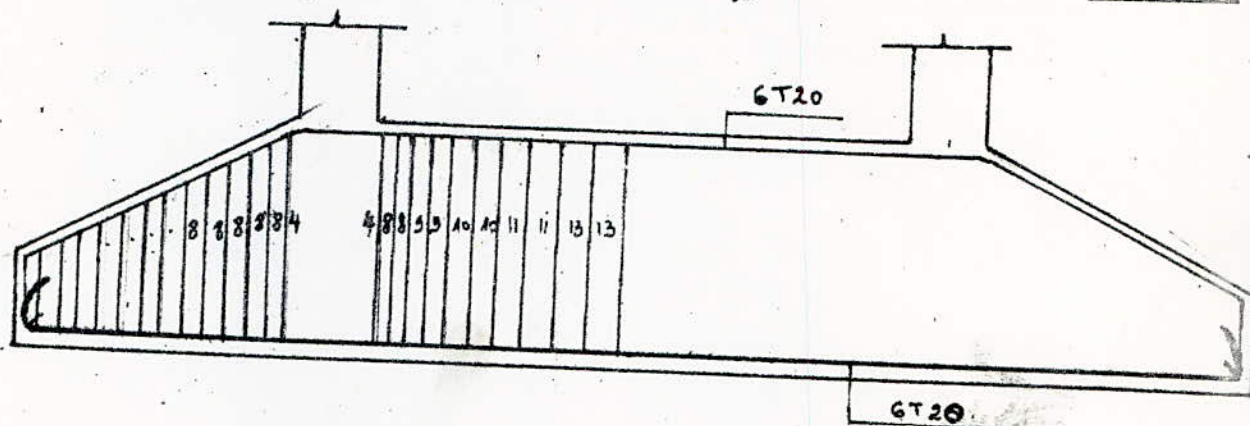
espacement admissible.

$$\bar{E} = \max \begin{cases} \bar{E}_1 = 0,2h = 13 \text{ cm.} \\ \bar{E}_2 = \left(1 - 0,3 \frac{e_b}{6b}\right) \cdot h = 5 \text{ cm.} \end{cases}$$

$$\bar{E} = 13 \text{ cm}$$

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2} = 4 \text{ cm}$. avec

$$t = 8 \text{ cm.}$$



verifications au poinçonnement.

$$N = 130 \text{ t.}$$

on devra vérifier la contrainte de poinçonnement

$$1,5 \cdot \frac{N}{P_c \cdot h_t} \leq 1,2 \bar{G}_b$$

$$\bar{G}_b = 5,9 \text{ Kg/cm}^2$$

Avec $P_c =$ périmètre du contour de l'v' dans le plan moyen de la dalle. d'épaisseur. $h_t = 70 \text{ cm}$.

$$1,5 \cdot \frac{130 \cdot 10^3}{2(130+100) \cdot 70} = 6 \text{ Kg/cm}^2 < 7,10 \text{ Kg/cm}^2$$

$$u = 60 \text{ cm}$$

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

$$u' = u + h_0 = 60 + 70 =$$

$$v' = v + h_0 = 30 + 70 =$$

IX. II

B) sous 4 poteaux : on a $N_I = 2N_1 = 262 \text{ t}$.

$$N_{II} = 2N_2 = 259 \text{ t}$$

on remarque que les efforts N_I et N_{II} sont sensiblement égaux.

on prend. $N = N_I = N_{II} = 262 \text{ t}$.

$$R = 2N = 524 \text{ t}$$

$$\text{soit } B = 350 \text{ cm}$$

$$BL \geq \frac{R}{\sigma_s} = \frac{209600 \text{ cm}^2}{65} \Rightarrow L \geq \frac{209600}{350} = 600 \text{ cm}$$

on prend:

$$B = 350 \text{ cm}$$

$$L = 650 \text{ cm}$$

• pois propre approximatif de semelle :

$$N_0 = 0,6 \cdot 3,5 \cdot 6,5 \cdot 2500 = 34,12 \text{ t}$$

• effet total :

$$N_t = N_0 + R = 558 \text{ t}$$

• vérification

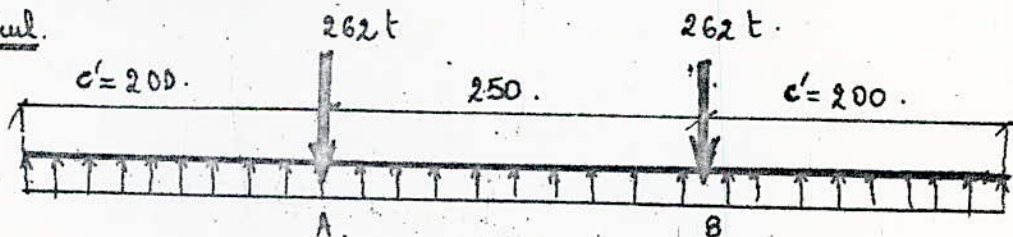
$$\frac{N_t}{\sigma_s} = \frac{558000}{2,5} = 223200 \text{ cm}^2 < 227500 \text{ cm}^2$$

dimensions des consoles

$$C = \frac{650 - 280}{2} = 185 \text{ cm}$$

Détermination des effets

schéma de calcul



$$q = \frac{R}{L} = \frac{558}{6,5} = 85 \text{ t/m}$$

Moments

Appui

$$M_A = M_B = q \frac{c'^2}{2} = 85 \cdot \frac{2^2}{2} = \underline{\underline{170 \text{ tm}}}$$

travée

$$M_0 = 85 \frac{(2+1,25)^2}{2} - 262 \cdot 1,25 = \underline{\underline{122 \text{ tm}}}$$

efforts tranchants

$$T_{AG} = T_{BD} = qc' = \underline{\underline{170 \text{ t}}}$$

$$T_{AD} = T_{BB} = \underline{\underline{92 \text{ t}}}$$

determination de ht.

IX12

condition de non poinçonnement.

$$1.5 \frac{N}{P_c \cdot h_t} \leq 1,2 \bar{\sigma}_b \Rightarrow 1,5 \frac{262 \cdot 10^3}{2 \cdot 340 \cdot 95} = 6,08 < 7 \text{ kg/cm}^2$$

on prend. ht = 95

$$P_c = 2(\mu h')$$

$$\mu = 120 + 95$$

$$V = 30 + 95$$

P_c = périmètre du contour de la projection du rectangle $\mu \times V$ dans son le plan moyen de la semelle.

on prend. e = 20 cm

Armatures longitudinales :

Appuis : section rectangulaire (120x95).

$$M_A = 170 \text{ tm.}$$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_b b h^2} = \frac{15 \cdot 170 \cdot 10^5}{2670 \cdot 120 \cdot 90^2} = 0,098$$

$$K = 25,1$$

$$E = 0,8753$$

$$\Rightarrow A = \frac{M}{\bar{\sigma}_b E h} = \frac{170 \cdot 10^5}{2670 \cdot 0,8753 \cdot 90} = 80 \text{ cm}^2$$

on prend.

$$A = 18T16 = 80 \text{ cm}^2$$

(~~de~~ de 9T25)

$$\bar{\omega} = \frac{100A}{bh} = \frac{100 \cdot 80,35}{120 \cdot 90} = 0,918$$

$$K = 23,7$$

$$E = 0,8708$$

$$\Rightarrow \bar{\sigma}_a = 2450 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}'_b = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2450}{23,7} = 103 \text{ kg/cm}^2 < 135 \text{ kg/cm}^2$$

vérifié.

travée

$$M_t = 122 \text{ tm.}$$

$$\mu = \frac{15M}{\bar{\sigma}_b b h^2} = \frac{15 \cdot 122 \cdot 10^5}{2670 \cdot 350 \cdot 90^2} = 0,024$$

$$K = 59$$

$$E = 0,9324$$

$$\alpha = 0,2027$$

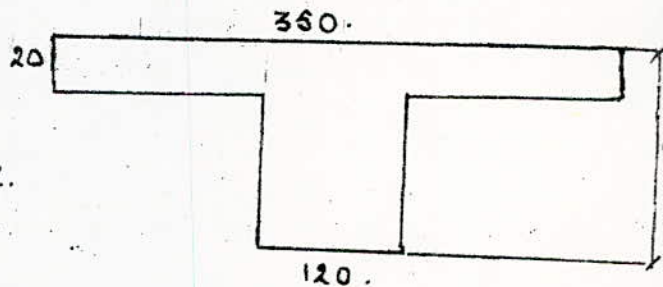
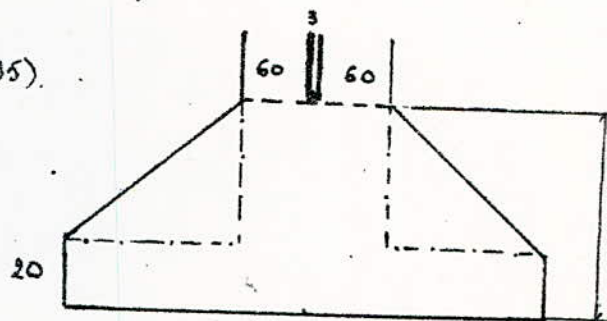
$$\Rightarrow y = \alpha h = 0,2027 \cdot 90 = 18,25 \text{ cm} < 20 \text{ cm.}$$

l'axe neutre tombe dans la table de compression, on ferraillera la section rectangulaire (350x95).

$$A = \frac{M_0}{\bar{\sigma}_b E h} = \frac{122 \cdot 10^5}{2670 \cdot 0,9324 \cdot 90} = 54 \text{ cm}^2$$

$$\text{on prend: } 18T20 = 56,5$$

2 ligs: (9T20)



VERIFICATIONS

a) conditions aux appuis : $A \bar{\sigma} \geq T + \frac{M}{z}$ A : (section trapez)

avec $M = -170 \text{ tm}$.

$T = 170 \text{ t}$.

$z = \frac{7 \cdot 90}{8} = 78.75$.

$\Rightarrow T + \frac{M}{z} = 170 - \frac{170}{0.78} < 0$: vérifié.

b) fissuration.

Appui $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{11.35}{115.120} = 0.068 \Rightarrow \begin{cases} G_1 = 1620 \times 1.6 = 2590 \text{ Kg/cm}^2 \\ G_2 = 1460 \text{ Kg/cm}^2 \end{cases}$
19T25.

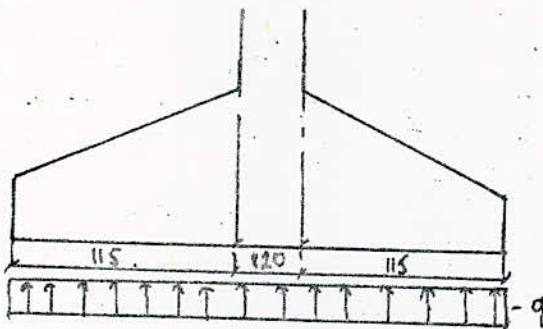
on a $G_f = \max(G_1, G_2) = 2590 > G_a = 2450 \text{ Kg/cm}^2$.

trapez $\bar{\omega}_f = \frac{A}{B_f} = \frac{56.52}{115.120} = 0.048 \Rightarrow \begin{cases} G_1 = 1.6 \cdot 1660 = 2656 \text{ Kg/cm}^2 \\ G_2 = 1633 \end{cases}$
18T20.

$G_f = \max(G_1, G_2) = 2656 \text{ Kg/cm}^2$.

(trapez) $G_a = \frac{M}{A E h} = \frac{122 \cdot 10^5}{56.52 \cdot 0.831190} = 2650 \text{ Kg/cm}^2 < G_f = 2656 \text{ Kg/cm}^2$
vérifié.

Armatures dans le sens perpendiculaire à la poutre



on fera le calcul pour une section de 1 m de largeur

$$q = \frac{R}{B.L} = \frac{R}{35 \cdot 6.5} = \frac{558}{35 \cdot 6.5} = 24.5 \text{ t/m}$$

la console a pour longueur: 1.15 m.

$$M = q \frac{l^2}{2} = 24.5 \cdot \frac{1.15^2}{2} = 16.2 \text{ tm}$$

la section de calcul a pour dimensions. (100 x 95)

$$\mu = \frac{15 M}{\bar{\sigma}_s b h^2} = 0.0107 \Rightarrow \begin{cases} K = 93 \\ E = 0.9537 \end{cases}$$

$$A = \frac{M}{\bar{\sigma}_s \cdot E \cdot h} = 6.74 \text{ cm}^2$$

on adoptera: 12 T12. pm.

la fissuration étant vérifiée précédemment

IX.13

Armatures transversales.

on a $T_{max} = 170 \text{ t}$.

contraintes de cisaillement.

$$\tau_b = \frac{T}{bz} = \frac{170 \cdot 10^3}{123 \cdot \frac{7 \cdot 90}{8}} = 17,55 \text{ kg/cm}^2$$

à l'appui on a

$$g'_b = 103 \text{ kg/cm}^2 \text{ d'où}$$

$$\bar{g}_b = \left(4,5 - \frac{103}{675}\right) \cdot 5,9 = 17,68 \text{ kg/cm}^2 \text{ d'où } \tau_b < \bar{g}_b$$

Les cadres et les étriers suffisent.

on adoptera 4 cadres + 1 étrier en $\phi 12 \text{ mm}$.

calcul des espacements.

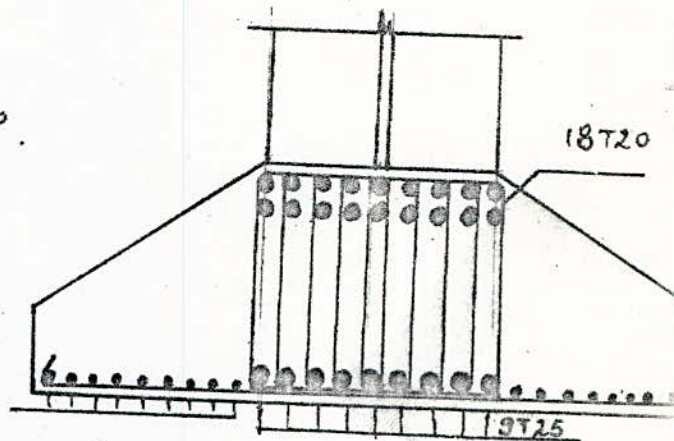
$$t_0 = \frac{A_t \cdot z \cdot \bar{g}_b}{T_{max}} = \frac{11,3 \cdot \frac{7 \cdot 90}{8} \cdot 1600}{170 \cdot 10^3}$$

soit $A_t = 11,3 \text{ cm}^2$.

on trouve $t_0 = 8,37 \text{ cm}$.

espacement admissible

ST16



$$\bar{t} = \max \begin{cases} \bar{t}_1 = 0,2h = 18 \text{ cm} \\ \bar{t}_2 = \left(1 - 0,3 \frac{g_b}{\bar{g}_b}\right) \cdot h = 9,68 \text{ cm} \end{cases}$$

d'où $\bar{t} = 18 \text{ cm}$.

$t = 8 \text{ cm}$.

le 1^{er} cours d'armatures sera placé à $\frac{t}{2} = 4 \text{ cm}$ de l'appui.

BIBLIOGRAPHIE

- RÈGLES TECHNIQUES CCBA. 68
- CALCUL PRATIQUE DES SECTIONS EN BÉTON ARMÉ - P. CHAMBERLAIN
- CALCUL ET VÉRIFICATION DES OUVRAGES EN BÉTON ARMÉ
- OSSATURES DE BÂTIMENTS EN BÉTON ARMÉ - A. FUENTUNAJA
- TRAITE DE BÉTON ARMÉ. Tomes 3 et 4. A. GUERRIN.
- AIDE MEMOIRE - DUNOD - Résistance des matériaux.
- RÈGLES PARASISMISTIQUES. 69.
- COURS de béton armé. E.N.P.A.
 - Béton. III. M^{me} Ayadi - M^r Bellazoug
- COURS de Bâtimement. E.N.P.A.
 - Bâtiment I et II - M^r SCHEAFRAN.

