

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT

genie civil

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

SUJET

BATIMENT (R+12)

STRUCTURE AUTOSTABLE

2 PLANCHES

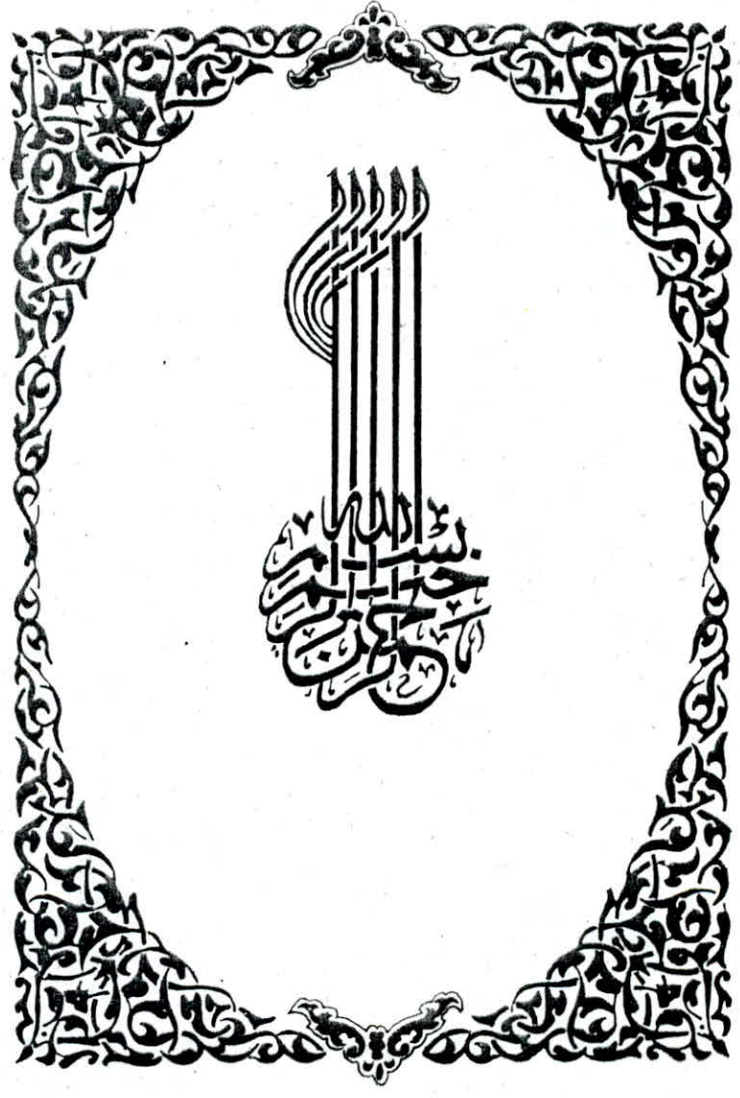
Proposé par :
BEREG

Etudié par : M^{rs}
Bourkiche . s
Mebarkia . s

Dirigé par :
M^{me} Baouche

PROMOTION :

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique



sommaire

Introduction:

- Présentation de l'ouvrage 1
- Caractéristiques des matériaux 3
- Charge et surcharge 4

Calcul des éléments:

- Acrotère 6
- Escalier 8
- Poutrelle et table de compression 12
- dalle 19

Etude au séisme:

- Rigidités 22
- Evaluation des forces sismiques 30
- Calcul des efforts sous charges horizontales 38

Charges verticales:

- Exposé de la méthode 49
- Calcul des efforts 53

Super-position des sollicitations: 60

Ferraillage des portiques:

- Ferraillage des poutres 66
- Ferraillage des poteaux 82

Fondation 89

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PRESENTATION DE LOUVRAGE

présentation de l'ouvrage

Le présent projet consiste à l'étude et le calcul des éléments résistants d'un Bâtiment.

Ce bâtiment sera implanté dans la région d'ALGER zone II d'après le règlement parasismique ALgerien (R.P.A 81).

La hauteur de notre bâtiment (acrotère compris) 41,5 m.

La longueur totale du bâtiment est de 27,1 m.

La largeur est de 5,10, La hauteur d'étage d'Habitation 3,06 m
hauteur d'étage équipement 4,6 m, hauteur parking auto 4,06

Béton armé

Le béton utilisé pour la construction de l'ouvrage sera conforme aux règles techniques de conception et de calcul des ouvrages en béton armé (C.C. BA.68) ainsi qu'à tous les règles en vigueur applicables en ALgerie.

Pour l'acier nous utiliserons de l'acier à haute adhérence (Fe E 40), et de l'acier doux (Fe E 24); l'acier doit être propre et débarrassé de toute rouille.

Ossature

Le contreventement du bâtiment est assuré par des Portiques en B.A dans les deux sens.

Planchers

Les planchers seront à corps creux hourdis + table de compression reposant sur des poutrelles préfabriquées.

Ces planchers auront une épaisseur de (16+5) cm, planchers équipements seront à corps creux hourdis + table de compression épaisseur de (20+5) cm.

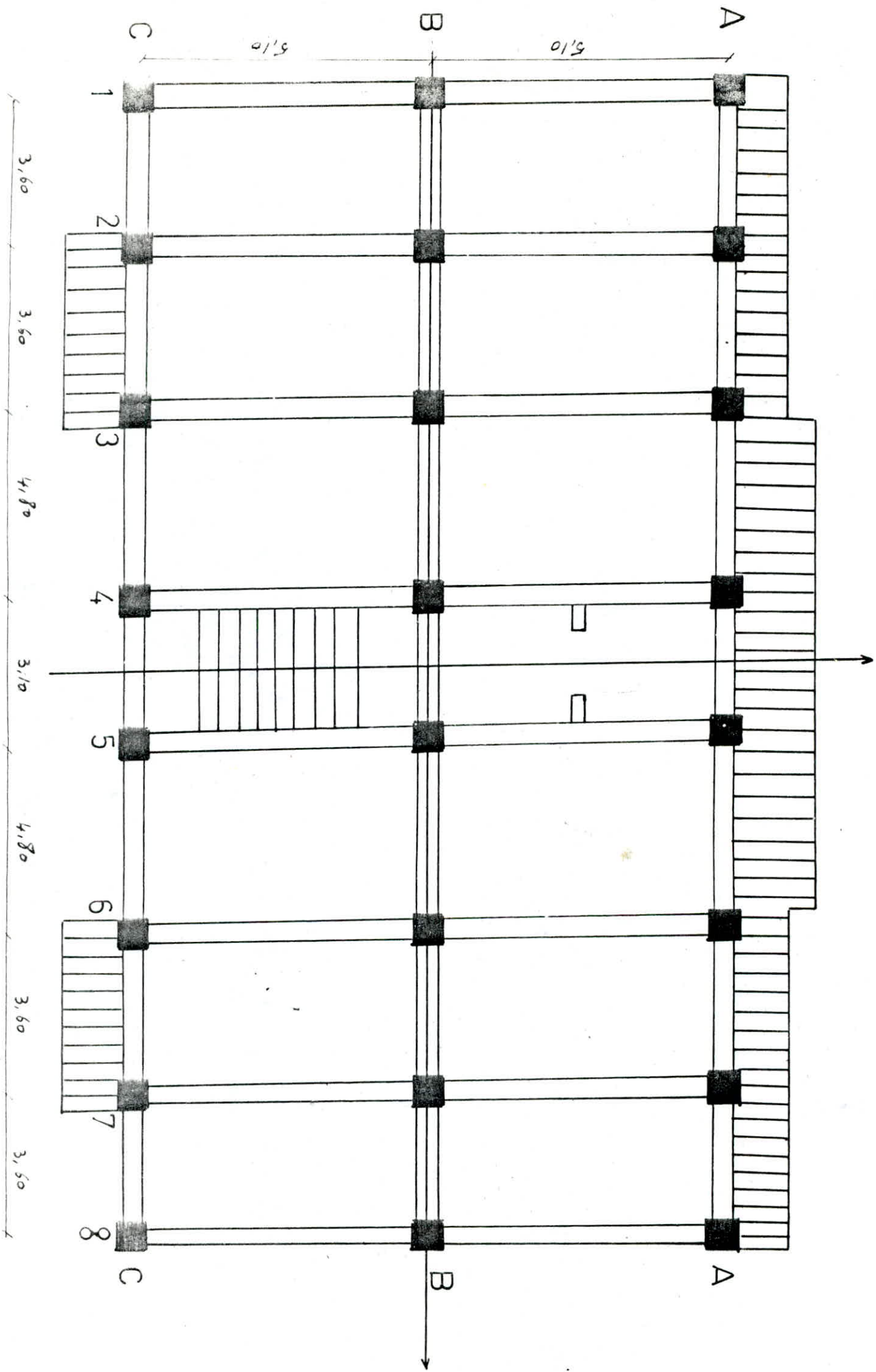
Plancher parking auto: Constitué de dalles pleines de 20cm d'épaisseur.

Cage d'escalier et d'ascenseur

Elle est réalisée par des murs en briques de 30 cm d'épaisseur les dernières ne participent pas au contreventement.

Maçonnerie

Toute la maçonnerie sera constituée de briques creuses, les murs extérieurs seront constitués de deux cloisons séparés par un vide d'air de 5 cm. Les murs intérieurs seront des cloisons de séparation.



**CARACTERISTIQUES
MECANIQUES DES
MATERIAUX**

Caractéristiques des matériaux

I) Béton

Ciment CPA 325 dosé à 350 kg/m³

Résistance nominale à 28 jours :

- à la compression : $G_{28} = 270 \text{ kg/cm}^2$
- à la traction : $G_{28} = 23,2 \text{ "}$

Contrainte de compression admissible (art 9.4 CCBA 68)

$$G'_i = \alpha B \delta E G_{i8} \quad (\alpha = 1 ; B = 5/6 ; \delta = 1)$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{G}'_b &= 68,5 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)} \\ \bar{G}'_b &= 1,0 \cdot 68,5 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)} \end{aligned} \right\} \text{ Compression simple}$$

$$\left. \begin{aligned} \bar{G}'_b &= 137 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)} \\ \bar{G}'_b &= 1,0 \cdot 137 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{Flexion simple} \\ \text{" Composite avec section} \\ \text{rectangulaire} \end{array}$$

Contrainte de traction de référence :

$$\bar{G}_t = \alpha B \theta G_{i8} = \rho \theta G_{i8}$$

$$\theta = 0,018 + \frac{4,1}{G_{i8}} = 0,0257$$

$$\bar{G}_t = 5,9 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)}$$

$$\bar{G}_t = 8,85 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)}$$

II) Acier

1) Aciers doux : FeE 24 $G_{en} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

$$\bar{G}_a = \frac{2}{3} G_{en} = 1600 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)}$$

$$\bar{G}_a = G_{en} = 2400 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)}$$

2) Aciers HA : FeE 40

$$\bar{G}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)}$$

$$\bar{G}_a = G_{en} = 4200 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)} \left. \vphantom{\bar{G}_a} \right\} \phi \leq 20$$

$$\bar{G}_a = 2667 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (SP}_1\text{)}$$

$$\bar{G}_a = G_{en} = 4000 \text{ kg/cm}^2 \text{ (SP}_2\text{)} \left. \vphantom{\bar{G}_a} \right\} \phi > 20$$

charges et surcharges

1) Plancher terrasse: charges permanentes

Gravier de protection	85 Kg/m ²
Etanchéité multicouche	12 "
Forme de pente	200
Isolation thermique	10
dalle de compression + hourdis (16+5)	275
enduit plâtre	<u>28</u>
	610 Kg/m ²

surcharges S = 100 Kg/m²

2) Plancher courant.

<u>charges permanentes</u> :	
carrelage (2 cm)	44 Kg/m ²
Mortier de Pose	40 Kg/m ²
dalle de compression + hourdis (16+5)	275 Kg/m ²
cloisons répartie	<u>75 Kg/m²</u>
	434 Kg/m ²

surcharges S = 175 Kg/m²

3) Plancher équipement charges permanentes

carrelage (2 cm)	44 Kg/m ²
Mortier de pose	40 "
dalle de compression + hourdis (20+5)	325
cloisons répartie	<u>75</u>
	484 Kg/m ²

surcharges S = 500 kg/m²

4) Plancher Parking auto charges permanentes

Mortier de Pose (4 cm)	80 kg/m ²
dalle pleine	0,20 x 2500 = 500 "
	<u>580 kg/m²</u>

surcharges S = 250 kg/m²

Balkons de 1,20m et 1,60m de Porte à faux.
charges permanentes.

dalle	0,15 x 2500	= 375 kg/m ²
carrelage		= 44 kg/m ²
Mortier		<u>30 "</u>
		449 Kg/m ²

surcharges: S = 350 kg/m²

Balkons de 2,10 de porte à faux.
charges permanentes

dalle	0,20 x 2500	= 500 kg/m ²
carrelage		44 "
Mortier		<u>30 "</u>
		574 Kg/m ²

surcharges S = 350 kg/m²

Murs extérieurs:

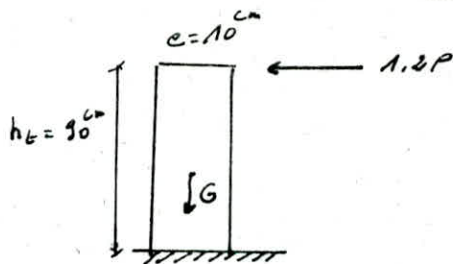
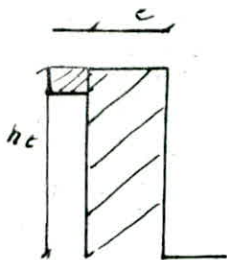
Brique creuse (15cm)	160 Kg/m ²
Brique creuse (10cm)	120 "
Enduit de ciment	20 "
Enduit de plâtre	10 "
	<u>G = 310 Kg</u>

CALCUL DES ELEMENTS

acrotère

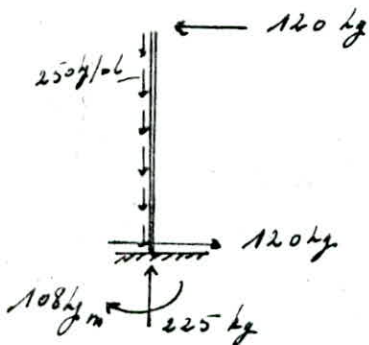
L'acrotère est assimilé à une console encastrée dans la dalle du plancher terrasse

charges et surcharges: poids propre $G = 0,1 \times 1 \times 2500 = 250 \text{ kg/m}$
 $P = 100 \text{ kg}$ (horiz due à la main courante)



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

soit une bande de 1 m de largeur ($b = 100 \text{ cm}$)
 La section dangereuse est au niveau de l'encastrement



Les efforts sollicitant l'acrotère

$$\begin{aligned} M &= 108 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ N &= 225 \text{ kg (Comp)} \\ T &= 120 \text{ kg} \end{aligned}$$

La section sera calculée en flexion composée avec $M = 108 \text{ kg}\cdot\text{m}$

excentricité: $e_0 = \frac{M}{N} = 0,48 \text{ m}$
 Limite du noyau central $e_1 = \frac{h_t}{6} = 0,017 \text{ m}$

$N > 0$; $e_0 > e_1 \rightarrow$ section partiellement comprimée

Soit $d = 2 \text{ cm} \rightarrow e_A = e_0 + \frac{h_t}{2} - d = 51 \text{ cm}$
 avec e_A : distance du centre de pression aux armatures tendues

Moment fictif $M_{BA} = N e_A =$

Le moment résistant du Béton M_{rb}

$M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\sigma}_b \alpha \bar{\sigma} b h^2$

$\beta = \min \left\{ 0,6 ; 0,3 \left(1 + \frac{e_0}{3e_1} \right) \right\} = 0,6 \rightarrow \bar{\sigma}_b = 162 \text{ kg/cm}^2$

$\phi \leq 20 \text{ cm} \rightarrow \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$

$\alpha = \frac{n \bar{\sigma}_b}{n \bar{\sigma}_b + \bar{\sigma}_a} = 0,4646 \quad (n = 15)$

$$\bar{\delta} = (1 - \frac{\alpha}{3}) = 0,8451$$

$$h = 10 - 2 = 8 \text{ cm} ; b = 100 \text{ cm}$$

$M_{rb} = 20354,1 \text{ kg} \cdot \text{cm} > \sigma_b A \rightarrow$ les armatures comprimées ne sont pas nécessaires
armatures tendues

$$\mu = \frac{n \sigma_b A}{\bar{\sigma}_a b h^2} = 0,0086$$

$$\bar{w} = 0,0671$$

$$\varepsilon = 0,9560$$

$$K = 98,5$$

La section des armatures tendues en flexion simple sera donnée par :

$$A = \frac{15}{n} \bar{w} \frac{b h}{100} = \frac{15}{15} \cdot \frac{0,0671 \times 100 \times 8}{100} = 0,54 \text{ cm}^2/\text{mL}$$

Donc la section des armatures en flexion composée

$$\sigma_b = A - \frac{\varepsilon N}{\bar{\sigma}_a} \quad \text{avec} \quad \varepsilon = \begin{cases} +1 & \text{si } N - \text{Comp} \\ -1 & \text{si } N - \text{tract} \end{cases}$$

$$\sigma_b = A - \frac{\varepsilon N}{\bar{\sigma}_a} = 0,5368 - \frac{225}{2800} = 0,46 \text{ cm}^2$$

Condition de non fragilité (C.L.B.A 68-art.52)

$$A \geq 0,69 \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cn}} b h = 0,69 \times \frac{7}{4200} \times 100 \times 8 = 0,92 \text{ cm}^2 > 0,46 \text{ cm}^2$$

On adoptera : 4 T6/mL ($A = 1,13 \text{ cm}^2$) avec un espacement $e = 25 \text{ cm}$

* Vérification de la cont. du béton

$$\sigma_b' = \frac{\bar{\sigma}_a}{K} = \frac{2800}{98,5} = 28,5 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\sigma}_b'$$

Condition de non fissuration

$$\bar{\sigma}_a \leq \max \{ G_1, G_2 \}$$

$$G_1 = K \frac{n}{\phi} \frac{\bar{w} f}{1 + \omega \bar{w} f} ; \quad G_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K n}{\phi} \bar{\sigma}_b}$$

$$K = 10^6 \text{ (fiss préjudiciable)}$$

$$n = 1,6 \text{ (H.A)}$$

$$\phi = 6 \text{ mm}$$

$$\bar{w} f = \frac{A}{B f} = \frac{A}{2 b d} = \frac{1,13}{2 \times 2 \times 100} = 0,002825$$

$$G_1 = 733 \text{ kg/cm}^2$$

$$G_2 = 3279 \text{ kg/cm}^2$$

$$\rightarrow \max \{ G_1, G_2 \} = G_2 > \bar{\sigma}_a \text{ (vérifier)}$$

Vérification de l'effort tranchant

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

avec

$$Z = \frac{7}{8} h = \frac{7}{8} \times 8 = 7 \text{ cm}$$

$$A \bar{\sigma}_a = 1,2 \times 100 - \frac{10800}{7} < 0$$

(Vérifier)

calcul des escaliers

l'escalier que nous étudions est à paillasses adjacentes. les paliers sont appuyés simplement sur les poutres palières

Dimensionnement

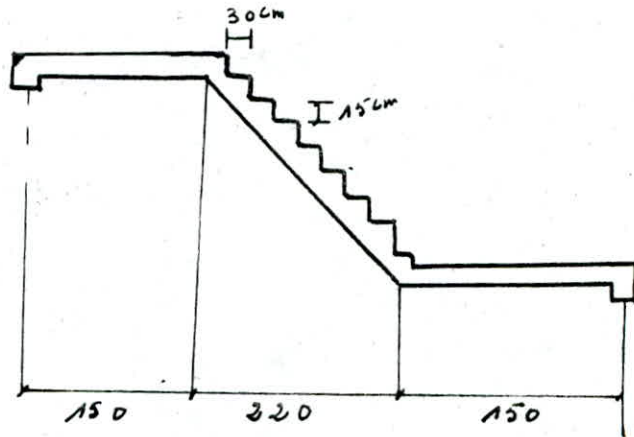
g : giron largeur de la marche $g = 30 \text{ cm}$

h : hauteur de la contre marche $h = 15 \text{ cm}$

H : hauteur d'étage $H = 3/2 = 1,5 \text{ m}$

n : nombre de marche $n = 8$

$$\tan \alpha = \frac{H}{L} = \frac{150}{220} = 0,682 \longrightarrow \alpha = 34,3^\circ$$



Vérification de la relation de Blondel:

$$53 \leq g + 2h \leq 64 \text{ cm}$$

$$g + 2h = 30 + 2 \times 15 = 60$$

Dimensionnement de la paillasse:

$$\frac{l}{30} \leq e_p \leq \frac{l}{20}$$

$$l = \frac{220}{\cos \alpha} = 266$$

$$9 \leq e_p \leq 13,3 \quad \text{d'où } e = 12 \text{ cm}$$

La paillasse et le palier auront une même épaisseur.

Évaluation des charges:

a) <u>Paillasse</u>	Poids propre	$2500 \frac{e_p}{\cos \alpha}$...	363,2 kg/m ²
	Poids des marches ...	$2200 \frac{h}{g}$...	165 "
	Poids du revêtement	84 "
	Garde Corps	100 "
	Surcharge d'exploitation =	250 kg/m ²		<u>G = 712,2 kg/m²</u>

b) Palier:

Poids propre 2500 ep 300 Kg/m²

Revêtement 84 Kg/m²

384 Kg/m²

surcharge d'exploitation = 250 kg/m²

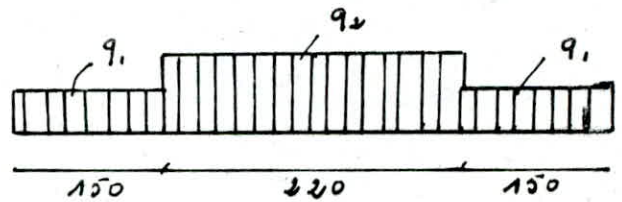
Soit q₁ = charge totale revenant au palier

$$q_1 = G + 1,2P = 684 \text{ Kg/m}^2$$

Détermination des efforts:

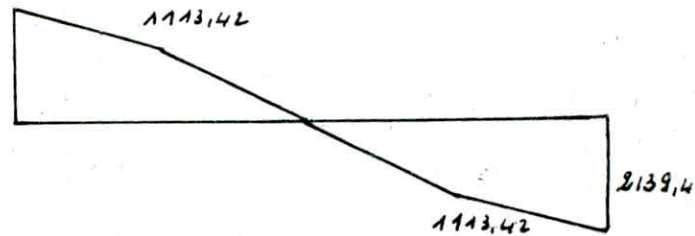
$$M^{\max} = 3052,01 \text{ Kg m/mL}$$

$$T^{\max} = 2139,42 \text{ Kg}$$

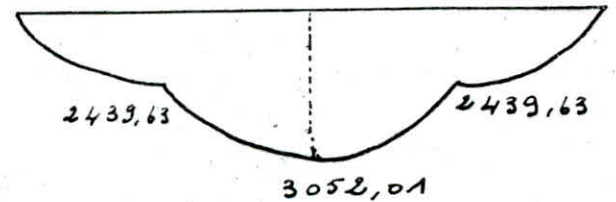


(T)

2139,42



(M)



Moment hyperstatique dûs au semi-encastrement

$$M_L = 0,75 M^{\max} = 2289,01 \text{ Kg m/mL}$$

$$M_a = 0,5 M^{\max} = 1526,01 \text{ Kg m/mL}$$

- Ferrailage :

En travée:

$$M_{rb} = 1/2 \bar{\sigma}_b b x (h - \frac{x}{3})$$

$$M_{rb} = 2489 \text{ Kg m}$$

$$M_{rb} > M_{fL} \quad A' = 0$$

$$x = h \frac{\bar{\sigma}_b' x n}{\bar{\sigma}_a x n x \bar{\sigma}_b'}$$

$$h = h_c - d = 12 - 2 = 10 \text{ cm}$$

$$A_c = \frac{M_{fL}}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{2289,01}{2800 (10 - \frac{4,23}{3})} = 9,52 \text{ cm}^2 \rightarrow (9 T 10 = 10,12 \text{ cm}^2)$$

L = 10 cm

$$\frac{A}{4} \leq A_n \leq \frac{A}{2} \rightarrow 6 T 10 \rightarrow 4,71 \text{ cm}^2/\text{mL} \text{ armatures de répartition } L_1 = 15 \text{ cm}$$

d) En appui:

$$A_a = \frac{MfL}{\bar{\sigma}_a z} = \frac{152601}{2800 \times 8,59} = 6,34 \text{ cm}^2 \rightarrow (3T10 - 7,06 \text{ cm}^2)$$

3T10/mL avec un espacement de 10cm ; dans l'autre sens
On adoptera des armatures de répartition qui sont données par

$$\frac{A}{4} \leq A_r \leq \frac{A}{2} \rightarrow 1,77 \leq A_r \leq 3,53 \rightarrow 4T10 \rightarrow 3,14 \text{ cm}^2$$

avec un espacement de $t = 20 \text{ cm}$

Vérification

Condition de non fragilité:

$$A_{\min} \geq 0,69 b h \frac{\bar{\sigma}_b}{\bar{\sigma}_{cn}} = 0,69 \times 100 \times 10 \times \frac{5,9}{4200} = 0,97 \text{ cm}^2$$

$$A_t = 10,12 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

$$A_a = 7,06 \text{ cm}^2 > A_{\min}$$

Vérification des contraintes:

- En travée: Équation des moments statiques

$$\frac{1}{2} b x^2 - nA(h-x) = 0 \rightarrow \frac{100}{2} x^2 - 15 \times 10,12 \times (10 - x) = 0$$

$$x = 4,2 \text{ cm}$$

équation du moment d'inertie:

$$I = \frac{b x^3}{3} + nA(h-x)^2 = 7576,15 \text{ cm}^4$$

$$G'_b = \frac{M}{I} x = \frac{228901}{7576,15} \times 4,2 = 126,89 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2 = \bar{G}'_b$$

$$G_a = n \frac{M}{I} (h-x) = 15 \times \frac{228901}{7576,15} \times (10 - 4,2) = 2628,56 < \bar{G}_a$$

- En appui:

$$x = 3,66 \text{ cm} \quad I = 5890,97 \text{ cm}^4$$

$$G'_b = 94,8 \text{ kg/cm}^2 < 137 \text{ kg/cm}^2 = \bar{G}'_b$$

$$G_a = 2463,5 \text{ kg/cm}^2 < 2800 \text{ kg/cm}^2 = \bar{G}_a$$

Vérification de non fissuration:

$$\text{travée: } \bar{w}_f = \frac{10,12}{2 \times 2 \times 100} = 0,0253$$

$$\bar{G}_a < \max(G_1, G_2) = 4038 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{appui: } \bar{w}_f = \frac{7,06}{2 \times 2 \times 100} = 0,0176$$

$$\bar{G}_a < \max(G_1, G_2) = 3660 \text{ kg/cm}^2$$

Vérification de la flèche

$$\frac{A}{bh} \leq \frac{43}{G_{en}}$$

$$\left. \begin{aligned} \frac{A}{bh} &= \frac{10112}{100 \times 10} = 0,0101 \\ \frac{43}{G_{en}} &= \frac{43}{4200} = 1,02 \cdot 10^{-2} \end{aligned} \right\} \text{vérifier}$$

Condition aux appuis :

On doit vérifier que $Aa \bar{G}_a \geq T + \frac{M}{3}$

$$T + \frac{M}{3} = 2139,42 + \frac{152601}{10 \times 3/2} = 6499,4$$

$$7,06 \times 6800 \geq 6499 \quad \text{vérifier}$$

Les armatures inférieures sont vérifiées

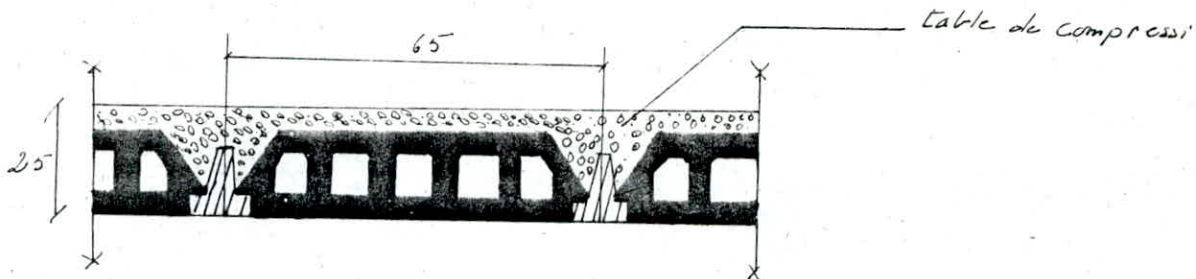
Les armatures transversales :

La contrainte de cisaillement est donnée par : $\tau_b = \frac{T_{max}}{b_3}$

$$\tau_b = \frac{2139,42}{100 \cdot 10 \cdot 3/2} = 2,145 < 1,15 \bar{G}_b = 6,785 \text{ kg/cm}^2$$

donc on a pas besoin d'armatures transversales

calcul des planchers



Les planchers à corps creux sont constitués par des poutrelles préfabriquées associées aux corps creux, (16+4) pour planchers d'habitations et (20+5) pour planchers équipements. Ces poutrelles possèdent des armatures en attente permettant une bonne liaison avec le Béton de la table de Compression, elle seront disposées suivant le sens Longitudinale du bâtiment, les poutrelles seront calculées sous la sollicitation du 1er genre G+1,2P.

Etude du plancher équipement

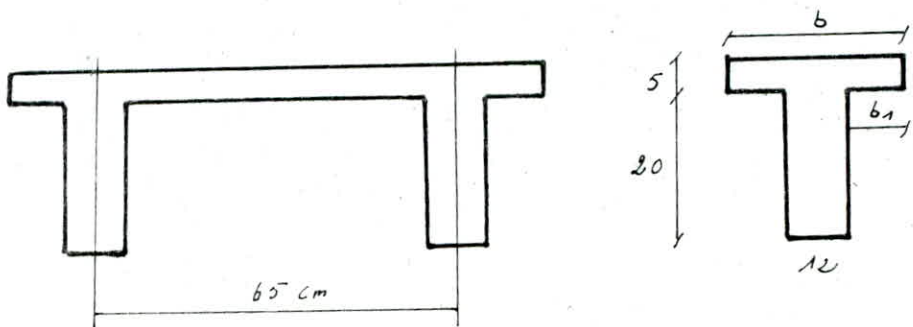
La poutrelle repose sur plusieurs appuis et travaille comme une poutre continue, elle sera calculée comme une section en T en travée et comme une section rectangulaire aux appuis.

Calcul de la largeur de la Table de Compression (CCBA 68-art 53)

$$b_1 \leq \frac{l}{2} ; \frac{53}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

$$b_1 \leq \frac{L}{10} ; \frac{360}{10} = 36 \text{ cm}$$

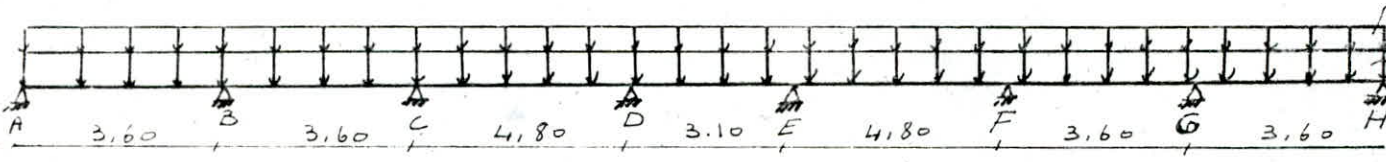
$$b_1 \leq (6 \div 8 h_0) = (24 \div 32) \text{ cm}$$



l : distance entre 2 faces voisines de 2 nervures consécutives: $65 - 12 = 53$
 La 1^{re} condition est la plus restrictive $b_1 = 26,5 \text{ cm} \Rightarrow b = 2b_1 + b_0 = 65 \text{ cm}$

Détermination des efforts agissant sur les poutrelles

schémas statique



charge totale : $q = 0,65 \cdot (0,484 + 1,2 \cdot 0,5) = 0,705 \text{ t/mL}$
 sollicitations dans les poutrelles supposées sur deux appuis simples :

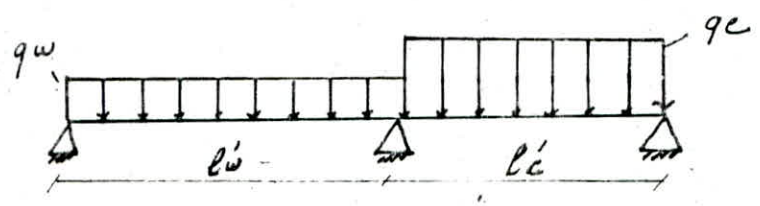
M_0 : moment isostatique $M_0 = \frac{q l^2}{8}$
 T_0 : effort tranchant isostatique $T_0 = \frac{q l}{2}$

	Travée AB, BC, FG, GH		Travée CD, EF		Travée DE	
	M_0 (Kg.m)	T_0 (Kg)	M_0 (Kg.m)	T_0 (Kg)	M_0 (Kg.m)	T_0 (Kg)
Dechargée	509,6	566,28	906,05	705,04	377,9	487,
surch seuils	634,80	702,0	1123,20	936,00	468,49	604,
chargée	1142,1	1269	2030	1692	847	1032,

SOLLICITATIONS DANS LES POUTRES CONTINUES

On remarque que les rapports de la portée libre de la travée considérée au portées libres des travées contigües ne sont pas compris entre 0,8 et 1,2 donc on ne peut pas appliquer la méthode forfaitaire, c'est pourq on va utiliser la méthode de M^e Caquot.
 Mais -d'après le (CCBA68 art 55, 32), il est loisible de réduire les valeurs absolues des moments fléchissants sur appuis sous l'effet des charges permanentes aux (2/3) de celles trouvées. Les moments en travées sont évidemment majorés en conséquence.

les calculs se présentent de la manière suivante :



On remplace les portées réelles entre nus par des portées fictives
 - $l' = 0,8 l$ si la travée est intermédiaire
 - $l' = l$ " " " " de rive

- On calcule les moments d'encastrement parfaits :

$$M_w = \frac{q_w l_w^2}{8,5} \quad \text{et} \quad M_c = \frac{q_c l_c^2}{8,5}$$

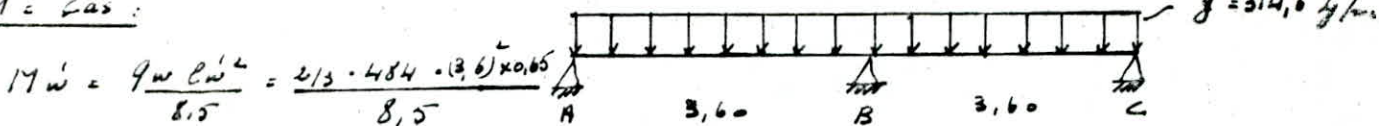
Pour une poutre donnée il faut considérer plusieurs cas de charge correspondant à des efforts maximaux différents.

ÉTUDE DE LA TRAVÉE AB

- * Appui A $M_A = 0$
- * Appui B $l_w = l_w = 3,60 \text{ m}$
 $l_c = 0,8 l_c = 0,8 \times 3,60 = 2,88 \text{ m}$

Pour simplifier les calculs, on va considérer 3 cas fictifs :

1^{er} cas :



$$M_w = \frac{q_w l_w^2}{8,5} = \frac{2/3 \cdot 484 \cdot (3,6) \times 0,65}{8,5}$$

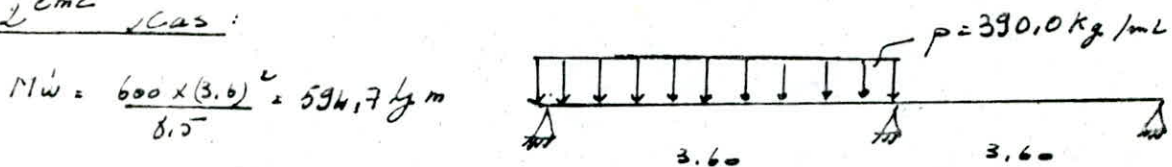
$$M_w = 319,8 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_c = \frac{q_c l_c^2}{8,5} = \frac{2/3 \times 484 \times 2,88^2}{8,5} = 204,56 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Le moment de continuité sur appui est : $M_B = \frac{M_w l_w + M_c l_c}{l_w + l_c}$

$$M_{B_1} = \frac{319,8 \times 3,60 + 204,5 \times 2,88}{3,60 + 2,88} = 268,56 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

2^{ème} cas :

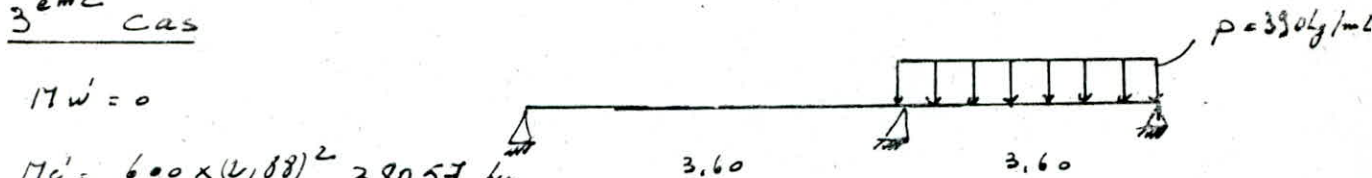


$$M_w = \frac{600 \times (3,6)^2}{8,5} = 594,7 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_c = 0$$

$$M_{B_2} = \frac{594,7 \times 3,6 + 0}{3,60 + 2,88} = 330,33 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

3^{ème} cas :



$$M_w = 0$$

$$M_c = \frac{600 \times (2,88)^2}{8,5} = 380,57 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

$$M_{B_3} = \frac{380,57 \times 2,88 + 0}{3,6 \times 2} = 163,12 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

Calcul des efforts maximaux

Pour obtenir les efforts maximaux, nous allons envisager les cas suivants :

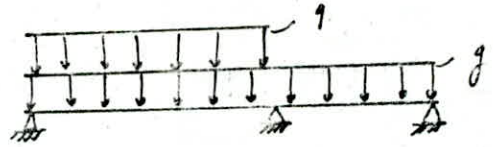
a) moment max à l'appui B :

$$M_B = M_{B_1} + M_{B_2} + M_{B_3} = 768,01 \text{ kg} \cdot \text{m}$$

b) max en travée :

$$M_A = 0$$

$$M_B = M_{B1} + M_{B2} = 598,89 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

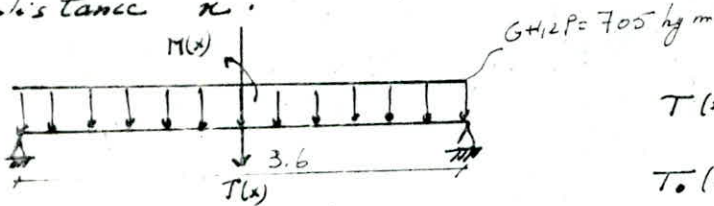


Soit M_t = le moment à mi-travée

$$M_t = M_0 - \frac{|M_A + M_B|}{2} = 842,66 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Remarque : le moment max n'est pas à mi-travée mais à une certaine distance x de l'appui.

On détermine respectivement l'effort tranchant et le moment à une distance x .



$$T(x) = T_0 - qx + \frac{|M_A| - |M_B|}{l}$$

$$T_0(x) = 1269 + 705x = 0$$

$$T_0(x) = 1269 - 705x$$

$$T(x) = 1269 - 705x - \frac{598,9}{3,6}$$

$$T(x) = 0 \Rightarrow x = 1,38 \text{ m} \quad (\text{Position de } M_{\max})$$

$$M(x) = 1269x - 705 \frac{x^2}{2} - 598,9 \frac{x}{3,6}$$

$$M_{\max} = M(1,15) = 844,31 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

c) Min en travée

$$M_A = 0$$

$$M_B = M_{B1} + M_{B2} = 734,68 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$M_t = 509,6 - \frac{734,68}{2} = 174,92 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

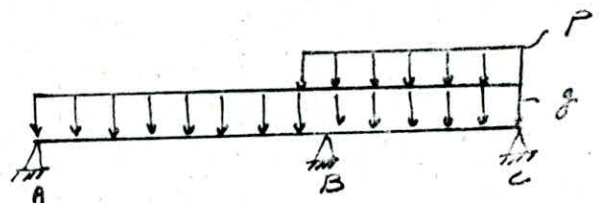
Efforts tranchants maximaux

a) max en appui A

$$M_A = 0$$

$$M_B = 598,89 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$T_0 = 1269 \text{ kg}$$



$$T(x) = T_0(x) + \frac{|M_A| - |M_B|}{l} = 1269 - \frac{598,9}{3,6} = 1102,64 - 705x$$

$$T(A) = T(0) = 1102,64 \text{ kg}$$

$$T(B) = T(3,6) = -1435,36 \text{ kg}$$

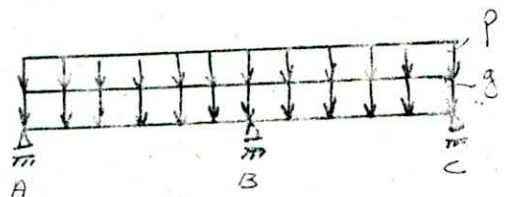
b) Max sur appui B

$$M_A = 0$$

$$M_B = 768,01 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

$$T_0 = 1269 \text{ kg}$$

$$T(x) = 1055,66 - 705x$$



$$T(A) = T(0) = 1055,66 \text{ kg}$$

$$T(B) = T(3,6) = -1482,34 \text{ kg}$$

c) Partie Centrale

$$M_A = 0$$

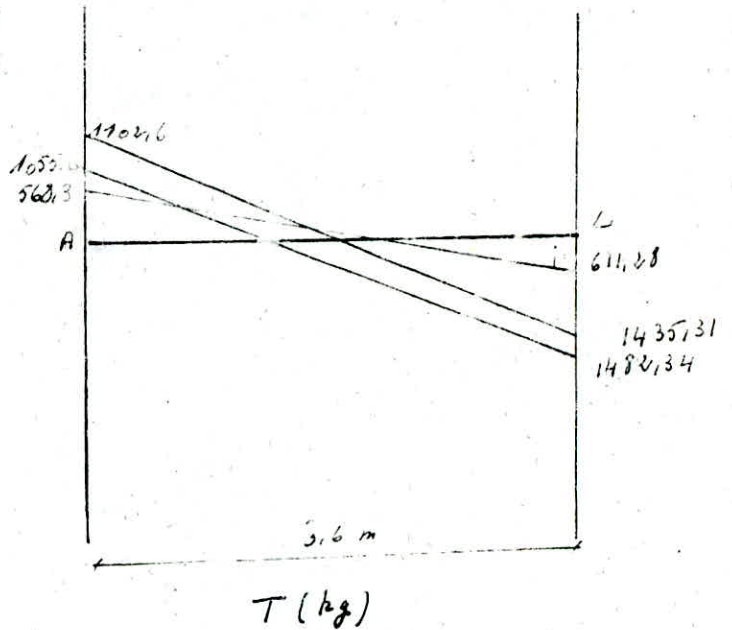
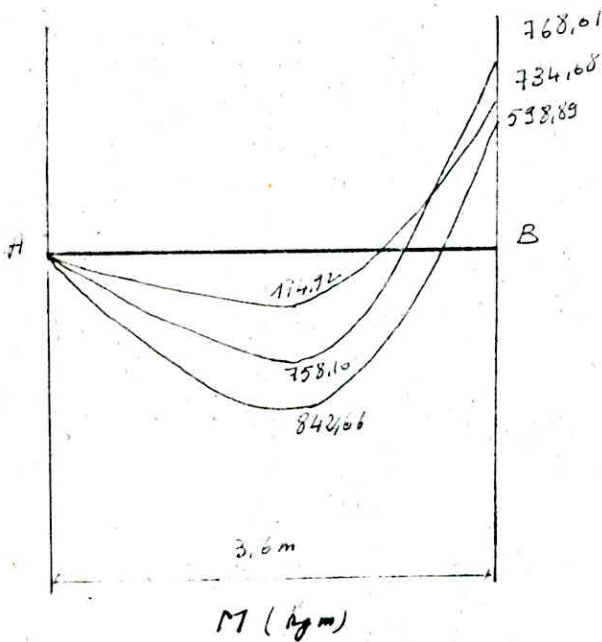
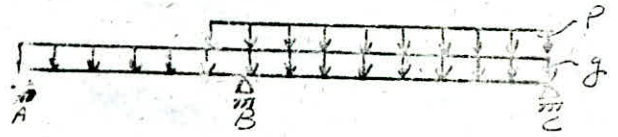
$$M_B = 129,12 \text{ kg.m}$$

$$T_0 = 568,28 \text{ kg}$$

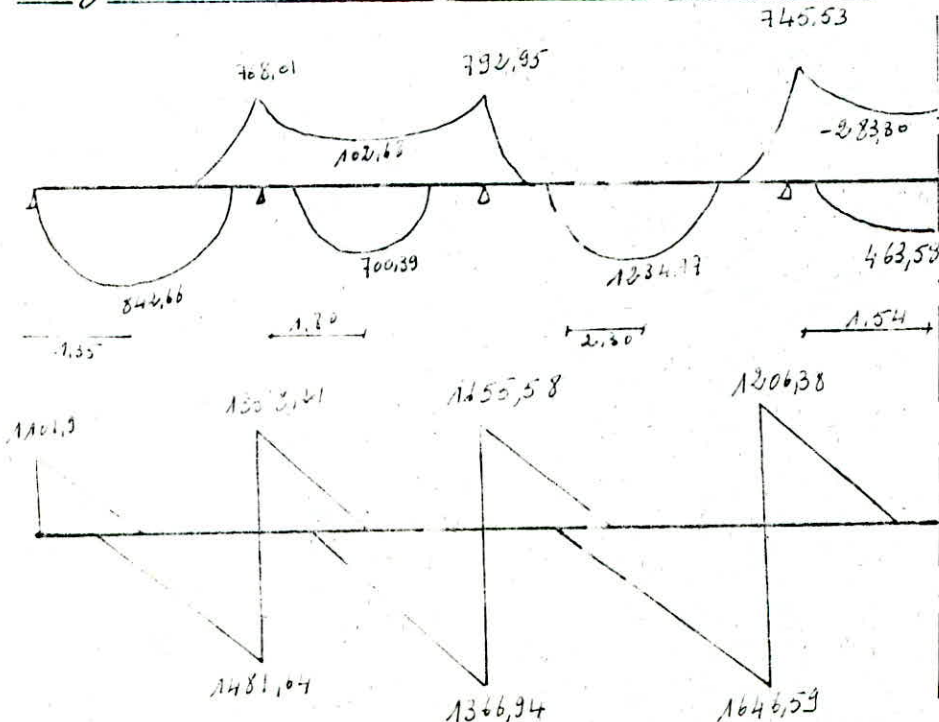
$$T(x) = 568,30 - 314,6 \cdot x$$

$$T(A) = T(0) = 568,30$$

$$T(B) = T(3,5) = -611,28 \text{ kg}$$



Diagrammes des moments de la Poutrelle



EFFORTS TRANCHANTS de la Poutrelle

ferraillage de la Poutrelle

* en travée: $M_{max}^t = 1,24 \text{ tm}$

Position de l'axe neutre : $M_{nb} = \frac{1}{2} \sigma_b' b x (h - \frac{x}{3}) = 4,75 \text{ tm}$

$M_{nb} > M_{fL} \Rightarrow$ donc l'axe neutre tombe dans la table de compression

et la section sera calculée comme une section rectangulaire de (65×25)

$A = \frac{M_{fL}}{\sigma_a \cdot z} = \frac{1,24 \cdot 10^5}{2800 \cdot 20,1} = 2,57 \text{ cm}^2$ $2T14 = 3,08 \text{ cm}^2$

* en appui : $0,79 \text{ tm} = M_{max}^{app}$

$M_{nb} = \frac{1}{2} \sigma_b' b x (h - \frac{x}{3}) = 1,61 \text{ tm} > M_{fL} \Rightarrow A' = 0$

$A = \frac{M_{fL}}{\sigma_a \cdot z} = \frac{1,61}{2800 \times 20,1} = 1,40 \text{ cm}^2 \rightarrow 1T14 = 1,54 \text{ cm}^2$

Vérification

1) Condition de non fragilité. (C.C.B.A. 68 art. 58,4)

$A_u = 0,69 b h \frac{\sigma_s}{\sigma_{cn}} = 0,69 \cdot 12 \cdot 23 \times \frac{7}{4200} = 0,31 \text{ cm}^2$

$A \geq \max \{ A_{ad} ; \min(1,2 A_{ad} ; A_2) \} = A_2$

$A \geq 0,31 \text{ cm}^2$

$A_{min} = 1,54 \text{ cm}^2 > 0,31 \text{ cm}^2$ vérifier pour toutes les travées

2) Vérification de fissuration

en travée : $\phi_{max} = 14 \text{ mm} \rightarrow \sigma_{cl} = 2,4 \sqrt{\frac{k \eta \sigma_b}{\phi}} = 2629,33 \text{ N/cm}^2$

en appui $\rightarrow \sigma_a < \max \{ \sigma_1, \sigma_2 \}$
 $\sigma_a < \max \{ \sigma_1, \sigma_2 \}$

3) Vérification de la flèche

1) $\frac{h_t}{l} \geq \frac{M_t}{15 M_0}$, 2) $\frac{A}{b_0 h} < \frac{36}{\sigma_{cn}}$ 3) $\frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{22,5}$

Si ces trois conditions sont vérifiées le règlement préconise qu'il est inutile de faire la vérification des flèches.

$h_t \geq l \frac{M_t}{15 M_0} = 360 \cdot \frac{1,24 \times 10^5}{15 \cdot 1,14 \times 10^5} = 26,1 \text{ cm}$

$A < b_0 h \frac{36}{\sigma_{cn}} = 2,36 \text{ cm}^2$

$h_t \geq \frac{l_{max}}{22,5} = 21,3$

} flèche vérifiée

Calcul du plancher d'habitation

Le calcul se fait de la même manière que le plancher équipement d'où nous présentons les résultats

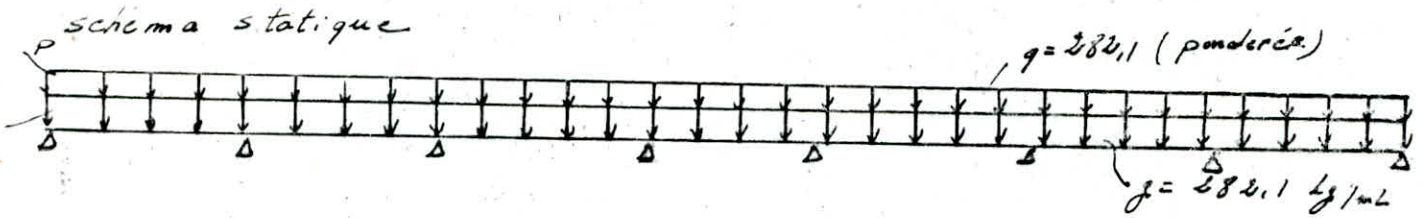


Diagramme des moments flechissants

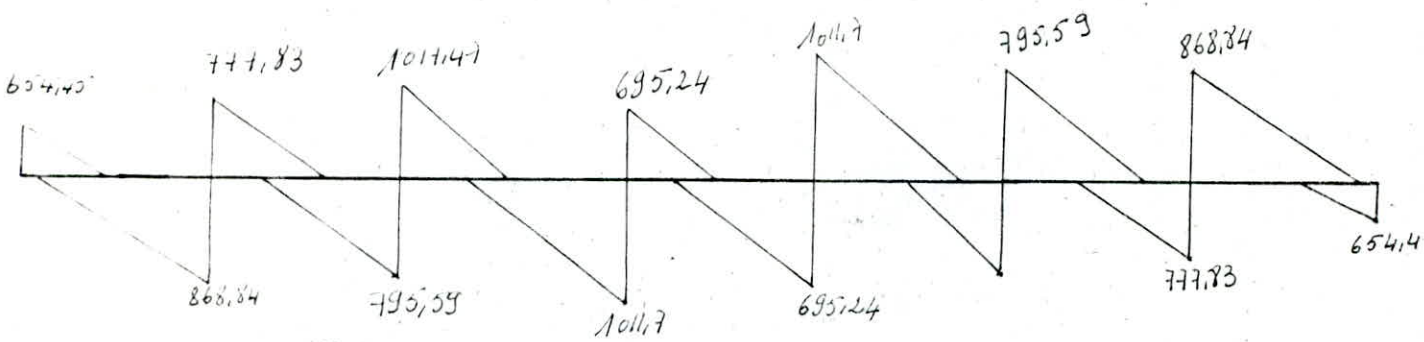
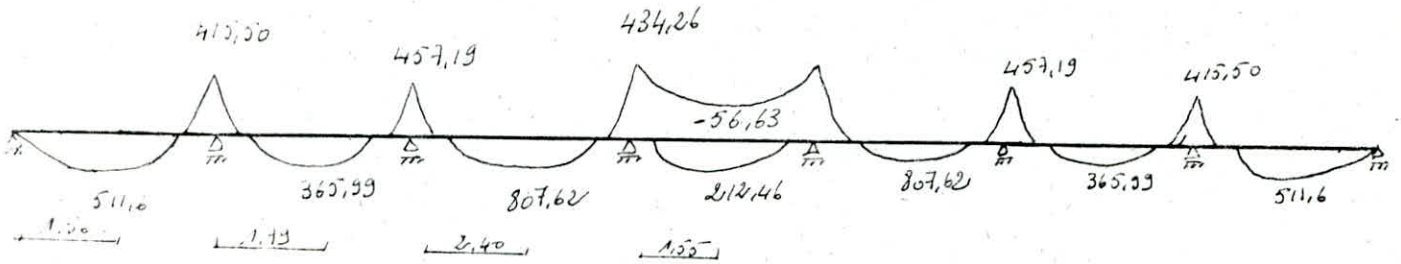


Diagramme des

EFFORTS TRanchants de la Poutrelle

ferraillage des Poutrelles

les poutrelles seront ferraillées :

en travée : $2T12 \Rightarrow A = 2,26 \text{ cm}^2$

armatures transversales

$$\bar{E} = \max\left(0,4h = 0,4 \times 18 = 3,6 ; h \left(1,03 \frac{f_c}{f_t} = 14,18\right)\right)$$

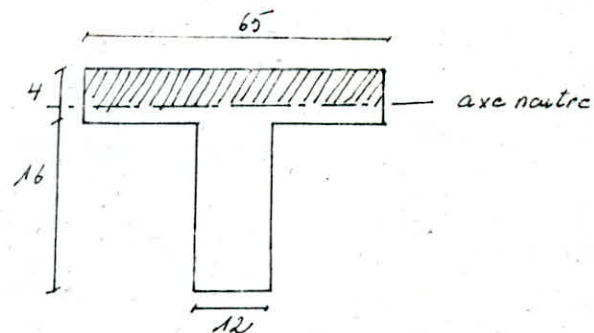
$$\bar{E} = 14 \text{ cm}$$

$$t = \frac{A t_3 \bar{E} a_t}{T} = \frac{0,56 \cdot 1600 \cdot 15,75}{1017,47} = 13,86$$

on prend $t = 14 \text{ cm}$ 1^{er} cadre a $\frac{t}{2} = 7 \text{ cm}$ en appui

en appui : $2T10 \Rightarrow A = 1,57 \text{ cm}^2$

on choisit des $\phi 6$ ($A_t = 0,56 \text{ cm}^2$)



dalle

Plancher Aer niveau (Parking auto)

$$l_x = 3,60 ; l_y = 5,10 \quad h_t = 20 \text{ cm}$$

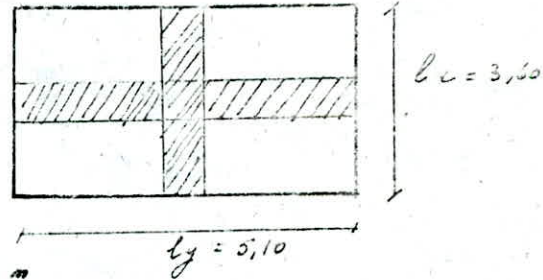
$$\rho = \frac{l_x}{l_y} = 0,71 > 0,4 \quad \text{panneau reposant sur 4 cotes}$$

$$\Rightarrow \mu_x = 0,0728 \quad \mu_y = 0,550$$

charge permanente $G = 580 \text{ kg/m}^2$

surcharge $P = 1,2 \cdot 250 = 300 \text{ kg/m}^2$

$$q = G + 1,4P = 940 \text{ kg/m}^2$$



sens l_x : $M_{0x} = \mu_x q l_x^2 =$
 $M_{0x} = 0,0728 \times 940 \times (3,6)^2 = 886,9 \text{ kg.m}$

sens l_y : $M_{0y} = 0,550 \times 886,9 = 487,8 \text{ kg.m}$

$$M_x^t = 0,15 \cdot 886,9 = 133,04 \text{ kg.m}$$

$$M_y^t = 0,50 \cdot 487,8 = 243,9 \text{ kg.m}$$

* renforcement

1) sens l_x , $M_x^t = 133,04 \text{ kg.m} \Rightarrow$

$$\frac{h_t}{10} > \phi \Rightarrow \frac{20}{10} = 2 \quad \text{on prend des } \phi_6 ; \quad d = 16 \text{ cm}$$

$$h_x = h - d - \phi/2 = 18,7$$

$$\Rightarrow A_x = \frac{133,04 \times 100 \times 8}{2800 \times 18,7 \times 7} = 1,45 \text{ cm}^2$$

soit 6T6/mL = 1,63 cm² avec $e = 16,67 \text{ cm}$ espacement

a l'appui

$$M_y^t = 243,9 \text{ kg.m} \Rightarrow A_y^t = \frac{243,9 \times 8}{2800 \times 18,7 \times 7} = 0,53 \text{ cm}^2$$

soit 4T6/mL = 1,13 ; $e = 25$

2) sens l_y : $M_y^t = 365,85 \text{ kg.m} \quad h_y = 18,4 \text{ cm}$

$$A_y^t = \frac{365,85 \times 8}{2800 \times 18,4 \times 7} = 0,81 \quad \text{soit 4T6/mL} = 1,13 \text{ cm}^2 ; e = 25 \text{ cm}$$

$$M_x^a = 243,9 \text{ kg.m}$$

$$A_x^a = \frac{243,9 \times 8}{2800 \times 18,4 \times 7} = 0,54 \text{ cm}^2 \quad \text{soit 4T6} = 1,13 \text{ cm}^2 ; e = 25 \text{ cm}^2$$

4) Vérification de l'adhérence (CCBA art. 29)

$$\bar{\sigma}_d = \frac{T}{n \cdot p \cdot z} = \frac{T_{max}}{2 \cdot \pi \cdot 1,4 \cdot 20,1} = \frac{1655}{4 \cdot \pi \cdot 1,4 \cdot 20,1} = 9,36 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{\sigma}_b = 3,5 \cdot 5,9 = 20,65 \text{ kg/cm}^2 > \bar{\sigma}_d \text{ vérifié}$$

5) Effort tranchant

$$\frac{T_{max}}{b \cdot z} < \bar{\sigma}_b \Rightarrow \frac{1655}{12,10 \times 20,1} = 6,86 \text{ kg/cm}^2 < 24,5 \text{ kg/cm}^2$$

Pour $G_i' < G_{i0}$
on choisit des $\phi 6$ ($A_t = 0,56 \text{ cm}^2$)

6) espacement :

$$G_{at} = \frac{1}{3} 2400 = 1600 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{t} = \max (0,2h = 0,2 \times 23 = 4,6 ; h (1 - 0,3 \frac{\bar{\sigma}_d}{\bar{\sigma}_b}) = 14,97) \Rightarrow \bar{t} = 15 \text{ cm}$$

$$t = \frac{A_t \cdot G_{at}}{T} = \frac{1600 \times 20,1 \times 0,56}{1655} = 10,88 \text{ cm}$$

on prend $t = 15 \text{ cm}$ et $\frac{t}{z} = 8 \text{ cm}$ (appuyé)

7) Condition aux appuis

$$A \geq T + \frac{M}{z} = 1655 - \frac{0,79 \times 10^5}{20,1} < 0 \text{ donc les armatures inférieures en appui ne seront soumises à aucun effort de traction}$$

ferraillage de la dalle de compression (CCBA 68 art. 58.4)

Afin de limiter les risques de fissuration et pour faire répartir les charges, on prévoit un treillis soudé (quadrillage) de maille 20×20 , les dimensions des mailles ne doivent pas dépasser 20 cm (5 p.m) pour les armatures \perp aux nervures et 33 cm (3 p.m) pour les armatures \parallel aux nervures. Les sections des armatures doivent vérifier les conditions suivantes

Armatures \perp aux nervures

$$A_{\perp N} \geq 43 \frac{L_a}{G_{en}} \quad \text{pour } 50 < L_a < 80 \text{ cm on a } L_a = 65 \text{ cm}$$

$$G_{en} = 5300 \text{ kg/cm}^2 \quad \phi \leq \phi 6$$

$$A_{\perp N} \geq \frac{43 \cdot 65}{5300} = 0,527 \text{ cm}^2 \quad \text{on prend } 5\phi 6 / \text{mL} = 1,41 \text{ cm}^2 > 0,527 \text{ cm}^2$$

Armatures \parallel aux nervures

$$A_{\parallel N} \geq \frac{A_{\perp N}}{2} / \text{mL} = \frac{1,41}{2} = 0,705 \text{ cm}^2$$

$$5\phi 6 / \text{mL} = 1,41 \text{ cm}^2 > 0,705 \text{ cm}^2$$

on adopte un treillis $\phi 6$ maille (20 x 20)

Conditions de non fragilité

suivant l_x $A \geq 100 \cdot 18,7 \cdot 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \left(\frac{2-0,71}{2}\right) = 1,120 \text{ cm}^2$

suivant l_y $A \geq 100 \cdot 18,4 \cdot 0,69 \cdot \frac{5,9}{4200} \cdot \left(\frac{1-0,71}{4}\right) = 0,13 \text{ cm}^2 < 1,13 \text{ cm}^2$ $A = 1,13 > 1,12 \text{ cm}^2$
vérifier

* flèches:

$$\frac{h_t}{l_x} > \frac{1}{20} \frac{M_t}{I_{tx}} \Rightarrow h_t > \frac{l_x}{20} \frac{M_t}{I_{tx}} = \frac{360}{20} \cdot \frac{665,17}{886,9} = 13,49 \text{ cm}$$

$$\frac{A}{bh} = \frac{1,13}{100 \times 18,7} = 6,04 \cdot 10^{-4} < \frac{20}{2000} = \frac{20}{4200} = 0,00476 \text{ inutile de vérifier la flèche}$$

* calcul de l'effort tranchant

$$T_x = \frac{q l_x \cdot l_y^4}{2(l_y^4 + l_x^4)} = 1355,47 \text{ kg}$$

$$T_y = \frac{q l_y \cdot l_x^4}{2(l_x^4 + l_y^4)} = 1198,5 \text{ kg}$$

* Vérification au cisaillement

$$\tau_b = \frac{T}{b \cdot z} = \frac{1355,47 \cdot 8}{100 \cdot 7 \cdot 18,7} = 0,828 \text{ kg/cm}^2 < \bar{\tau}_c = 6,78 \text{ kg/cm}^2 \text{ (vérifier)}$$

Les armatures transversales ne sont pas nécessaires

sur appui

$$T + \frac{M}{z} = 1355,47 + \frac{24390 \times 8}{7 \times 18,7} < 0$$

la section des armatures inf est vérifiée

* fissuration

$$\bar{\omega}_f = \frac{A_{\min}}{2bd} = \frac{1,13}{2 \cdot 1 \cdot 100} = 0,00565$$

$$\Rightarrow \sigma_c = 3656 \text{ kg/cm}^2 > 2800 \text{ kg/cm}^2 \text{ (vérifier)}$$

* Arrêt des barres

Les armatures inf dans chaque sens peuvent être arrêtées par maîtises. La longueur du lit arrêté est égale à:

$$0,8 l_x = 0,8 \cdot 3,6 = 2,88 \text{ m (suivant } l_x)$$

$$\text{et à } l_y - 0,2 l_x = 4,38 \text{ (suivant le sens secondaire)}$$

CALCUL DES RIGIDITES

calcul des rigidités

- le calcul des rigidités sera fait selon la méthode de monsieur Nutt, les étapes à suivre sont :

- Détermination des rigidités linéaires des poteaux et des poutres.
- Détermination des coefficients a_j à chaque niveau.
- Détermination des rigidités relatives de niveau.

a) Rigidités linéaires des poteaux : $K_{\text{pot}} = \frac{EI}{h}$; I : Inertie du poteau dans les sens considérés

h : hauteur étage

b) Rigidités linéaires des poutres : $K_{\text{pout}} = \frac{EI}{l}$; I : Inertie des poutres

l : portée de la poutre

c) Coefficient de correction a_j . (Voir concept et calcul des structures soumises au séisme)

d) Rigidité relative de niveau : R_{ij}

$$R_{ij} = \frac{12EI a_j \cdot K_{\text{pot}}}{h^2}$$

$R_{ij \cdot x}$: Rigidité relative de niveau des portiques longitudinaux

$R_{ij \cdot y}$: Rigidité relative de niveau des portiques transversaux

PORTIQUE - B.B

	$a = 0,20$	$a = 0,34$	$a = 0,31$	$a = 0,33$	$a = 0,33$	$a = 0,31$	$a = 0,34$	$a = 0,20$
	$\bar{K} = 0,51$	$\bar{K} = 1,02$	$\bar{K} = 0,89$	$\bar{K} = 0,97$	$\bar{K} = 0,97$	$\bar{K} = 0,89$	$\bar{K} = 1,02$	$\bar{K} = 0,51$
	$a = 0,20$	$a = 0,34$	$a = 0,31$	$a = 0,33$	$a = 0,33$	$a = 0,31$	$a = 0,34$	$a = 0,20$
	$\bar{K} = 0,51$	$\bar{K} = 1,02$	$\bar{K} = 0,89$	$\bar{K} = 0,97$	$\bar{K} = 0,97$	$\bar{K} = 0,89$	$\bar{K} = 1,02$	$\bar{K} = 0,51$
	$a = 0,10$	$a = 0,18$	$a = 0,16$	$a = 0,17$	$a = 0,17$	$a = 0,16$	$a = 0,18$	$a = 0,10$
	$\bar{K} = 0,21$	$\bar{K} = 0,43$	$\bar{K} = 0,37$	$\bar{K} = 0,41$	$\bar{K} = 0,41$	$\bar{K} = 0,37$	$\bar{K} = 0,43$	$\bar{K} = 0,21$
	$a = 0,11$	$a = 0,20$	$a = 0,18$	$a = 0,19$	$a = 0,19$	$a = 0,18$	$a = 0,20$	$a = 0,11$
	$\bar{K} = 0,25$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,43$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,43$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,25$
	$a = 0,13$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,13$
	$\bar{K} = 0,29$	$\bar{K} = 0,57$	$\bar{K} = 0,50$	$\bar{K} = 0,55$	$\bar{K} = 0,55$	$\bar{K} = 0,50$	$\bar{K} = 0,57$	$\bar{K} = 0,29$
	$a = 0,13$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,13$
	$\bar{K} = 0,29$	$\bar{K} = 0,57$	$\bar{K} = 0,50$	$\bar{K} = 0,55$	$\bar{K} = 0,55$	$\bar{K} = 0,50$	$\bar{K} = 0,57$	$\bar{K} = 0,29$
	$a = 0,12$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,21$	$a = 0,21$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,12$
	$\bar{K} = 0,28$	$\bar{K} = 0,56$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,56$	$\bar{K} = 0,28$
	$a = 0,12$	$a = 0,22$	$a = 0,20$	$a = 0,21$	$a = 0,21$	$a = 0,20$	$a = 0,22$	$a = 0,12$
	$\bar{K} = 0,28$	$\bar{K} = 0,56$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,49$	$\bar{K} = 0,56$	$\bar{K} = 0,28$
	$a = 0,11$	$a = 0,19$	$a = 0,17$	$a = 0,18$	$a = 0,18$	$a = 0,17$	$a = 0,19$	$a = 0,11$
	$\bar{K} = 0,24$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,42$	$\bar{K} = 0,45$	$\bar{K} = 0,45$	$\bar{K} = 0,42$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,24$
	$a = 0,12$	$a = 0,21$	$a = 0,19$	$a = 0,20$	$a = 0,20$	$a = 0,19$	$a = 0,21$	$a = 0,12$
	$\bar{K} = 0,27$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,51$	$\bar{K} = 0,51$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,54$	$\bar{K} = 0,27$
	$a = 0,11$	$a = 0,19$	$a = 0,17$	$a = 0,18$	$a = 0,18$	$a = 0,17$	$a = 0,19$	$a = 0,11$
	$\bar{K} = 0,24$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,41$	$\bar{K} = 0,45$	$\bar{K} = 0,45$	$\bar{K} = 0,41$	$\bar{K} = 0,47$	$\bar{K} = 0,24$
	$a = 0,31$	$a = 0,36$	$a = 0,35$	$a = 0,36$	$a = 0,36$	$a = 0,35$	$a = 0,36$	$a = 0,31$
	$\bar{K} = 0,20$	$\bar{K} = 0,36$	$\bar{K} = 0,31$	$\bar{K} = 0,35$	$\bar{K} = 0,35$	$\bar{K} = 0,31$	$\bar{K} = 0,36$	$\bar{K} = 0,20$
	3,6	3,6	4,80	3,10	4,80	3,6	3,6	

3,06
3,06
3,06
3,06
3,06
3,06
3,06
3,06
4,16
4,16
4,16
3,06

30x45
30x45
30x45
30x5
30x55
30x55
30x55
30x55
30x60
30x70
30x70
30x70

PORTIQUE TRANSVERSAL

		30x50			
3,06	3,06				
	3,06				
	3,06				
	3,06				
	3,06				
	3,06				
	3,06				
	3,06				
	4,6				
	4,6				
	4,06				
	3,06				

5,10
5,10

Sens Longitudinal			Sens Transversal		
	Portique A - A	Portique B - B	$\sum R_{jx}$ ^{Kg/cm}	Portique Transversal	$\sum R_{jy}$ ^{Kg/cm}
12	141515,41	141515,41	424546,23	45938,21	367505,68
11	141515,41	141515,41	424546,23	45938,21	367505,68
10	184035,55	204204,32	572275,42	52175,01	417400,08
9	204499,49	230580,38	639579,36	52175,01	417400,08
8	228245,68	261150,02	717641,38	52175,01	417400,08
7	290052,89	299491,92	879597,7	71435,04	571480,56
6	290052,89	299491,92	879597,7	87744,2	701953,6
5	290052,89	299491,92	879597,7	87744,2	701953,6
4	133399,10	157021,16	423819,36	45008,69	360069,52
3	145184,13	173555,05	463923,31	49634,70	397077,6
2	193630,50	227838,52	615099,52	64779,54	518236,32
1	670221,86	1124017,91	2464461,63	394491,9	3155935,2

$$\sum R_{jy} = 8 \cdot R_{jy}$$

R_{jy} = portiques identiques

$$\sum R_{jx} = R_{jx} + 2 R_{jx}$$

R_{jx} = portiques de rive

Calcul des quantités R_{ij}/a_i Pour chaque poteau
 $R_{ij}/a_i = \frac{12EI_i}{h_i^3}$

		12	11	10	9	8	7
Sens Long	Poteaux de rive	60108,39	60108,39	98943,85	98943,85	98943,85	170974,96
	Poteaux Centraux	60108,39	60108,39	170974,96	170974,96	170974,96	199470,79
Sens Trans	Poteaux de rive	74207,88	74207,88	142479,13	142479,13	142479,13	170974,96
	Poteaux Centraux	74207,88	74207,88	170974,96	170974,96	170974,96	271501,91
		6	5	4	3	2	1
Sens Long	Poteaux de rive	170974,96	170974,96	58717,84	58717,84	85401,50	199470,79
	Poteaux Centraux	199470,79	199470,79	119882,26	119882,26	174361,39	407252,87
Sens Trans	Poteaux de rive	170974,96	170974,96	79921,51	79921,51	116240,93	271501,91
	Poteaux Centraux	271501,91	271501,91	198172,72	198172,72	288230,06	673213,2

calcul du centre de masse et de torsion

calcul du centre de masse

Le but de ce paragraphe est la détermination du centre de masse de tous les éléments soumis aux efforts sismiques que l'on suppose concentrés au niveau des planchers. Le centre de gravité est repéré dans un système d'axe plan orthonomé

- Détermination du poids propre de chaque élément constituant le Bâtiment
- Détermination du centre de masse de tous les éléments

$$x_G = \frac{\sum w_i \cdot x_i}{\sum w_i}$$

$$y_G = \frac{\sum w_i \cdot y_i}{\sum w_i}$$

x_i, y_i sont les coordonnées de chaque élément par rapport au système d'axe choisit

Les résultats sont portés dans le tableau suivant :

Niv	1,2	3	4	5	6,7,8,9 10	11	12
y_G (m)	0,037	0,13	0,14	0,09	0,15	0,05	0
x_G (m)	0	0	0	0	0	0	0

calcul du centre de Torsion

- Dans le repère (x.o.y) les coordonnées du centre de torsion de l'étage 0 sont données par

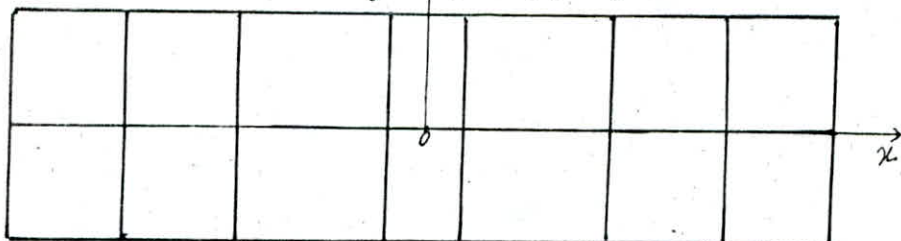
$$x_{cj} = \frac{\sum R_{ij} \cdot x_i^t}{\sum R_{ij}}$$

$$y_{cj} = \frac{\sum R_{ij} \cdot y_i^l}{\sum R_{ij}}$$

t = sens transversal

l = sens Longitudinal

x_i^t = position d'un portique /oy y_i^l = position d'un portique /ox



Calcul de l'excentricité.

L'excentricité, à prendre en compte au niveau de chaque étage est égale à:

$$\max \begin{cases} -5\% \text{ de la plus grande dimension du Bâtiment} \\ \text{au niveau considéré.} \\ - \text{'excentricité' théorique résultant des plans} \\ \text{R-PA 81 (art 3.3.5)} \end{cases}$$

L'excentricité $e = x_G - x_C$

On remarque que l'excentricité suivant les deux axes principaux de tout les niveaux n'excède pas 5% de l_y :

$$5\% \text{ de la plus grande dimension du Bâtiment est égale à } \frac{5 \times 27,1}{100} = 1,36 \text{ m.}$$

$$e_{y \max} = 0,15 - 0 = 0,15 < 1,36 \text{ m}$$

d'où l'excentricité à prendre en compte suivant les deux sens: $e = 1,36 \text{ m.}$

Calcul des coordonnées des Portiques par rapport au centre torsion Portiques Longitudinaux

	Niveau Portique	A-A	B-B	C-C
g(m)	tous les niveaux	-6,46	-1,36	3,74

Portiques transversaux

	Niveau Porti	1-1	2-2	3-3	4-4	5-5	6-6	7-7	8-8
x(m)	tous les niveaux	-14,91	-11,31	-7,71	-2,91	0,19	4,99	9,59	12,19

Calcul de la rigidité à la torsion

La rigidité à la torsion de l'étage "j" est donnée par la relation suivante:

$$R_{j\theta} = \sum_1^8 R_{jt} (x_t)^2 + \sum_1^3 R_{jl} (x_l)^2$$

$R_{j\theta}$ = rigidité à la torsion de l'étage "j".

x_t : distance d'un portique transversal à l'axe Cy

x_l : distance d'un portique longitudinal à l'axe Cx

ETUDE AU SEISME

étude au séisme

Généralités.

Les secousses sismiques imposent aux constructions des accélérations particulières pouvant atteindre l'ordre de l'accélération de la pesanteur. L'intensité de ces secousses est suffisante pour causer des dommages importants aux constructions si celles-ci ne sont pas conçues et calculées selon les normes parasismiques (RPA 81 pour L'ALGERIE).

Détermination des charges sismiques

Les charges sismiques sont supposées concentrées au niveau des plans

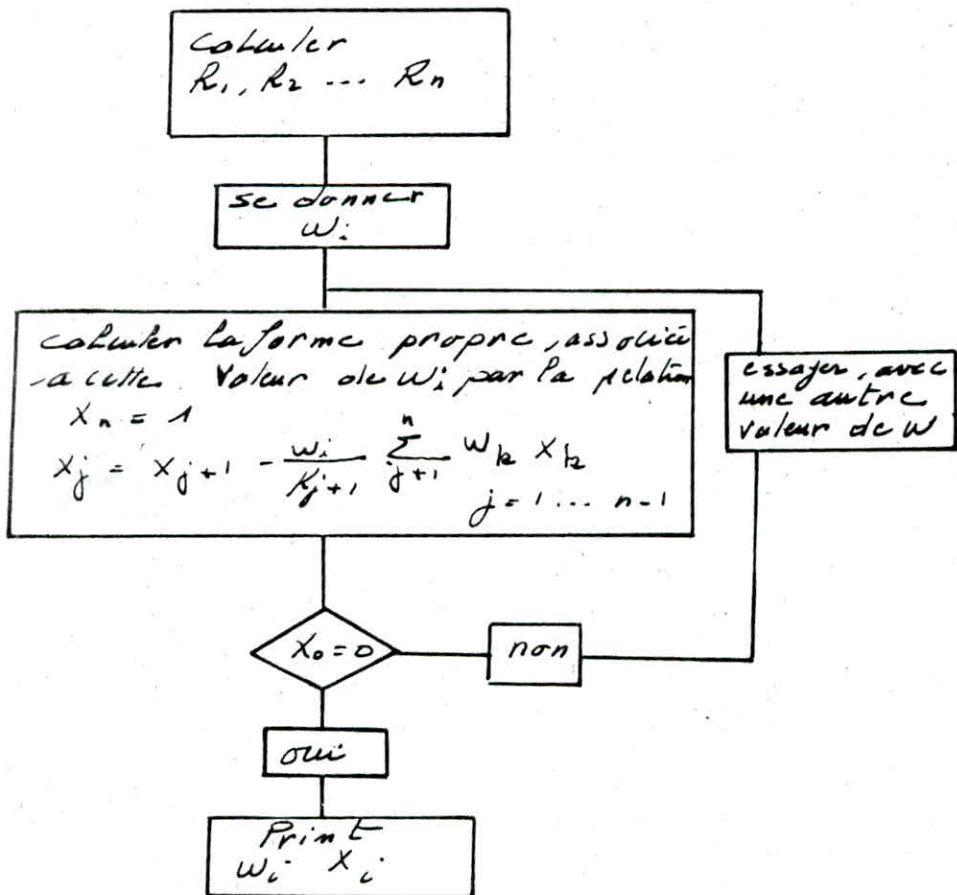
NIVEAUX	12	11	10	9-8	7	6	5	4	2	3	1
$W_i (t)$	301,3	314,7	335	346,7	358,4	367	370,4	481	594,3	433	370

Évaluation de la Période T:

La méthode utilisée pour le calcul de la période T est celle de Mr Holzer. C'est une méthode itérative basée sur la notion de rigidité relative de niveaux, elle se prête très bien pour les structures autostables.

On calculera tout d'abord les pulsations W_i puis les formes propres correspondantes à ces valeurs.

Procédure de la méthode: la démarche à suivre est donnée sous forme d'organigramme



b) Calcul de la période dans le sens Longitudinal

mode fondamental : $\omega_1^v = 31 \text{ (rad/s)}$

K	$\omega_k (10^3)$	$\omega_k \omega^v (10^4)$	α_k	$\omega_k \omega^v \alpha_k (10^4)$	$\Sigma \omega_k \omega^v \alpha_k$	$R_k (10^4)$	$\frac{\Sigma \omega_k \omega^v \alpha_k}{R_k}$
12	301,3	934,03	1	934,03	934,03	42454,623	0,022
11	314,7	975,57	0,978	954,12	1888,14	42454,623	0,044
10	335	1038,50	0,934	969,96	2857,10	57227,542	0,050
9	346,7	1074,77	0,883	949,02	3807,26	63957,936	0,060
8	346,7	1074,77	0,824	885,61	4692,94	71764,138	0,065
7	358,4	1111,04	0,759	843,88	5535,85	87959,77	0,063
6	367	1137,70	0,696	791,84	6327,39	87959,77	0,072
5	370,4	1148,24	0,624	716,50	7043,66	87959,77	0,080
4	481	1491,10	0,544	811,16	7854,40	42381,936	0,185
3	594,3	1842,33	0,358	659,55	8514,68	46392,331	0,184
2	433	1342,30	0,175	234,90	8749,40	61509,952	0,142
1	370	1147,00	0,033	37,85	8786,81	246446,163	0,036

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1,128s$$

Deuxième mode : $\omega^v = 244 \text{ (rad/s)}$

K	$\omega_k (10^3)$	$\omega_k \omega^v (10^4)$	α_k	$\omega_k \omega^v \alpha_k (10^4)$	$\Sigma \omega_k \omega^v \alpha_k$	$R_k (10^4)$	$\frac{\Sigma \omega_k \omega^v \alpha_k}{R_k}$
12	301,3	7357,72	1	7357,72	7357,72	42454,623	0,173
11	314,7	7678,68	0,827	6350,27	13700,71	42454,623	0,323
10	335	8174,00	0,504	4119,70	17821,38	57227,542	0,311
9	346,7	8459,48	0,193	1632,68	19451,57	63957,936	0,304
8	346,7	8459,48	-0,111	-939,00	18508,99	71764,138	0,258
7	358,4	8744,96	-0,369	-3226,89	15879,14	87959,77	0,174
6	367	8954,80	-0,583	-5220,65	10416,28	87959,77	0,118
5	370,4	9037,76	-0,661	-5973,96	4438,12	87959,77	0,05
4	481	11736,40	-0,712	-8358,45	-3917,28	42381,936	-0,092
3	594,3	14500,92	-0,619	-8976,07	-12900,50	46392,331	-0,278
2	433	10565,20	-0,341	-3602,73	-16507,67	61509,952	-0,268
1	370	9028,00	-0,073	-659,04	-17167,12	246446,163	-0,070

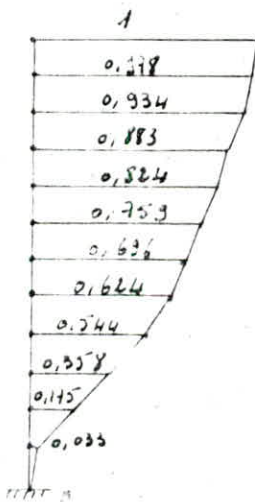
$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,402s$$

Troisième mode : $\omega_3^v = 661$

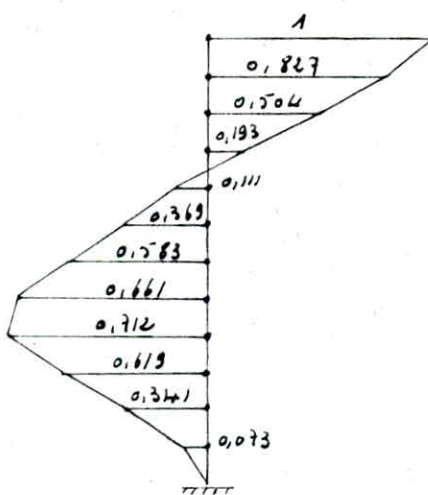
K	w_k	$w_k w^2 (10^4)$	$x_k (m)$	$w_k w^2 x_k (10^4)$	$\Sigma w_k w^2 x_k$	$R_k (10^4)$	$\Sigma \frac{w_k w^2 x_k}{R_k}$
12	301,3	19915,93	1	19915,93	19915,93	42454,623	0,469
11	314,7	20801,67	0,531	11045,69	30959,30	42454,623	0,729
10	335	22143,50	-0,198	-4384,41	26567,28	57227,542	0,464
9	346,7	22916,87	-0,663	-15193,89	11392,94	63957,936	0,178
8	346,7	22916,87	-0,841	-19873,09	-7880,03	71764,138	-0,120
7	358,4	23690,24	-0,731	-17317,57	-25191,77	87959,77	-0,286
6	367	24258,70	-0,444	-10770,86	-35971,20	87959,77	-0,409
5	370,4	24483,44	-0,035	-856,92	-36837,98	87959,77	-0,419
4	481	31794,10	0,383	12177,14	-24648,04	42381,936	-0,582
3	594,3	39283,23	0,965	37908,32	13259,17	46392,331	+0,286
2	433	28621,30	0,679	19433,86	32697,80	61509,952	0,532
1	370	24457,00	0,148	3619,64	36307,20	246446,163	0,147

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,010$$

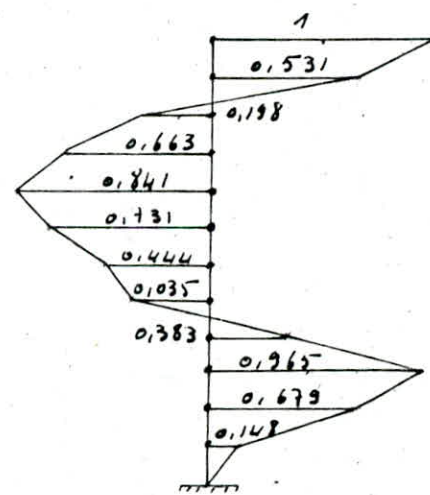
1^{er} mode



2^{ème} mode



3^{ème} mode



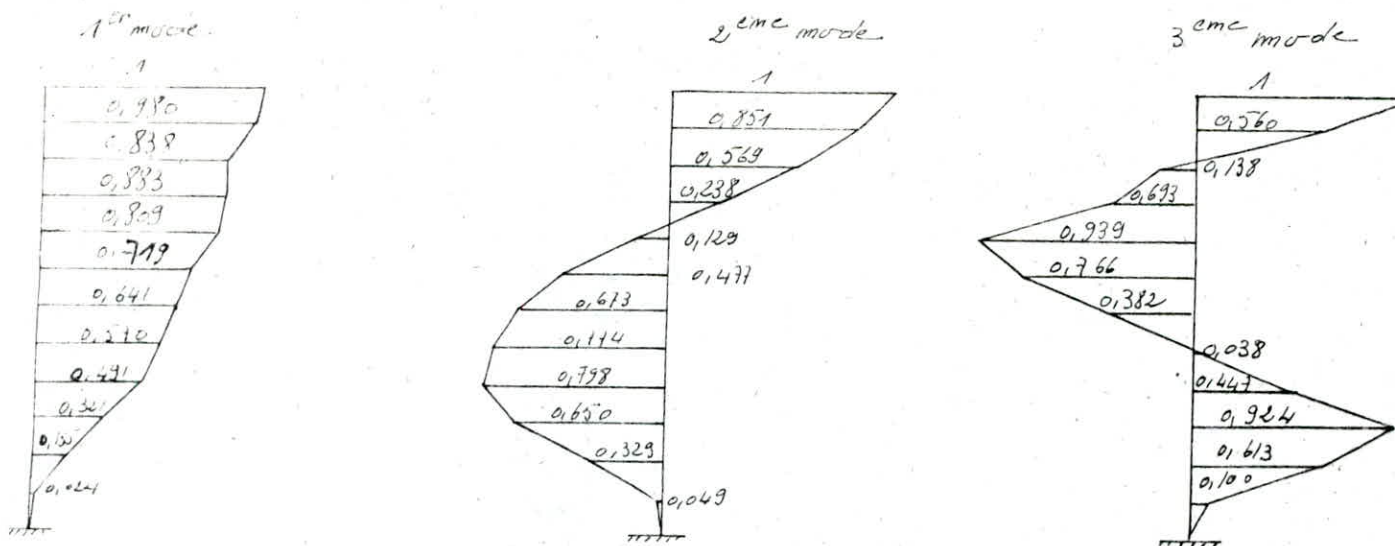
Calcul de la période dans le sens transversal.

Le même procédé itératif fait pour le sens longitudinal, on calculera ainsi les périodes des 3 modes et les trois formes propres associées, on obtiens les résultats suivantes.

1^{er} mode : $\omega_1^v = 25 \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_1} = 1,257s$

2^{ème} mode : $\omega_2^v = 182 \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_2} = 0,466s$

3^{ème} mode : $\omega_3^v = 661 \Rightarrow T = \frac{2\pi}{\omega_3} = 0,271s$



EVALUATION des Forces sismiques

L'évaluation des forces sismiques sera faite suivant la méthode simplifiée d'analyse nodale préconisée par le R.P.A 81. Ce choix n'est pas aléatoire, il est dû au fait que notre structure est souple dans les deux sens. Cette méthode nous permet une approche précise. L'une des caractéristiques de cette méthode est la prise en compte des modes supérieurs (2^e et 3^e). Ainsi la sollicitation totale agissant, à chaque niveau résultera de la combinaison des réponses nodales. Sachant que les différents modes ne sont pas en phase, une addition arithmétique des modes conduirait à des valeurs de réponses assez élevées. Afin de tenir compte de cette différence de phase, on procédera à une superposition quadratique. Nous avons à calculer la force sismique suivante :

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

K : indice de niveau

i : mode de vibration $i = 1, 2, 3$

F_{ki} : force sismique de calcul du mode i

Dans les deux sens on procédera ainsi.

$$\left. \begin{array}{l} T_1 \longrightarrow F_{k1} \\ T_2 \longrightarrow F_{k2} \\ T_3 \longrightarrow F_{k3} \end{array} \right\} \longrightarrow F_k = \sqrt{F_{k1}^2 + F_{k2}^2 + F_{k3}^2}$$

1) Force sismique de calcul : $F_{ki} = \Gamma_i W_k (A \cdot B \cdot D_i \cdot C) \cdot X_{ki}$
 Γ_i : Facteur de contribution du mode i

W_k : poids revenant au plancher k .

X_{ki} : Composante du vecteur propre.

A : Coefficient d'accélération de zone.

D_i : facteur d'amplification dynamique.

B : facteur de comportement de la structure.

C : facteur de qualité du système de contreventement.

2) Calcul des différents coefficients

$$A = 0,15 \quad (\text{Groupe d'usage 2, Zone II})$$

$$B = 0,25 \quad (\text{structure en portique antistatique})$$

$$C = 1,4 \quad C = 1 + \sum P_q \quad (P_q : \text{Parasites})$$

Calcul du facteur de contribution du mode i

$$\Gamma_i = \frac{\sum W_k X_{ki}}{\sum W_k X_{ki}^2}$$

Niv	1 ^{er} MODE				2 ^{em} MODE			3 ^{em} MODE		
	W_i (t)	X_{ki}	$W_k X_{ki}$ _{10³}	$W_k X_{ki}^2$	X_{k2}	$W_k X_{k2}$	$W_k X_{k2}^2$	X_{k3}	$W_k X_{k3}$	$W_k X_{k3}^2$
12	301,3	1	301,3	301,30	1	301,30	301,30	1	301,30	301,30
11	314,7	0,978	307,25	297,94	0,827	260,26	215,83	0,531	167,11	88,73
10	335	0,934	312,75	292,21	0,504	168,84	85,10	-0,198	-66,33	13,13
9	346,7	0,883	306,14	270,32	0,193	66,91	12,91	-0,663	-229,86	152,40
8	346,7	0,824	285,68	235,40	-0,111	-38,48	4,27	-0,841	-291,57	245,21
7	358,4	0,759	272,03	206,47	-0,369	-132,25	48,80	-0,731	-261,99	191,51
6	367	0,696	253,43	177,78	-0,583	-213,96	124,74	-0,444	-162,95	72,35
5	370,4	0,624	230,78	144,07	-0,661	-244,83	161,84	-0,035	-12,96	0,45
4	481	0,542	261,66	142,35	-0,712	-342,47	243,84	0,383	184,29	70,56
3	594,3	0,358	212,76	76,17	-0,619	-367,87	227,71	0,965	573,5	553,43
2	433	0,178	75,78	13,26	-0,341	-147,68	50,35	0,679	294,01	199,63
1	370	0,033	12,21	0,40	-0,073	-27,01	1,97	0,148	54,76	8,10
		Σ	2834,96	2157,70	Σ	-717,21	1478,06	Σ	549,84	1896,80

$$\Gamma_1 = 1,313$$

$$\Gamma_2 = -0,485$$

$$\Gamma_3 = 0,290$$

Calcul des coefficients D_i

$$T_1 = 1,128 \text{ s}$$

$$D_1 = 1,332 \text{ (1^{er} mode)}$$

$$T_2 = 0,402 \text{ s}$$

$$D_2 = 2 \text{ (2^{em} mode)}$$

$$T_3 = 0,010 \text{ s}$$

$$D_3 = 2 \text{ (3^{em} mode)}$$

Calcul des Forces sismiques

$$F_{k1}, F_{k2}, F_{k3}$$

$$F_{ki} = \Gamma_i A B D C W_k X_{ki}$$

Niv	$\Gamma_i (A \cdot B \cdot D) \cdot \frac{C}{W_k}$	X_{ki}	$F_{ki} (t)$	$\Gamma_i (A \cdot B \cdot D) \cdot \frac{C}{W_k}$	X_{k2}	$F_{k2} (t)$	$\Gamma_i (A \cdot B \cdot D) \cdot \frac{C}{W_k}$	X_{k3}	$F_{k3} (t)$
12	29,64	1	29,64	-16,43	1	-16,43	9,83	1	9,83
11	30,36	0,978	30,28	-17,17	0,827	-14,20	10,27	0,531	5,45
10	32,36	0,934	30,78	-18,28	0,504	-9,21	10,93	-0,198	-2,17
9	34,11	0,883	30,12	-18,92	0,193	-3,65	11,31	-0,663	-7,50
8	34,11	0,824	28,11	-18,92	-0,111	2,10	11,31	-0,841	-9,51
7	35,26	0,759	26,76	-19,56	-0,369	7,22	11,69	-0,731	-8,55
6	36,11	0,696	25,13	-20,02	-0,583	11,67	11,97	-0,444	-5,32
5	36,44	0,624	22,74	-20,21	-0,661	13,36	12,08	-0,035	-0,42
4	47,32	0,542	25,65	-26,25	-0,712	18,69	15,69	0,383	6,01
3	58,47	0,358	20,93	-32,43	-0,619	20,07	19,39	0,965	18,71
2	42,60	0,178	7,58	-23,63	-0,341	8,06	14,13	0,679	9,59
1	36,40	0,033	1,20	-20,19	-0,073	1,47	12,07	0,148	1,79

Calcul de la force sismique résultante $F_k(t)$

Niv	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_{k1}	29,64	30,28	30,78	30,12	28,11	26,76	25,13	22,74	25,65	20,93	7,58	1,2
F_{k2}	-16,43	-14,20	-2,21	-3,65	2,10	7,22	11,67	13,36	18,69	20,07	8,06	1,47
F_{k3}	9,83	5,45	-2,17	-7,50	-2,51	-8,55	-5,22	-0,42	6,01	18,71	2,59	1,75
F_k	35,29	33,88	32,20	31,25	29,75	29,00	28,21	26,37	32,30	34,51	14,64	3,6

Sens transversal

$\Gamma_1 = 1,355$ $A = 0,15$
 $\Gamma_2 = 0,482$ $B = 0,25$
 $\Gamma_3 = 0,278$ $\alpha = 1,4$

Le procédé concernant la détermination de la force sismique est le même que celui décrit précédemment.

Niv	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
F_{k1}	27,03	27,66	25,18	27,46	25,16	23,12	21,10	18,94	21,19	17,11	6,02	0,80
F_{k2}	15,25	13,55	9,65	4,18	-2,26	-8,65	-12,50	-14,51	-19,43	-19,55	-7,21	-0,92
F_{k3}	8,79	5,14	-1,35	-7,01	-9,50	-8,01	-4,09	0,41	6,28	16,03	7,75	1,08
F_k	32,26	31,23	27,00	28,65	26,99	25,95	24,87	23,86	29,42	30,53	12,5	1,63

Détermination des efforts Tranchants de Niveau

Sait F_1, F_2, \dots, F_n les forces sismiques calculées, à chaque niveau et dans chaque sens selon le R.P.A. 81.

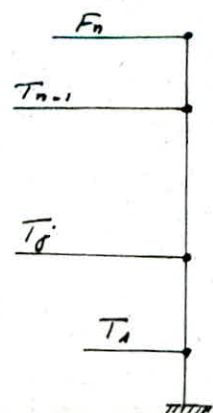
L'effort tranchant revenant à chaque niveau est:

$T_n = F_n$

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

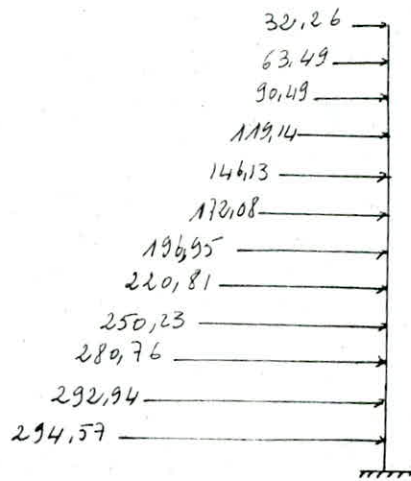
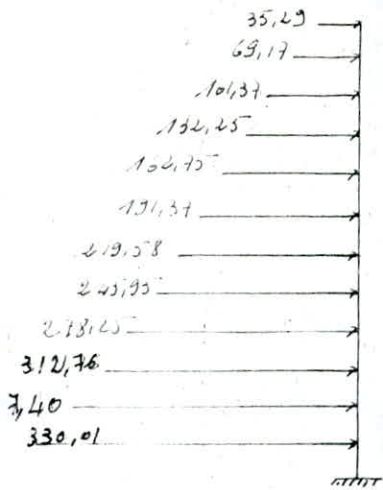
$T_j = F_n + F_{n-1} + \dots + F_j$

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



sens Long

sens trans



efforts tranchants à chaque niveau

effort tranchant à chaque niveau

DEFORMATIONS HORIZONTALES

Sous l'action des forces horizontales, notre structure subira des déformations horizontales (déplacements horizontaux). Afin d'éviter les désordres dans les éléments de remplissage ainsi que de contraintes dans le système de contreventement, le RPA.88 a spécifié (Art. 33.7A) que le déplacement calculé à partir des forces latérales spécifiées doit être multiplié par (1.0/B) pour obtenir le déplacement relatif. Ainsi les déplacements relatifs latéraux d'un étage par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser 0,0075 fois la hauteur de l'étage.

Nous avons

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

δ_k : déplacement du niveau k par rapport à k-1.

T_k : effort tranchant revenant au niveau k

B: facteur de comportement de la structure

a) sens Longitudinal

$$\delta_k = 0,0075 \times h = 0,0075 \times 306 = 2,295$$

Niv	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T_k	35,29	69,17	101,37	132,25	162,75	191,37	219,58	245,95	278,25	312,76	327,40	330,01
$R_k(B)$	424546	424546	572275	639579	717641	879597	879597	879597	423819	463923	615099	24644
δ_k	0,166	0,326	0,538	0,413	0,454	0,435	0,499	0,559	1,313	1,348	1,064	0,268
$\delta_k(h)$	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	3,450	3,450	3,045	2,295

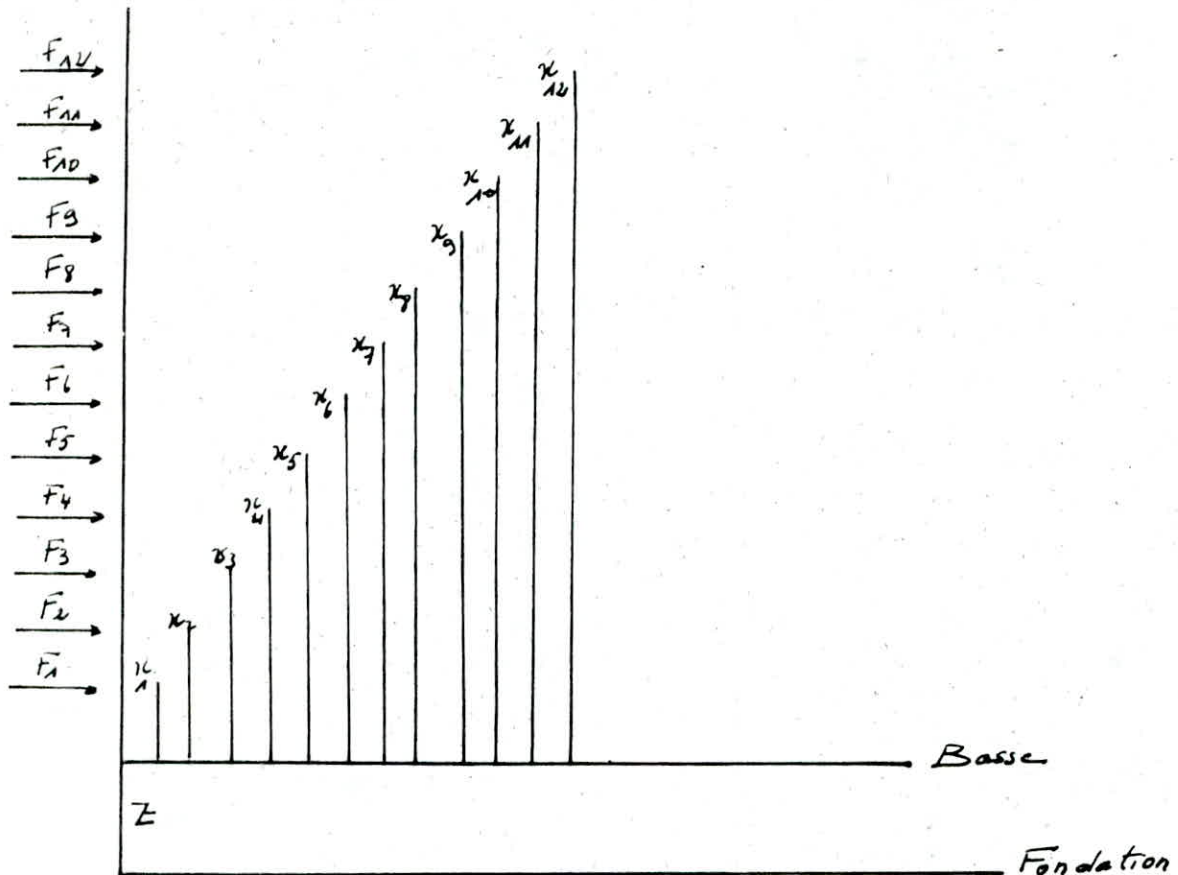
b) sens Transversal

Niv	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T_k	32,26	63,49	90,49	119,14	146,13	172,08	196,95	220,81	250,23	280,76	292,94	294,57
$R_k(B)$	367505	367505	417400	417400	417400	571480	701953	701953	360069	397077	518236	315593
δ_k	0,176	0,536	0,434	0,571	0,700	0,602	0,561	0,629	1,390	1,414	1,130	0,187
δ_k	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	2,295	3,450	3,450	3,045	2,295

Vérification au non renversement

Tout bâtiment sainement conçu doit résister aux effets de renversement qui peuvent être dus soit au séisme, soit au vent.

Moment de renversement = M^t ext. en console (Base) + $H \cdot Z$.



- Moment en console (Base) = $\sum_{i=1}^{12} F_i x_i$
- effort tranchant à la base $H = \sum F_i$
- M^t Résistant = $(\sum w_i) \times b$

$$b = \frac{L}{2}$$

sens transversal.

$$b = \frac{L}{2} = 5,10 \text{ m}$$

$$\sum_{i=1}^{12} F_i x_i + H \cdot Z = 8606,15 \text{ t.m}$$

$$M^t \text{ Résistant} = (\sum w_i) \times \frac{L}{2} = 23554,4 \text{ t.m}$$

$$M^t \text{ Résistant} > 1,5 M^t \text{ renversant}$$

sens Longitudinal. $\frac{L}{2} = 27,2/2 = 13,6 \text{ m} \Rightarrow \sum_{i=1}^{12} F_i x_i + H \cdot Z = 9530 \text{ t.m}$

$$M^t \text{ Résistant} = (\sum w_i) \times \frac{L}{2} = 62812 \text{ t.m}$$

$$M^t \text{ Résistant} > 1,5 M^t \text{ renversant}$$

CALCUL DES EFFORTS SOUS
LES CHARGES HORIZONTALES
Méthode de MUTO

Pour la détermination des efforts dans les différents éléments (poteau, poutres) sous les sollicitations dues aux charges horizontales. On utilise la méthode de monsieur MUTO.

ETAPES A SUIVRE :

Répartir les efforts tranchants de niveau pour les différents portiques:

Portiques Longitudinaux $T_{jx} = T_j \cdot \frac{R_j^L}{\sum_{i=1} R_j^L} + T_j \cdot y_G \cdot \frac{R_j^L}{R_j^0} \cdot y$

Portiques Transversaux : $T_{jy} = T_j \cdot \frac{R_j^T}{\sum_{i=1} R_j^T} + T_j \cdot x_G \cdot \frac{R_j^T}{R_j^0} \cdot x$

R_j^L : rigidité de niveau d'un portique longitudinal.

R_j^T : rigidité de niveau d'un portique transversal.

R_j^0 : rigidité de niveau à la Torsion.

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

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

x_G : distance du centre de masse au centre de torsion.
(excentricité accidentelle)

y_G : excentricité accidentelle.

x : distance d'un portique transversal au centre de torsion.

y : distance d'un portique longitudinal au centre de torsion.

Calculer l'effort tranchant revenant à chaque poteau dans chaque sens

$$T_j^{(i)} = \frac{a_j^{(i)} K_j^{(i)}}{D_j} T_j$$

$T_j^{(i)}$: effort tranchant revenant au poteau i du niveau j .

$a_j^{(i)}$: coefficient de correction donné selon Muto.

$K_j^{(i)}$: rigidité du poteau i du niveau j .

T_j : effort tranchant revenant au portique considéré du niveau j .

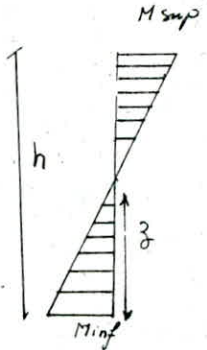
$$D_j = \sum a_i^{(i)} K_j^{(i)}$$

Calculer les moments fléchissants dans les poteaux :

- $M_{sup} = t_j^{(i)} (h-z)$ avec $z = y \cdot h$

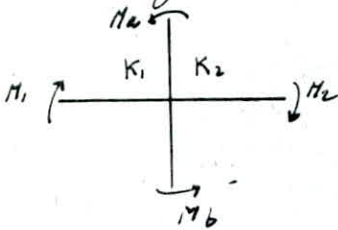
- $M_{inf} = t_j^{(i)} \cdot z$

et $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$
 les coefficients y_0, y_1, y_2, y_3
 sont donnés dans le livre
 (Conception et calcul des structures
 soumises au séisme)



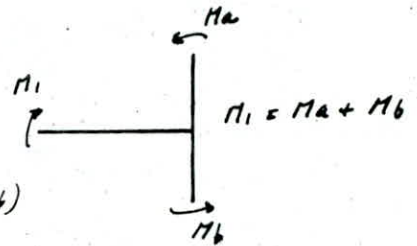
Calcul des moments fléchissants dans les poutres.

Dans un nœud, le moment résultant des poteaux aboutissant à ce nœud est réparti entre les poutres proportionnellement à leurs rigidités linéaires.



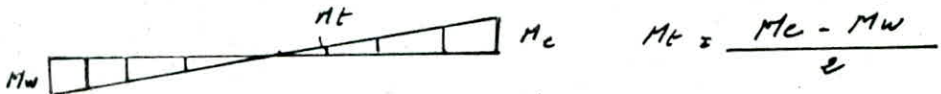
$$M_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} (M_a + M_b)$$

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



Calcul des moments en travées dans les poutres.

Sous l'action d'une force latérale le diagramme des moments fléchissants dans une poutre est linéaire.



Efforts tranchants dans les poutres

$$T \cdot l + M_w + M_c = 0$$

$$T = - \frac{M_w + M_c}{l}$$



T étant constant le long de la poutre. Ayant dessiné Mw et Mc dans le sens où ils s'exercent réellement donc

$$T = \frac{-|M_w| + |M_c|}{l}$$

Calcul des efforts normaux dans les poteaux.

les efforts tranchants s'exerçant aux nœuds des poutres se transmettent comme des efforts normaux dans les poteaux.

$$N = T_i + T_j$$

- Cet effort normal est réversible selon que le séisme agit dans un sens ou dans l'autre.

REPARTITION DES EFFORTS TRANCHANTS
AUX PORTIQUES LONGITUDINAUX

NIV	$T_{jx}(t)$	$\sum R_{jx}^e (kg/m)$	$R_{jx}^0 (kg/m)$	Portique	$R_{jx}^e (kg/m)$	$y_j (m)$	$\frac{T_{jx} R_{jx}^e}{\sum R_{jx}^e}$	$\frac{T_{jx} R_{jx}^e}{R_{jx}^0}$	$T_{jx}(k)$
12	35,23	424546,23	8,560	A-A	141515,41	-6,46	11,76	0,05	11,81
				B-B	141515,41	-1,36	11,76	0,02	11,78
				C-C	141515,41	3,74	11,76	-0,03	11,76
11	69,17	424546,23	8,560	A-A	141515,41	-6,46	22,75	0,10	22,85
				B-B	141515,41	-1,36	22,75	0,02	22,78
				C-C	141515,41	3,74	22,75	-0,06	22,75
10	101,37	572275,42	10,632	A-A	184035,55	-6,46	31,71	0,15	31,85
				B-B	204204,32	-1,36	35,18	0,03	35,21
				C-C	184035,55	3,74	31,71	-0,03	31,71
9	132,25	639579,36	11,821	A-A	204499,49	-6,46	40,88	0,13	41,08
				B-B	230580,38	-1,36	46,10	0,04	46,14
				C-C	204499,49	3,74	40,88	-0,12	40,88
8	162,15	717641,38	20,048	A-A	228245,68	-6,46	49,64	0,15	49,80
				B-B	26150,02	-1,36	56,79	0,04	56,83
				C-C	228245,68	3,74	49,64	-0,09	49,64
7	191,37	879597,7	16,716	A-A	290052,89	-6,46	60,66	0,28	60,94
				B-B	299491,92	-1,36	62,63	0,06	62,69
				C-C	290052,89	3,74	60,66	-0,16	60,64
6	219,58	879597,7	16,716	A-A	290052,89	-6,46	69,77	0,32	70,09
				B-B	299491,92	-1,36	72,03	0,07	72,10
				C-C	290052,89	3,74	69,77	-0,13	69,77
5	245,95	879597,7	16,716	A-A	290052,89	-6,46	78,41	0,36	78,76
				B-B	299491,92	-1,36	80,95	0,08	81,04
				C-C	290052,89	3,74	78,41	-0,21	78,41
4	278,25	423819,36	7,723	A-A	133399,10	-6,46	85,27	0,41	85,68
				B-B	157021,16	-1,36	100,37	0,10	100,47
				C-C	133399,10	3,74	85,27	-0,24	85,27
3	312,76	467923,31	8,411	A-A	145184,13	-6,46	96,65	0,47	96,48
				B-B	173557,05	-1,36	115,54	0,12	115,66
				C-C	145184,13	3,74	96,65	-0,27	96,65
2	327,40	615099,52	11,211	A-A	193630,50	-6,46	102,41	0,49	102,91
				B-B	227838,52	-1,36	120,57	0,12	120,63
				C-C	193630,50	3,74	102,41	-0,29	102,41
1	330,01	246446,63	39,424	A-A	670221,86	-6,46	89,29	0,49	89,77
				B-B	1124017,91	-1,36	149,74	0,17	149,91
				C-C	670221,86	3,74	89,29	-0,28	89,24

EFFORTS TRANCHANTS Dans les Poteaux

Portique B.B (LONGITUDINAUX)

Niv	T _j	ΣK _p		B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈
12	11,78	141515,41	a _j K _j	12021,68	20436,85	18633,60	19835,77	19835,77	18633,60	20436,85	12021,68
			t _j	1,00	1,75	1,54	1,64	1,64	1,54	1,75	1,00
11	22,78	141515,41	a _j K _j	12021,68	20436,85	18633,60	19835,77	19835,77	18633,60	20436,85	12021,68
			t _j	1,93	3,29	3,00	3,19	3,19	3,00	3,29	1,93
10	35,21	204204,3	a _j K _j	17097,50	30775,49	27355,99	29065,74	29065,74	27355,99	30775,49	17097,50
			t _j	2,95	5,31	4,72	5,01	5,01	4,72	5,31	2,95
9	46,14	230580,38	a _j K _j	18807,25	34194,99	30775,49	32485,24	32485,24	30775,49	34194,99	18807,25
			t _j	3,76	5,84	6,16	6,50	6,50	6,16	5,84	3,76
8	56,83	261100,02	a _j K _j	22226,74	37614,49	34194,99	37614,49	37614,49	34194,99	37614,49	22226,74
			t _j	4,84	8,19	7,44	8,19	8,19	7,44	8,19	4,84
7	62,63	299491,9	a _j K _j	25931,20	43883,57	39894,16	43883,57	43883,57	39894,16	43883,57	25931,20
			t _j	5,43	9,18	8,35	9,18	9,18	8,35	9,18	5,43
6	70,10	299491,9	a _j K _j	23936,49	43883,57	39894,16	41888,87	41888,87	39894,16	43883,57	23936,49
			t _j	5,76	10,57	9,61	10,09	10,09	9,61	10,57	5,76
5	81,04	299491,9	a _j K _j	23936,49	43883,57	39894,16	41888,87	41888,87	39894,16	43883,57	23936,49
			t _j	6,48	11,87	10,80	11,33	11,33	10,80	11,87	6,48
4	100,47	157621,2	a _j K _j	3187,05	22777,63	20379,98	21578,81	21578,81	20379,98	22777,63	3187,05
			t _j	8,44	14,57	13,04	13,80	13,80	13,04	14,57	8,44
3	115,66	173577,11	a _j K _j	14385,87	25175,27	22777,63	23976,45	23976,45	22777,63	25175,27	14385,87
			t _j	9,59	16,77	15,18	15,98	15,98	15,18	16,77	9,59
2	120,63	227838,5	a _j K _j	19179,75	33128,66	29641,41	31385,05	31385,05	29641,41	33128,66	19179,75
			t _j	10,16	17,54	15,73	16,61	16,61	15,73	17,54	10,16
1	149,91	81047,2	a _j K _j	126248	146611,03	142538,5	146611,03	146611,03	142538,5	146611,03	126248
			t _j	16,84	19,55	19,01	19,55	19,55	19,01	19,55	16,84

NIV	Poteau	T _f	γ	z = γh	h-z	M _{sup} (bn)	M _{inf} (bn)
12	B ₁	1,00	0,25	0,764	2,295	2,30	0,76
	B ₂	1,75	0,35	1,071	1,989	3,48	1,87
	B ₃	1,54	0,35	1,071	1,989	3,06	1,65
	B ₄	1,64	0,35	1,071	1,989	3,26	1,76
11	B ₁	1,93	0,35	1,071	1,989	3,84	2,07
	B ₂	3,29	0,40	1,223	1,836	6,04	4,02
	B ₃	3,00	0,40	1,223	1,836	5,51	3,67
	B ₄	3,19	0,40	1,223	1,836	5,86	3,91
10	B ₁	2,95	0,38	1,162	1,897	5,60	3,43
	B ₂	5,31	0,47	1,438	1,621	8,61	5,64
	B ₃	4,72	0,44	1,346	1,713	8,09	6,36
	B ₄	5,01	0,47	1,438	1,621	8,13	7,21
9	B ₁	3,76	0,35	1,071	1,989	7,48	4,03
	B ₂	5,84	0,45	1,377	1,683	9,83	8,04
	B ₃	6,16	0,40	1,223	1,836	11,31	7,54
	B ₄	6,50	0,45	1,377	1,683	10,94	8,95
8	B ₁	4,84	0,50	1,530	1,530	7,41	7,41
	B ₂	8,19	0,45	1,377	1,683	13,78	11,28
	B ₃	7,44	0,45	1,377	1,683	12,52	10,24
	B ₄	8,19	0,45	1,377	1,683	13,78	11,28
7	B ₁	5,43	0,57	1,744	1,315	7,14	9,47
	B ₂	9,18	0,56	1,560	1,499	13,76	14,32
	B ₃	8,35	0,52	1,591	1,468	12,26	13,29
	B ₄	9,18	0,52	1,591	1,468	13,483	14,607
6	B ₁	5,76	0,45	1,377	1,683	9,694	7,931
	B ₂	10,57	0,45	1,377	1,683	17,789	14,554
	B ₃	9,61	0,45	1,377	1,683	16,173	13,23
	B ₄	10,09	0,45	1,377	1,683	16,98	13,89
5	B ₁	6,48	0,5	1,53	1,53	9,91	9,91
	B ₂	11,87	0,45	1,377	1,683	19,977	16,34
	B ₃	10,80	0,45	1,377	1,683	18,18	14,87
	B ₄	11,33	0,45	1,377	1,683	19,07	15,61
4	B ₁	8,44	0,52	2,391	2,208	18,63	20,18
	B ₂	14,57	0,50	2,300	2,300	33,51	33,51
	B ₃	13,04	0,50	2,300	2,300	29,99	29,99
	B ₄	13,80	0,52	2,391	2,208	30,47	33,09
3	B ₁	9,59	0,56	2,576	2,024	19,41	24,703
	B ₂	16,77	0,50	2,299	2,300	38,57	38,57
	B ₃	15,18	0,50	2,299	2,300	34,91	34,91
	B ₄	15,98	0,50	2,300	2,300	36,75	36,75
2	B ₁	10,16	0,71	2,882	1,177	11,96	29,28
	B ₂	17,54	0,59	2,395	1,664	29,197	42,015
	B ₃	15,73	0,57	2,314	1,745	27,46	36,40
	B ₄	16,61	0,57	2,314	1,745	28,99	38,43

Portique Longitudinal B-B

Niv	Portique	T_j	y	$z = y/h$	$h - z$	M_{sup} (t.m)	M_{inf} (t.m)
1	B_1	16,84	1,01	3,365	-0,306	-5,15	56,68
	B_2	19,55	0,86	2,631	0,426	8,37	51,44
	B_3	19,01	0,94	2,876	0,183	3,49	54,68
	B_4	19,55	0,87	2,662	0,397	7,77	52,046

Calcul des moments en travée du Portique Longitudinal B-B

On opère de la même manière que précédemment c-à-d (voir calcul du moment en travée du Portique Longitudinal A-A)

Niveau travée	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1-2	0,42	0,58	0,88	1,85	0,57	1,32	2,06	0,78	2,41	2,84	2,05	0,02
2-3	0,08	0,07	-0,07	-1,03	-0,08	0,06	-0,09	-0,02	0,11	0,15	-0,25	1,86
3-4	0,02	0,15	0,31	0,41	0,08	0,21	0,42	0,61	1,05	0,82	1,04	-0,52
4-5	0,03	0,05	0,07	0,10	0,13	0,14	0,18	0,19	0,26	0,68	0,39	-0,01

Portique Longitudinal B-B sous (E)

Niv	Travée	M _{sup} w Poteau	M _{inf} w Poteau	M _w	M _{sup} e Poteau	M _{inf} e Poteau	M _e	T	N cumulé
12	1-2	/	2,30	2,30	/	3,48	-1,74	-1,12	1,12
	2-3	/	3,48	1,74	/	3,06	-1,74	-0,97	-0,15
	3-4	/	3,06	1,32	/	3,26	-1,127	-0,54	-0,43
	4-5	/	3,26	1,99	/	X	X	-1,27	-0,73
11	1-2	0,76	3,84	4,6	1,87	6,04	-3,96	-2,38	3,50
	2-3	1,97	6,04	3,95	1,65	5,51	-4,08	-2,23	-0,30
	3-4	1,65	5,51	3,08	1,76	5,86	-2,97	-1,26	-1,40
	4-5	1,76	5,86	4,65	X	X	X	-2,97	-2,44
10	1-2	2,07	5,60	7,67	4,02	8,61	-5,86	-3,88	7,38
	2-3	4,02	8,61	6,32	3,67	8,09	-6,70	-3,61	-0,57
	3-4	3,67	8,09	5,06	3,91	8,13	-4,69	-2,03	-2,98
	4-5	3,91	8,13	7,35	X	X	X	-4,70	5,11
9	1-2	3,43	7,48	10,91	5,64	9,83	-7,73	-5,18	12,56
	2-3	5,64	9,83	7,74	6,36	11,31	-10,07	-4,95	-0,78
	3-4	6,36	11,31	7,60	7,21	10,94	-7,08	-3,06	-4,87
	4-5	7,21	10,94	11,07	X	X	X	-7,08	9,13
8	1-2	4,03	7,41	11,44	8,04	13,78	-10,91	-6,21	12,77
	2-3	8,04	13,78	10,91	7,54	12,52	-11,43	-6,21	-0,80
	3-4	7,54	12,52	8,63	8,95	13,78	-8,87	-3,64	-7,44
	4-5	8,95	13,78	13,86	X	X	X	-8,86	14,35
7	1-2	7,41	7,14	14,55	11,28	13,76	-12,52	-7,52	26,29
	2-3	11,28	13,76	12,52	10,24	12,26	-12,82	-7,04	-1,28
	3-4	10,24	12,26	9,68	11,28	13,48	-9,66	-4,03	-10,44
	4-5	11,28	13,48	15,10	X	X	X	-9,65	19,97
6	1-2	9,47	9,69	19,17	14,32	17,78	-16,05	-9,78	36,08
	2-3	14,32	17,78	16,05	13,29	16,17	-16,80	-9,12	-1,94
	3-4	13,29	16,17	12,66	14,60	16,98	-12,31	-5,21	-14,37
	4-5	14,60	16,98	19,27	X	X	X	-12,32	27,09
5	1-2	7,93	9,91	17,84	14,55	19,97	-17,26	-9,75	45,82
	2-3	14,55	19,97	17,26	13,23	18,18	-17,90	-9,76	-1,92
	3-4	13,23	18,18	13,51	13,89	19,07	-12,85	-5,49	-18,64
	4-5	13,89	19,07	20,11	X	X	X	-12,85	34,145
4	1-2	9,91	18,63	28,54	16,34	33,51	-24,92	-14,85	60,67
	2-3	16,34	33,51	24,92	14,87	29,99	-25,58	-14,02	-2,74
	3-4	14,87	29,99	19,28	15,61	30,47	-17,97	-7,76	-34,90
	4-5	15,61	30,47	28,11	X	X	X	-17,97	44,62
3	1-2	20,18	19,41	39,59	33,51	38,57	-36,04	-21,00	81,68
	2-3	33,51	38,57	36,04	29,99	34,91	-36,99	-20,28	-3,46
	3-4	29,99	34,91	27,91	33,09	36,75	-27,24	-11,48	-33,70
	4-5	33,09	36,75	42,60	X	X	X	-27,24	60,41
2	1-2	24,71	11,96	36,03	38,57	29,19	-33,88	-19,42	101,10
	2-3	38,57	29,19	33,88	34,91	27,46	-35,56	-19,28	-3,60
	3-4	34,91	27,46	26,81	36,75	28,99	-25,63	-10,92	-42,07
	4-5	36,75	28,99	40,11	X	X	X	-25,63	75,12
1	1-2	29,28	-5,15	34,13	42,01	8,37	-25,19	13,70	114,80
	2-3	42,01	8,37	25,19	36,40	3,49	-22,79	-13,33	-3,97
	3-4	36,40	3,49	17,10	38,43	7,78	-18,13	-7,34	-48,06
	4-5	38,43	7,78	28,08	X	X	X	-18,12	95,90

REPARTITION des efforts TRANCHANTS
aux Portiques Transversaux

NIV	$Z_{d,i}$	ΣR_j^t (kg/m)	R_j^0 (kg/m)	Portique	R_j^t (kg/m)	X_j (m)	$\frac{Z_j R_j^t}{\Sigma R_j^t}$	$Z_j \times \frac{R_j^t}{R_j^0} \times \frac{1}{X_j}$	T_j (t)
10	32,26	367505,68	8,56	1-1	45938,21	14,91	4,03	3,51	7,57
				2-2	"	11,31	4,03	2,66	6,69
				3-3	"	7,71	4,03	1,82	5,85
				4-4	"	2,91	4,03	0,68	4,71
11	63,43	367505,68	8,56	1-1	"	14,91	7,94	6,91	14,85
				2-2	"	11,31	7,94	5,24	13,18
				3-3	"	7,71	7,94	3,57	11,51
				4-4	"	2,91	7,94	1,35	9,29
10	90,49	417400,08	10,63	1-1	52175,01	14,91	11,31	9,01	20,32
				2-2	"	11,31	11,31	6,83	18,14
				3-3	"	7,71	11,31	4,66	15,97
				4-4	"	2,91	11,31	1,76	13,07
9	113,14	417400,08	11,82	1-1	"	14,91	14,89	10,66	25,55
				2-2	"	11,31	14,89	8,09	22,98
				3-3	"	7,71	14,89	5,51	20,40
				4-4	"	2,91	14,89	2,08	16,97
8	146,13	417400,08	20,05	1-1	"	14,91	18,27	7,71	25,98
				2-2	"	11,31	18,27	5,85	24,12
				3-3	"	7,71	18,27	3,99	22,26
				4-4	"	2,91	18,27	1,51	19,78
7	172,08	57148956	16,72	1-1	71435,07	14,91	21,51	14,91	36,42
				2-2	"	11,31	21,51	11,31	32,82
				3-3	"	7,71	21,51	7,71	29,22
				4-4	"	2,91	21,51	2,91	24,42
6	196,95	701953,6	16,72	1-1	97744,2	14,91	24,62	20,96	45,58
				2-2	"	11,31	24,62	15,90	40,52
				3-3	"	7,71	24,62	10,84	35,42
				4-4	"	2,91	24,62	4,09	28,71
5	220,81	701953,6	16,72	1-1	"	14,91	27,60	23,50	51,10
				2-2	"	11,31	27,60	17,82	45,20
				3-3	"	7,71	27,60	12,15	39,75
				4-4	"	2,91	27,60	4,59	32,19
4	250,23	360069,52	7,72	1-1	45008,69	14,91	31,28	29,58	60,86
				2-2	"	11,31	31,28	22,44	53,72
				3-3	"	7,71	31,28	15,30	46,58
				4-4	"	2,91	31,28	5,77	37,05
3	280,76	397077,6	8,41	1-1	49634,70	14,91	35,09	33,60	68,69
				2-2	"	11,31	35,09	15,49	60,58
				1-3	"	7,71	35,09	17,37	52,46
				4-4	"	2,91	35,09	6,56	41,65
2	292,94	518236,32	11,21	1-1	64779,54	14,91	36,62	34,33	70,95
				2-2	"	11,31	36,62	26,04	62,66
				3-3	"	7,71	36,62	17,75	54,37
				4-4	"	2,91	36,62	5,70	43,32
1	294,57	3152935,2	39,42	1-1	394491,9	14,91	36,82	59,78	96,60
				2-2	"	11,31	36,82	45,34	82,16
				3-3	"	7,71	36,82	30,91	67,73
				4-4	"	2,91	36,82	11,67	48,49

Effort tranchants dans les poteaux
Portique 3-3 transversal

Niv	T _{fx}	Σ a K _p		T ₁	T ₂	T ₃
12	5,85	45938,21	a _j K _j	12615,34	21520,29	12615,34
			t _j	1,61	2,74	1,61
11	11,51	45938,21	a _j K _j	12615,34	21520,29	12615,34
			t _j	3,16	5,39	3,16
10	17,97	52175,01	a _j K _j	12823,12	25646,24	12823,12
			t _j	3,95	7,76	3,95
9	20,40	52175,01	a _j K _j	12823,12	25646,24	12823,12
			t _j	5,10	10,03	5,10
8	22,26	52175,01	a _j K _j	12823,12	25646,24	12823,12
			t _j	5,47	10,94	5,47
7	29,22	71435,07	a _j K _j	18807,25	35295,25	18807,25
			t _j	7,69	14,41	7,69
6	35,42	87744,2	a _j K _j	22226,74	43440,31	22226,74
			t _j	8,97	17,53	8,97
5	39,75	87744,2	a _j K _j	22226,74	43440,31	22226,74
			t _j	10,07	19,67	10,07
4	46,58	45008,69	a _j K _j	11189,01	23780,73	11189,01
			t _j	11,58	24,61	11,58
3	52,46	49634,70	a _j K _j	11189,01	21799,00	11189,01
			t _j	14,71	23,04	14,71
2	57,37	64779,56	a _j K _j	17436,14	37469,91	17436,14
			t _j	15,44	26,49	15,44
1	67,73	39449,19	a _j K _j	89595,63	215428,45	89595,63
			t _j	15,38	36,99	15,38

moments flechissants dans les poteaux

NIV	Poteaux	T_f	γ	$z = \gamma h$	$h - z$	M_{sup} (tm)	M_{inf} (tm)
12	T_1	1,61	0,20	0,612	2,448	3,94	0,98
	T_2	2,74	0,30	0,918	2,142	5,86	2,51
	T_3	1,61	0,20	0,612	2,448	3,94	0,98
11	T_1	3,16	0,30	0,918	2,142	6,77	2,90
	T_2	5,39	0,40	1,224	1,84	9,89	6,60
	T_3	3,16	0,30	0,918	2,142	6,77	2,90
10	T_1	3,95	0,25	0,765	2,295	9,06	3,02
	T_2	7,76	0,35	1,071	1,989	15,44	8,10
	T_3	3,95	0,25	0,765	2,295	9,06	3,02
9	T_1	5,10	0,30	0,918	2,142	10,92	4,68
	T_2	10,03	0,40	1,224	1,836	18,42	12,28
	T_3	5,10	0,30	0,918	2,142	10,92	4,68
8	T_1	5,47	0,35	1,071	1,989	10,88	5,86
	T_2	10,94	0,47	1,438	1,622	17,74	15,173
	T_3	5,47	0,35	1,071	1,989	10,88	5,86
7	T_1	7,69	0,62	1,897	1,162	8,94	14,58
	T_2	14,41	0,65	1,989	1,071	15,43	28,66
	T_3	7,69	0,62	1,897	1,162	8,94	14,58
6	T_1	8,97	0,55	1,683	1,377	12,35	15,09
	T_2	17,53	0,46	1,407	1,652	28,97	24,67
	T_3	8,97	0,55	1,683	1,377	12,35	15,09
5	T_1	10,07	0,50	1,683	1,277	12,33	18,45
	T_2	19,67	0,49	1,499	1,560	30,69	29,49
	T_3	10,07	0,60	1,683	1,277	12,33	18,45
4	T_1	11,58	0,50	2,300	2,300	26,63	26,63
	T_2	24,61	0,52	2,392	2,208	54,34	58,86
	T_3	11,58	0,50	2,300	2,300	26,63	26,63
3	T_1	14,71	0,51	2,346	2,254	33,15	34,50
	T_2	23,04	0,54	2,484	2,116	48,75	57,23
	T_3	14,71	0,51	2,346	2,254	33,15	34,50
2	T_1	15,44	0,62	2,517	1,542	23,82	38,86
	T_2	26,49	0,76	3,086	0,974	25,81	81,73
	T_3	15,44	0,62	2,517	1,542	23,82	38,86
1	T_1	15,38	1,05	3,213	-0,153	-2,35	49,41
	T_2	36,79	1,11	3,366	-0,306	-11,32	124,50
	T_3	15,38	1,05	3,213	-0,153	-2,35	49,41

		Portique transversal						Sous (E)		
Niv	travée	M ^{sup} _{Poteau}	M ^{inf} _{Poteau}	M _W	M ^{sup} _{Poteau}	M ^{inf} _{Poteau}	M _e	T	N cumulé	
									1,16	
12	1-2	/	3,94	3,94	/	5,86	-1,97	-1,16	0	
	2-3	/	5,86	1,97	/	3,94	-3,94	-1,16	3,44	
11	1-2	0,98	6,77	7,75	2,51	9,89	-3,88	-2,28	0	
	2-3	2,51	9,89	3,88	0,98	6,77	-7,75	-2,28	6,96	
10	1-2	2,90	9,06	11,96	6,60	15,44	-5,98	-3,52	0	
	2-3	6,60	15,44	5,98	2,90	9,06	-11,96	-3,52	11,06	
9	1-2	3,02	10,92	13,94	8,10	18,42	-6,97	-4,10	0	
	2-3	8,10	18,42	6,97	3,02	10,92	-13,94	-4,10	15,64	
8	1-2	4,68	10,88	15,56	12,28	17,74	-7,78	-4,58	0	
	2-3	12,28	17,74	7,78	4,68	10,88	-15,56	-4,58	19,99	
7	1-2	5,86	8,94	14,80	15,73	15,43	-7,40	-4,35	0	
	2-3	15,73	15,43	7,40	5,86	8,94	-14,80	-4,35	27,91	
6	1-2	14,58	12,35	26,93	28,66	28,97	-13,47	-7,92	0	
	2-3	28,66	28,97	13,47	14,58	12,35	-26,93	-7,92	35,97	
5	1-2	15,09	12,33	27,42	24,67	30,69	-13,71	-8,06	0	
	2-3	24,67	30,69	13,71	15,09	12,33	-27,42	-8,06	49,23	
4	1-2	18,45	26,63	45,08	29,49	54,34	-22,54	-13,26	0	
	2-3	29,49	54,34	22,54	18,45	26,63	-45,08	-13,26	66,81	
3	1-2	26,63	33,15	59,78	58,86	48,75	-29,89	-17,59	0	
	2-3	58,86	48,75	29,89	26,63	33,15	-59,78	-17,59	83,96	
2	1-2	34,50	23,82	58,32	57,50	25,81	-29,16	-17,15	0	
	2-3	57,50	25,81	29,16	34,50	23,82	-58,32	-17,15	94,70	
1	1-2	38,86	-2,35	36,51	81,73	-11,32	-19,26	-10,74	0	
	2-3	81,73	-11,32	19,26	38,86	-2,35	-36,51	-10,74		

Calcul des moments en travées du portique transversal

La démarche à suivre pour le calcul des moments en travées est identique à celle des Portiques Longitudinaux

Niveau travée	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1-2	1,19	2,18	3,26	3,73	4,16	3,97	7,37	7,51	12,32	16,71	16,13	9,98
2-3	-1,19	-2,18	-3,26	-3,73	-4,16	-3,97	-7,37	-7,51	-12,32	-16,71	-16,13	-9,98

EFFORTS SOUS LES
CHARGES VERTICALES

METHODE DE CROSS

Nous exposons dans ce qui suit la "Méthode de Cross simplifiée", elle nous permet de calculer les efforts M.N.T dans les poutres et dans les poteaux et cela sous les charges verticales.

L'avantage de cette méthode est qu'elle tient compte des différents chargements que peuvent avoir les poutres et cela pour avoir les moments maximums aux appuis et aux mi travée.

La méthode de Caquot proposée dans la réglementation française est similaire à celle-ci mais un peu plus laborieuse.

Cette méthode est basée celle de Cross généralisée, mais un arrangement astucieux d'opération nous dispense de faire pour une étage et différentes combinaisons relatives à chaque cas de charge c'est-à-dire une seule suite d'opération nous permet de déterminer les moment maximum aux noues et, a mi-portée.

Étapes de calcul

- Différentes étapes de calcul

Dans le cas où l'on étudie la courbe des moments sous une combinaison $\alpha G + \beta S$, on remplacera "g" par " αg " et $q = \alpha g + \beta S$.

$\left\{ \begin{array}{l} g: \text{charge permanente} \\ S: \text{surcharge} \end{array} \right.$

Convention de signe

Pour une charge "q" uniforme
Par exemple sur AB
on aura



$$M_{AB} = -q \frac{l^2}{12}, \quad M_{BA} = +q \frac{l^2}{12}$$

l : portée

M_{AB} , M_{BA} : moments d'encastrement parfaits avec la convention de signe.

1^{ère} étape:

Isoler chaque niveau: On négligera l'influence des étages supérieurs et inférieurs pour un niveau donné.

2^{ème} étape:

calculer les rigidités linéaires

$$\left(\frac{I}{l}\right) \text{ poutre} ; \left(\frac{I}{h}\right) \text{ poteaux}$$

I : Inertie ; l : portée poutre ; h : hauteur poteau

3^{ème} étape:

calculer les coefficients de répartition type Cross:

$$\mu_{AB}, \mu_{BA}, \dots \text{ etc}$$

4^{ème} étape:

calculer les moments d'encastrement parfaits

$$M_{gAB} = -q \frac{l^2_{AB}}{12}$$

$$M_{gBA} = +q \frac{l^2_{AB}}{12} \dots \text{ etc}$$

$$M_{gAB} = -q \frac{l^2_{AB}}{12}$$

$$M_{gBA} = +q \frac{l^2_{AB}}{12} \dots \text{ etc}$$

5^{ème} étape:

calculer les moments de transmission M_T

1^{er} cycle:

$$- M_{TAB}^{(1)} = - \frac{\mu_{BA}}{2} (M_{gBA} + M_{gBC})$$

$$- M_{TBA}^{(1)} = - \frac{\mu_{AB}}{2} M_{gAB}$$

$$- M_{TBC}^{(1)} = - \frac{\mu_{CB}}{2} (M_{gCB} + M_{gCD})$$

$$- M_{TCB}^{(1)} = - \frac{\mu_{BC}}{2} (M_{gBC} + M_{gBA})$$

..... etc

2^{ème} cycle

$$- M_{TAB}^{(2)} = -\frac{1}{2} \kappa_{BA} (M_{TBA}^{(1)} + M_{TBC}^{(1)})$$

$$- M_{TBA}^{(2)} = -\frac{1}{2} \kappa_{AB} M_{TAB}^{(1)}$$

$$- M_{TBC}^{(2)} = -\frac{1}{2} \kappa_{CB} (M_{TCB}^{(1)} + M_{TCD}^{(1)})$$

$$- M_{TCB}^{(2)} = -\frac{1}{2} \kappa_{BC} (M_{TBC}^{(1)} + M_{TBA}^{(1)})$$

..... etc

..... etc on s'arrêtera au cycle (i)
qui donne $M_T^{(i)} = 0$

6^{ème} étape

calculer les quantités $M_q + \sum M_T^{(i)}$

$$- M_{qAB} + \sum M_{TAB}^{(i)}$$

$$- M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)}$$

$$- M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)} \quad \text{etc}$$

7^{ème} étape : calculer les quantités $\sum [M_q + (\sum M_T^{(i)})]$
sur un nœud

$$- M_{qAB} + \sum M_{TAB}^{(i)}$$

$$- M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} + M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)}$$

$$- M_{qCB} + \sum M_{TCB}^{(i)} + M_{qCD} + \sum M_{TCD}^{(i)} \quad \text{etc}$$

8^{ème} étape : Faire une distribution de ces dernières quantités

$$- (-\kappa_{AB}) (M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} + M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)})$$

$$- (-\kappa_{BC}) (M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} + M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)})$$

$$- (-\kappa_{CB}) (M_{qCB} + \sum M_{TCB}^{(i)} + M_{qCD} + \sum M_{TCD}^{(i)}) \quad \text{etc}$$

9^{ème} étape

calculer les moments maximums dans les nœuds, dans la poutres

$$- M_{AB}^{\max} = M_{qAB} + \sum M_{TAB}^{(i)} - \kappa_{AB} (M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} + M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)})$$

$$- M_{BA}^{\max} = M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} - \kappa_{BA} (M_{qBA} + \sum M_{TBA}^{(i)} + M_{qBC} + \sum M_{TBC}^{(i)})$$

..... etc

10^{ème} étape:

Calcul des moments maximums dans le poteau

Ils seront déterminés en faisant une distribution des moments maximums dans les poutres au prorata des raideurs $(\frac{I}{h})$ des poteaux arrivant au nœud considéré ou bien en écrivant l'équilibre du nœud considéré.

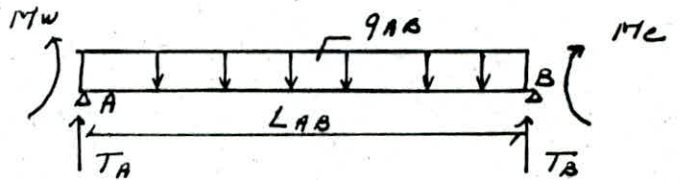
11^{ème} étape:

Calcul des efforts tranchants

- Isoler chaque travée : Exemple travée AB

$$T_B = -\frac{q_{AB} \cdot L_{AB}}{2} + \frac{M_B - M_A}{L_{AB}}$$

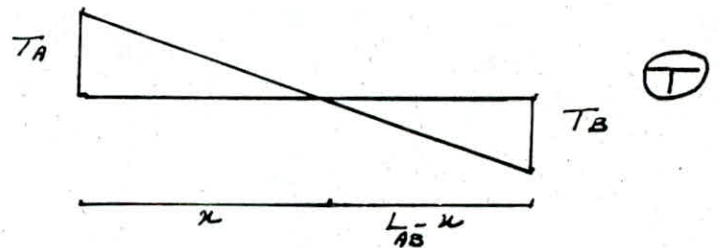
$$T_{AB} = q_{AB} - T_B$$



12^{ème} étape

Calcul des Moments max en travée

Sat le diagramme des efforts tranchants de la travée AB.



- Position du moment maximum

$$x = \frac{T_A \cdot L_{AB}}{T_A + T_B}$$

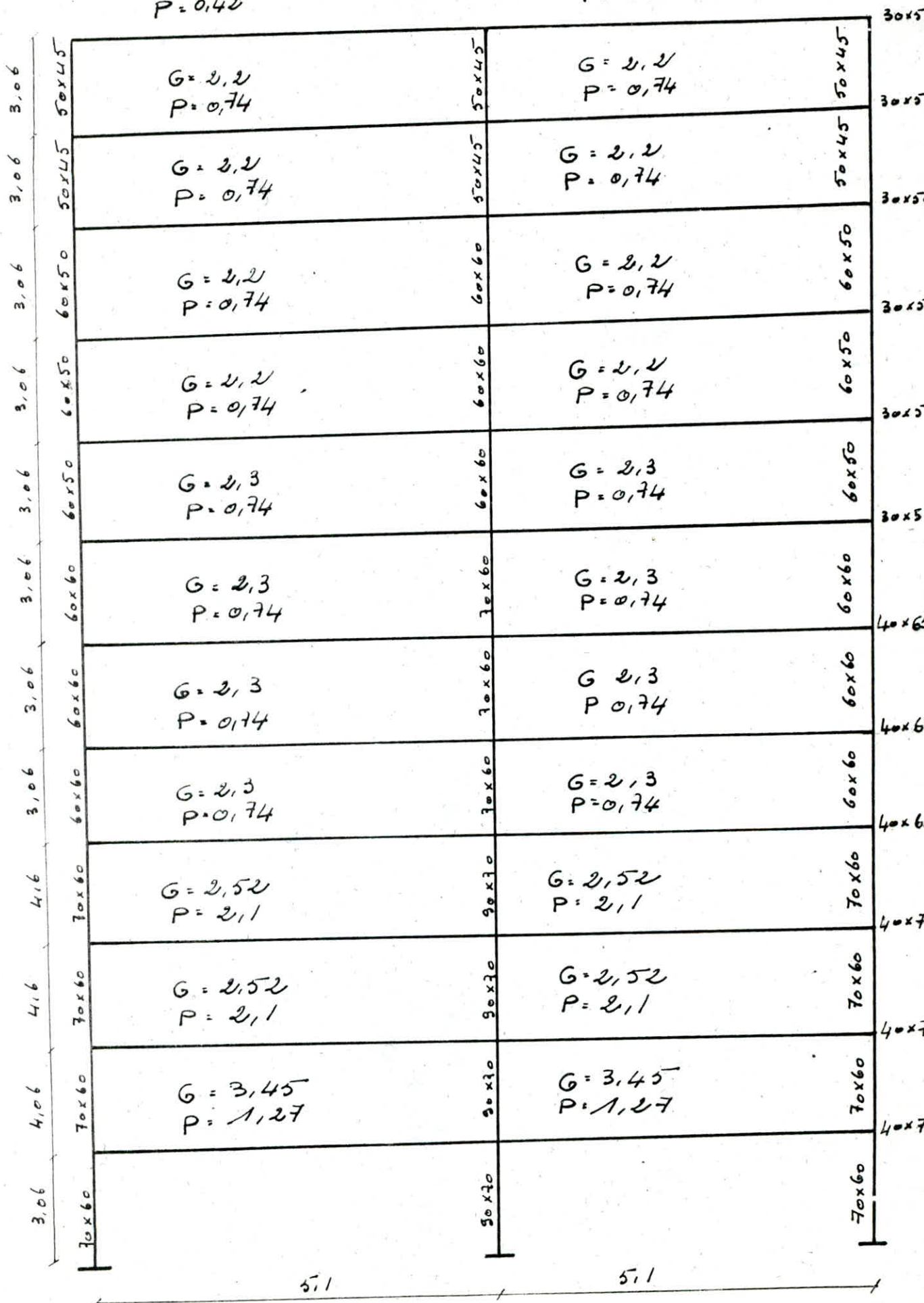
d'où le moment maximum en travée

$$M_{AB}(\text{travée}) = \frac{T_A \cdot x}{2} - M_A$$

PORTIQUE TRANSVERSAL

$G = 2,94$
 $P = 0,42$

$G = 2,94$
 $P = 0,42$



Partique transversal sous G+1,2 P

		Mw	Me	x	M travé	Te	Tw	Poteaux H sup w	Poteaux H inf w	Poteaux H sup e	Poteaux H inf c	Carrière Nw	Carrière Ne
12	1-2	-5,42	-8,55	2,37	4,27	-9,4	8,17	/	-5,42	/	0	8,17	18,8
	2-3	-8,55	-5,42	2,73	4,27	-8,17	9,4	/	0	/	5,42	18,8	8,17
11	1-2	-5,69	-2,26	2,45	3,58	-8,18	7,57	-2,85	-2,85	0	0	15,74	35,16
	2-3	-7,86	-5,69	2,65	3,58	-7,57	8,18	0	0	2,85	2,85	35,16	15,74
10	1-2	-5,97	-7,10	2,48	3,51	-8,10	7,65	-2,04	-3,93	0	0	23,39	51,86
	2-3	-7,10	-5,97	1,62	3,51	-7,65	8,10	0	0	2,04	3,93	51,86	23,39
9	1-2	-6,13	-7,01	2,49	3,48	-8,05	7,70	-3,06	-3,06	0	0	31,09	67,54
	2-3	-7,01	-6,13	2,61	3,48	-7,70	8,05	0	0	3,06	3,06	67,54	31,09
8	1-2	-6,22	-7,24	2,49	3,59	-8,11	7,95	-3,16	-3,16	0	0	39,04	87,68
	2-3	-7,24	-6,22	2,61	3,59	-7,95	8,31	0	0	3,16	3,16	87,68	39,04
7	1-2	-6,36	-7,24	2,50	3,58	-8,30	7,96	-2,89	-3,47	0	0	47,00	100,28
	2-3	-7,24	-6,36	2,6	3,58	-7,96	8,30	0	0	2,89	3,47	100,28	47,00
6	1-2	-6,08	-7,37	2,47	3,65	-8,38	7,88	-3,04	-3,04	0	0	54,88	117,04
	2-3	-7,37	-6,08	2,63	3,65	-7,88	8,38	0	0	3,04	3,04	117,04	54,88
5	1-2	-6,08	-7,37	2,47	3,65	-8,38	7,88	-3,04	-3,04	0	0	62,76	133,80
	2-3	-7,37	-6,08	2,63	3,65	-7,88	8,38	0	0	3,04	3,04	133,80	62,76
4	1-2	-6,08	-7,55	2,47	3,66	-8,58	7,88	-2,96	-3,12	0	0	70,64	150,96
	2-3	-7,55	-6,08	2,63	3,66	-7,88	8,58	0	0	2,96	3,12	150,96	70,64
3	1-2	-9,140	-11,77	2,46	5,82	-12,32	12,39	-1,70	-4,70	0	0	83,03	177,60
	2-3	-11,77	-9,14	2,64	5,82	-12,39	13,32	0	0	4,70	4,70	177,60	83,03
2	1-2	-9,48	-11,73	2,46	5,80	-12,41	13,29	-1,45	-5,04	0	0	95,44	204,18
	2-3	-11,73	-9,48	2,64	5,80	-12,41	13,29	0	0	-4,45	-5,04	204,18	95,44
1	1-2	-9,55	-11,44	2,48	5,69	-12,05	12,31	-4,11	-5,45	0	0	108,75	230,28
	2-3	-11,44	-9,55	2,62	5,69	-12,31	13,05	0	0	6,11	5,45	230,28	108,75
Partique transversal sous G + P													
12	1-2	-5,27	-8,34	2,37	4,17	-9,17	7,97	/	-5,27	/	0	7,97	18,34
	2-3	-8,34	-5,27	2,73	4,17	-7,97	9,17	/	0	/	5,27	18,34	7,97
11	1-2	-5,41	-6,91	2,45	3,41	-7,79	7,20	-2,70	-2,70	0	0	15,17	33,92
	2-3	-6,91	-5,41	2,65	3,41	-7,20	7,79	0	0	2,7	2,7	33,92	15,17
10	1-2	-5,67	-6,76	2,48	3,35	-7,71	7,28	-1,94	-3,73	0	0	22,45	49,34
	2-3	-6,76	-5,67	2,62	3,35	-7,28	7,71	0	0	1,94	3,73	49,34	22,45
9	1-2	-5,82	-6,68	2,49	3,31	-7,66	7,33	-2,91	-2,91	0	0	29,78	64,66
	2-3	-6,68	-5,82	2,61	3,31	-7,33	7,66	0	0	2,91	2,91	64,66	29,78
8	1-2	-6,02	-6,90	2,49	3,48	-7,92	7,58	-3,01	-3,01	0	0	37,36	80,50
	2-3	-6,90	-6,02	2,61	3,53	-7,58	7,92	0	0	3,01	3,01	80,50	37,36
7	1-2	-6,06	-6,88	2,50	3,42	-7,91	7,53	-2,76	-3,31	0	0	44,89	96,32
	2-3	-6,88	-6,06	2,60	3,42	-7,53	7,91	0	0	2,76	3,31	96,32	44,89
6	1-2	-5,79	-7,02	2,47	3,49	-7,99	7,51	-2,89	-2,89	0	0	52,40	112,30
	2-3	-7,02	-5,79	2,63	3,49	-7,51	7,99	0	0	2,89	2,89	112,30	52,40
5	1-2	-5,74	-7,02	2,47	3,49	-7,99	7,51	-2,89	-2,89	0	0	59,91	128,28
	2-3	-7,02	-5,74	2,63	3,49	-7,51	7,99	0	0	2,89	2,89	128,28	59,91
4	1-2	-5,79	-7,01	2,47	3,49	-7,99	7,51	-2,82	-2,98	0	0	67,42	144,26
	2-3	-7,01	-5,79	2,63	3,49	-7,51	7,99	0	0	2,82	2,98	144,26	67,42
3	1-2	-8,60	-10,79	2,46	5,34	-12,21	11,35	-4,30	-4,30	0	0	78,77	168,68
	2-3	-10,79	-8,60	2,64	5,34	-11,35	12,21	0	0	4,30	4,30	168,68	78,77
2	1-2	-8,68	-10,75	2,46	5,32	-12,19	11,38	-4,07	-4,61	0	0	90,15	193,06
	2-3	-10,75	-8,68	2,64	5,32	-11,38	12,19	0	0	4,07	4,61	193,06	90,15
1	1-2	-9,06	-10,85	2,48	5,40	-12,39	11,68	-3,89	-5,17	0	0	101,83	217,84
	2-3	-10,85	-9,06	2,62	5,40	-11,68	12,39	0	0	3,89	5,17	217,84	101,83

Portique transversal													
Niv	travée	Sous 0.8 G											
		Mw	Mc	X	M travée	Tc	Tw	Poteaux Msup w	Poteaux M inf w	Poteaux Msup c	Poteaux M inf c	Cumulé Mw	Cumulé Mc
12	1-2	-3,64	-5,83	2,37	2,95	-5,43	5,57	/	-3,64	-	0	5,57	12,86
	2-3	-5,83	3,64	2,73	2,95	-5,57	6,43	/	0	-	3,64	12,86	5,57
11	1-2	-3,18	-4,13	2,44	2,08	-4,68	4,30	-1,59	-1,59	0	0	9,87	22,22
	2-3	-4,13	-3,18	2,66	2,08	-4,30	4,68	0	0	1,59	1,59	22,22	9,87
10	1-2	-3,36	-4,04	2,47	2,03	-4,62	4,35	-1,15	-2,21	0	0	14,22	22,22
	2-3	-4,04	-3,36	2,63	2,03	-4,35	4,62	0	0	1,15	2,21	22,22	14,22
9	1-2	-3,45	-3,99	2,49	2,00	-4,59	4,38	-1,73	-1,73	0	0	18,60	31,40
	2-3	-3,99	-3,45	2,61	2,00	-4,38	4,59	0	0	1,73	1,73	31,40	18,60
8	1-2	-3,61	-4,18	2,49	2,09	-4,90	4,59	-1,91	-1,91	0	0	23,18	41,00
	2-3	-4,18	-3,61	2,61	2,09	-4,58	4,18	0	0	1,91	1,91	41,00	23,18
7	1-2	-3,64	-4,16	2,49	2,08	-4,79	4,59	-1,66	-1,99	0	0	27,77	50,58
	2-3	-4,16	-3,64	2,61	2,08	-4,59	4,79	0	0	1,66	1,99	50,58	27,77
6	1-2	-3,47	-4,25	2,47	2,13	-4,84	4,54	-1,73	-1,73	0	0	32,31	60,26
	2-3	-4,25	-3,47	2,63	2,13	-4,54	4,84	0	0	1,73	1,73	60,26	32,31
5	1-2	-3,47	-4,25	2,47	2,13	-4,84	4,54	-1,73	-1,73	0	0	36,85	69,90
	2-3	-4,25	-3,47	2,63	2,13	-4,54	4,82	0	0	1,73	1,73	69,90	36,85
4	1-2	-3,48	-4,24	2,47	2,13	-4,84	4,54	-1,69	-1,79	0	0	41,39	79,58
	2-3	-4,24	-3,48	2,63	2,13	-4,54	4,84	0	0	1,69	1,79	79,58	41,39
3	1-2	-3,70	-4,70	2,45	2,36	-5,34	4,94	-1,85	-1,85	0	0	46,33	90,26
	2-3	-4,70	-3,70	2,65	2,36	-4,94	5,34	0	0	1,85	1,85	90,26	46,33
2	1-2	-3,74	-4,69	2,46	2,35	-5,35	4,95	-1,75	-1,99	0	0	51,28	100,96
	2-3	-4,69	-3,74	2,64	2,35	-4,95	5,35	0	0	1,55	1,99	100,96	51,28
1	1-2	-5,26	-6,34	2,47	3,18	-7,25	6,83	-2,26	-3,00	0	0	58,11	115,46
	2-3	-6,34	-5,26	2,63	3,18	-6,83	7,25	0	0	2,26	3,00	115,46	58,11

PORTIQUE - B.B

		G=0,74 T=0,005	0,74 0,005	0,74 0,065	0,74 0,065	0,74 0,065	0,74 0,065	0,74 0,065	0,74 0,065	
3,06	30x45	G=0,62 P=0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	1,84 0,34	0,62 0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	30x45
3,06	30x45	G=0,62 P=0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	2,62 0,61	0,62 0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	0,62 0,12	30x45
3,06	60x60	G=0,66 P=0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	2,66 0,61	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	30x45
3,06	60x60	G=0,66 P=0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	2,66 0,61	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	30x55
3,06	60x60	G=0,66 P=0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	2,66 0,61	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	0,66 0,12	30x55
3,06	70x60	G=0,70 P=0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	2,7 0,61	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	30x55
3,06	70x60	G=0,70 P=0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	2,7 0,61	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	30x55
3,06	70x60	G=0,70 P=0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	2,7 0,61	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	30x60
3,06	70x60	G=0,70 P=0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	2,7 0,61	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	30x60
3,06	70x60	G=0,70 P=0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	2,7 0,61	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	0,70 0,12	30x60
4,6	90x70	G=0,77 P=0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	2,75 1,01	0,77 0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	30x70
4,6	90x70	G=0,77 P=0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	2,75 1,01	0,77 0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	0,77 0,33	30x70
4,06	90x70	G=2,54 P=0,9	2,54 0,9	3,23 1,2	3,49 1,26	3,23 1,2	2,54 0,9	2,54 0,9	2,54 0,9	30x70
3,06	90x70									30x70
		3,6	3,6	4,8	3,10	4,8	3,6	3,6		

Partique Longitudinale B-B sous G+1,2P

Niv	travaux	Mw	Mc	x	M travée	Te	Tu	Poleaux M sup w	Poleaux M inf w	Poleaux M sup e	Poleaux M inf e	travaux Nw	travaux Ne
12	1-2	-0,61	-0,98	1,68	0,54	1,57	1,37	/	-0,61	/	0,12	1,37	2,98
	2-3	-0,85	-1,09	1,72	0,36	1,54	1,41	/	0,12	/	-0,44	2,98	3,52
	3-4	-1,52	-1,44	2,42	0,88	1,95	1,98	/	-0,44	/	0,59	3,52	3,22
	4-5	-0,85	-0,85	1,55	0,13	1,27	1,27	/	0,59	X	X	3,22	X
11	1-2	-0,68	-0,89	1,69	0,46	-1,44	1,32	-0,34	-0,34	0,05	0,05	2,69	5,75
	2-3	-0,82	-0,98	1,74	0,36	-1,42	1,33	0,05	0,05	-0,22	-0,22	5,75	6,76
	3-4	-1,38	-1,56	2,35	0,73	-1,87	1,80	-0,22	-0,22	-0,12	-0,12	6,76	8,57
	4-5	-1,79	-1,79	1,55	0,91	-3,48	3,48	-0,12	-0,12	X	X	8,57	X
10	1-2	0,74	-0,87	1,75	0,41	1,41	1,24	-0,19	-0,55	0,01	0,04	4,02	8,51
	2-3	-0,81	-0,90	1,77	0,38	1,40	1,35	0,01	0,04	-0,13	-0,37	8,51	9,93
	3-4	-1,39	-1,60	2,34	0,71	1,88	1,79	-0,13	-0,37	-0,27	-0,76	9,93	15,65
	4-5	-2,62	-2,62	1,55	1,40	5,2	5,2	-0,27	-0,76	X	X	15,65	X
9	1-2	-0,78	-0,91	1,76	0,46	-1,48	1,41	-0,39	-0,39	0,03	0,03	5,44	11,41
	2-3	-0,86	-0,94	1,77	0,41	-1,47	1,42	0,03	0,03	-0,27	-0,27	11,41	13,29
	3-4	-1,47	-1,67	2,35	0,75	-1,97	1,89	-0,27	-0,27	-0,50	-0,50	13,29	22,88
	4-5	-2,66	-2,66	1,55	1,41	-5,26	5,26	-0,15	-0,15	X	X	22,88	X
8	1-2	-0,78	-0,91	1,76	0,46	-1,48	1,41	-0,39	-0,39	0,03	0,03	6,85	14,31
	2-3	-0,86	-0,94	1,77	0,41	-1,47	1,42	0,03	0,03	-0,27	-0,27	14,31	16,65
	3-4	-1,47	-1,67	2,35	0,75	-1,97	1,89	-0,27	-0,27	-0,50	-0,50	16,65	30,11
	4-5	-2,66	-2,66	1,55	1,41	-5,26	5,26	-0,15	-0,15	X	X	30,11	X
7	1-2	-0,79	-0,91	1,76	0,46	-1,48	1,41	-0,36	-0,42	0,02	0,03	8,26	17,22
	2-3	-0,86	-0,93	1,77	0,41	-1,47	1,43	0,02	0,03	-0,25	-0,29	17,22	20,01
	3-4	-1,48	-1,66	2,35	0,75	-1,97	1,89	-0,25	-0,29	-0,46	-0,54	20,01	37,34
	4-5	-2,67	-2,67	1,55	1,41	-5,26	5,26	-0,46	-0,54	X	X	37,34	X
6	1-2	-0,81	-0,86	1,75	0,48	-1,56	1,48	-0,41	-0,41	0,03	0,03	9,74	20,27
	2-3	-0,90	-0,99	1,77	0,42	-1,55	1,49	0,03	0,03	-0,27	-0,27	20,27	23,64
	3-4	-1,54	-1,75	2,35	0,79	-2,07	1,98	-0,27	-0,27	-0,47	-0,47	23,64	44,73
	4-5	-2,69	-2,69	1,55	1,43	-5,32	5,32	-0,47	-0,47	X	X	44,73	X
5	1-2	-0,81	-0,96	1,75	0,48	-1,56	1,48	-0,41	-0,41	0,03	0,03	11,22	23,32
	2-3	-0,90	-0,99	1,77	0,42	-1,55	1,49	0,03	0,03	-0,27	-0,27	23,32	27,17
	3-4	-1,54	-1,75	2,35	0,79	-2,07	1,98	-0,27	-0,27	-0,47	-0,47	27,17	52,12
	4-5	-2,69	-2,69	1,55	1,43	-5,32	5,32	-0,47	-0,47	X	X	52,12	X
4	1-2	-0,82	-0,95	1,76	0,48	-1,56	1,48	-0,35	-0,47	0,02	0,03	12,70	12,70
	2-3	-0,90	-0,98	1,77	0,43	-1,54	1,50	0,02	0,03	-0,24	-0,33	26,38	30,70
	3-4	-1,55	-1,74	2,35	0,79	-2,06	1,99	-0,24	-0,33	-0,41	-0,55	30,70	59,50
	4-5	-2,7	-2,7	1,55	1,43	-5,32	5,32	-0,41	-0,55	X	X	59,50	X
3	1-2	-1,13	-1,33	1,75	0,66	-2,15	2,05	-0,57	-0,57	0,03	0,03	16,75	20,59
	2-3	-1,26	-1,38	1,77	0,57	-2,13	2,06	0,03	0,03	-0,39	-0,39	30,59	35,58
	3-4	-2,16	-2,37	2,36	1,09	-2,84	2,75	-0,39	-0,39	-0,39	-0,39	35,58	68,48
	4-5	-3,16	-3,16	1,55	1,60	-6,14	6,14	-0,39	-0,39	X	X	68,48	X
2	1-2	-1,14	-1,32	1,76	0,66	-2,15	2,05	-0,54	-0,61	-0,03	0,03	16,80	34,81
	2-3	-1,26	-1,38	1,77	0,57	-2,13	2,07	0,03	0,03	-0,37	-0,42	34,81	40,47
	3-4	-2,16	-2,37	2,36	1,09	-2,84	2,76	-0,37	-0,42	-0,37	-0,42	40,47	77,46
	4-5	-3,16	-3,16	1,55	1,60	-6,14	6,14	-0,37	-0,42	X	X	77,46	X
1	1-2	-3,60	-4,07	1,76	2,03	-6,64	6,39	-1,55	-2,06	0,10	0,14	23,19	47,81
	2-3	-3,83	-4,40	1,76	1,75	-6,67	6,36	0,10	0,14	-1,91	-2,53	47,81	58,35
	3-4	-8,84	-8,84	2,4	4,61	-11,21	11,21	-1,91	-2,53	1,90	2,93	58,35	96,42
	4-5	-4,14	-4,14	1,55	1,60	-7,75	7,75	-2,93	-2,93	X	X	96,42	X

Partique Longitudinal sous G+P B-B

Niv	trave	M _w	M _e	α	M _{trava}	T _e	T _w	Poteaux M _{sup} w	Poteaux M _{inf} w	Poteaux M _{sup} e	Poteaux M _{inf} e	cumule Nw	cumule Mc
12	1-2	-0,6	-0,96	1,68	0,53	-1,55	1,35	/	-0,60	/	0,12	1,35	2,94
	2-3	-0,84	-1,07	1,72	0,35	-1,51	1,39	/	0,12	/	-0,43	2,94	3,46
	3-4	-1,50	-1,41	2,42	0,86	-1,91	1,95	/	-0,43	/	0,58	3,46	3,16
	4-5	-0,82	-0,83	1,55	0,13	-1,25	1,25	/	0,58	X	X	3,16	X
11	1-2	-0,65	-0,86	1,69	0,44	-1,39	1,27	-0,33	-0,33	0,04	0,04	2,62	5,62
	2-3	-0,79	-0,95	1,74	0,35	-1,39	1,29	0,04	0,04	-0,22	-0,22	5,62	6,59
	3-4	-1,34	-1,51	2,33	0,71	-1,81	1,74	-0,22	-0,22	-0,11	-0,11	6,59	8,35
	4-5	-1,74	-1,74	1,55	0,89	-3,38	3,38	-0,22	-0,22	X	X	8,35	X
10	1-2	0,71	0,84	1,75	0,42	1,37	1,30	-0,19	-0,57	0,07	0,04	3,92	8,30
	2-3	0,79	0,87	1,77	0,27	1,75	1,31	0,01	0,04	-0,12	0,35	8,30	9,67
	3-4	1,34	1,55	2,34	0,69	1,82	1,73	-0,12	0,35	-0,25	-0,72	9,67	15,18
	4-5	2,56	2,53	1,55	1,35	5,01	5,01	-0,25	-0,72	X	X	15,18	X
9	1-2	-0,76	-0,88	1,76	0,44	-1,44	1,37	-0,38	-0,38	0,03	0,03	5,29	11,12
	2-3	-0,83	-0,91	1,77	0,39	-1,43	1,37	0,03	0,03	-0,26	-0,26	11,12	12,93
	3-4	-1,42	-1,61	2,35	0,73	-1,91	1,83	-0,26	-0,26	-0,48	-0,48	12,93	22,16
	4-5	-2,56	-2,56	1,55	1,36	-5,07	5,07	-0,48	-0,48	X	X	22,16	X
8	1-2	-0,76	-0,88	1,76	0,44	-1,44	1,37	-0,38	-0,38	0,03	0,03	6,66	13,94
	2-3	-0,83	-0,91	1,77	0,39	-1,43	1,37	0,03	0,03	-0,26	-0,26	13,94	16,19
	3-4	-1,42	-1,61	2,35	0,73	-1,91	1,83	-0,26	-0,26	-0,48	-0,48	16,19	29,14
	4-5	-2,56	-2,56	1,55	1,36	-5,07	5,07	-0,48	-0,48	X	X	29,14	X
7	1-2	-0,76	-0,88	1,76	0,44	-1,44	1,37	-0,35	-0,41	0,02	0,03	8,03	16,76
	2-3	-0,83	-0,91	1,77	0,40	-1,43	1,37	0,02	0,03	-0,24	-0,28	16,76	19,46
	3-4	-1,43	-1,61	2,35	0,73	-1,91	1,84	-0,24	-0,28	-0,44	-0,52	19,46	36,12
	4-5	-2,57	-2,57	1,55	1,36	-5,07	5,07	-0,44	-0,52	X	X	36,12	X
6	1-2	-0,79	-0,93	1,75	0,47	-1,52	1,44	-0,39	-0,39	0,03	0,03	9,47	19,73
	2-3	-0,87	-0,96	1,77	0,41	-1,50	1,45	0,03	0,03	-0,26	-0,26	19,73	22,88
	3-4	-1,49	-1,70	2,35	0,77	-2,01	1,92	-0,26	-0,26	-0,45	-0,45	22,88	43,26
	4-5	-2,59	-2,59	1,55	1,38	-5,13	5,13	-0,45	-0,45	X	X	43,26	X
5	1-2	-0,79	-0,93	1,75	0,47	-1,52	1,44	0,39	0,39	0,03	0,03	10,91	22,70
	2-3	-0,87	-0,96	1,77	0,41	-1,50	1,45	0,03	0,03	-0,26	-0,26	22,70	26,30
	3-4	-1,49	-1,70	2,35	0,77	-2,01	1,92	-0,26	-0,26	-0,45	-0,45	26,30	50,40
	4-5	-2,59	-2,59	1,55	1,38	-5,13	5,13	-0,45	-0,45	X	X	50,40	X
4	1-2	-0,80	-0,93	1,76	0,47	-1,51	1,44	-0,34	-0,46	0,02	0,03	12,35	25,66
	2-3	-0,87	-0,95	1,77	0,42	-1,50	1,45	0,02	0,03	-0,23	-0,22	25,66	29,74
	3-4	-1,50	-1,69	2,35	0,77	-2,01	1,93	-0,23	-0,32	-0,33	-0,33	29,74	57,54
	4-5	-2,6	-2,6	1,55	1,38	-5,13	5,13	-0,39	-0,53	X	X	57,54	X
3	1-2	-1,07	-1,25	1,75	0,62	-2,03	1,93	-0,53	-0,53	0,03	0,03	14,28	29,64
	2-3	1,18	1,30	1,77	0,54	2,01	1,95	0,03	0,03	-0,37	-0,37	29,64	34,35
	3-4	2,03	-2,24	2,36	1,03	-2,68	2,60	-0,37	-0,37	-0,38	-0,38	34,35	66,05
	4-5	-2,99	-2,99	1,55	1,52	-5,83	5,83	-0,38	-0,38	X	X	66,05	X
2	1-2	-1,07	-1,25	1,76	0,62	-2,03	1,93	-0,57	-0,57	0,03	0,03	16,21	33,62
	2-3	-1,18	-1,30	1,77	0,54	-2,01	1,95	0,03	0,03	-0,35	-0,35	33,62	38,96
	3-4	-2,04	-2,23	2,36	1,03	-2,68	2,60	-0,35	-0,35	-0,36	-0,40	38,96	74,56
	4-5	-2,99	-2,99	1,55	1,52	-5,83	5,83	-0,36	-0,40	X	X	74,56	X
1	1-2	-3,42	-3,86	1,76	1,93	-6,32	6,07	-1,47	-1,95	0,10	0,14	22,28	45,98
	2-3	-3,63	-4,17	1,76	1,68	-6,34	6,04	0,10	0,14	-1,81	-2,40	45,98	55,93
	3-4	-8,38	-8,38	2,4	4,38	-10,63	10,63	-1,81	-2,40	1,81	2,40	55,93	92,55
	4-5	-4,17	-4,17	1,55	1,54	-7,36	7,36	1,81	2,40	X	X	92,55	X

		Partique Longitudinale sous 0,8 G										B-B	
Niv	trava	Mw	Mc	x	M trava	Tc	Tu	Poteaux M sup w	Poteaux M inf w	Poteaux M sup c	Poteaux M inf c	Canalic NW	Canalic NE
12	1-2	-0,44	-0,70	1,68	0,39	-1,14	0,99	/	-0,44	/	0,10	0,99	2,16
	2-3	-0,61	-0,78	1,72	0,27	-1,11	1,02	/	0,10	/	0,32	2,16	2,54
	3-4	-1,1	-1,03	2,42	0,64	-1,41	1,43	/	-0,36	/	0,43	2,54	2,33
	4-5	-0,6	-0,6	1,55	0,11	-0,92	0,92	/	0,43	/	X	2,33	X
11	1-2	-0,43	-0,58	1,65	0,32	-0,95	0,84	-0,21	-0,21	0,03	0,03	1,83	3,97
	2-3	-0,52	-0,62	1,74	0,24	-0,92	0,86	0,03	0,03	-0,12	-0,12	3,97	4,61
	3-4	-0,86	-1,03	2,33	0,49	-1,23	1,15	-0,12	-0,12	-0,07	-0,07	4,61	5,84
	4-5	-1,15	-1,15	1,55	0,81	-2,28	2,28	-0,07	-0,07	X	-0,30	5,84	X
10	1-2	-0,48	-0,56	1,75	0,29	-0,92	0,84	-0,12	-0,35	0,01	0,03	2,70	5,77
	2-3	-0,52	-0,57	1,77	0,26	-0,91	0,88	0,01	0,03	-0,08	-0,23	5,77	6,68
	3-4	-0,89	-1,03	2,54	0,47	-1,22	1,16	-0,08	-0,23	-0,16	-0,16	6,68	10,31
	4-5	-1,63	-1,63	1,55	0,89	-3,25	2,25	-0,16	-0,16	X	X	10,31	X
9	1-2	-0,51	-0,60	1,75	0,30	-0,97	0,93	-0,26	-0,26	0,02	0,02	3,63	7,67
	2-3	-0,55	-0,61	1,77	0,27	-0,97	0,93	0,02	0,02	-0,17	-0,17	7,67	8,89
	3-4	-0,96	-1,08	2,35	0,50	-1,29	1,24	-0,17	-0,17	-0,29	-0,29	8,89	14,90
	4-5	-1,66	-1,66	1,55	0,89	-3,3	3,3	-0,29	-0,29	X	X	14,90	X
8	1-2	-0,51	-0,60	1,75	0,30	-0,97	0,93	-0,26	-0,26	0,02	0,02	4,56	9,57
	2-3	-0,55	-0,61	1,77	0,27	-0,97	0,93	0,02	0,02	-0,17	-0,17	9,57	11,10
	3-4	-0,96	-1,08	2,35	0,50	-1,29	1,24	-0,17	-0,17	-0,29	-0,29	11,10	19,49
	4-5	-1,66	-1,66	1,55	0,89	-3,3	3,3	-0,29	-0,29	X	X	19,49	X
7	1-2	-0,51	-0,59	1,76	0,30	-0,97	0,93	-0,24	-0,28	0,02	0,02	5,49	11,48
	2-3	-0,55	-0,61	1,77	0,27	-0,97	0,94	0,02	0,02	-0,16	-0,19	11,48	13,31
	3-4	-0,96	-1,08	2,35	0,5	-1,29	1,24	-0,16	-0,19	-0,27	-0,32	13,31	24,08
	4-5	-1,67	-1,67	1,55	0,89	-3,3	3,3	-0,27	-0,32	X	X	24,08	X
6	1-2	-0,53	-0,64	1,75	0,32	-1,04	0,98	-0,27	-0,27	0,02	0,02	6,47	13,51
	2-3	-0,59	-0,65	1,77	0,29	-1,03	0,99	0,02	0,02	-0,18	-0,18	13,51	15,65
	3-4	-1,01	-1,15	2,35	0,53	-1,37	1,31	-0,18	-0,18	-0,27	-0,27	15,65	28,80
	4-5	-1,69	-1,69	1,55	0,91	-3,35	3,35	-0,27	-0,27	X	X	28,80	X
5	1-2	-0,53	-0,64	1,75	0,32	-1,04	0,98	-0,27	-0,27	0,02	0,02	7,45	15,54
	2-3	-0,59	-0,65	1,77	0,29	-1,03	0,99	0,02	0,02	-0,18	-0,18	15,54	17,99
	3-4	-1,01	-1,15	2,35	0,53	-1,37	1,31	-0,18	-0,18	-0,27	-0,27	17,99	33,52
	4-5	-1,69	-1,69	1,55	0,91	-3,35	3,35	-0,27	-0,27	X	X	33,52	X
4	1-2	-0,54	-0,63	1,76	0,32	-1,03	0,98	-0,23	-0,31	0,02	0,03	8,43	17,56
	2-3	-0,59	-0,65	1,77	0,29	-1,02	0,99	0,02	0,03	-0,16	-0,21	17,56	20,23
	3-4	-1,02	-1,14	2,35	0,53	-1,37	1,32	-0,16	-0,21	-0,23	-0,32	20,23	28,24
	4-5	-1,69	-1,69	1,55	0,90	-3,35	3,35	-0,23	-0,32	X	X	28,24	X
3	1-2	-0,59	-0,70	1,75	0,35	-1,14	1,08	-0,29	-0,29	0,03	0,03	9,51	19,79
	2-3	-0,65	-0,72	1,77	0,32	-1,13	1,09	0,03	0,03	-0,2	-0,2	19,79	22,91
	3-4	-1,12	-1,25	2,36	0,59	-1,51	1,45	-0,2	-0,2	0,24	-0,24	22,91	43,16
	4-5	-1,72	-1,72	1,55	0,92	-3,41	3,41	-0,24	-0,24	X	X	43,16	X
2	1-2	-0,59	-0,70	1,75	0,35	-1,14	1,08	-0,28	-0,32	0,02	0,03	10,59	22,02
	2-3	-0,65	-0,71	1,77	0,32	-1,13	1,09	0,02	0,03	-0,19	-0,22	22,02	25,49
	3-4	-1,12	-1,25	2,36	0,59	-1,50	1,45	-0,19	-0,22	-0,22	-0,25	25,49	48,07
	4-5	-1,73	-1,73	1,55	0,92	-3,41	3,41	-0,22	-0,25	X	X	48,07	X
1	1-2	-2,00	-2,28	1,76	1,15	-3,73	3,58	-0,86	-1,14	0,08	0,11	14,17	29,33
	2-3	-2,09	-2,43	1,75	1,03	-3,75	3,56	0,08	0,11	-1,05	-1,39	29,33	35,44
	3-4	-4,87	-4,86	2,4	2,57	-6,2	6,2	-1,05	-1,39	1,07	1,42	35,44	58,60
	4-5	-2,38	-2,38	1,55	0,97	-4,33	4,33	1,07	1,42	X	X	58,60	X

SUPERPOSITION

DES SOLLICITATIONS

Port: 90c Longitude: L B-B Sous G+P+E

NIV	Travaux	Mw	Me	Me	Te	Tw	M ^{sup} _w Poteau	M ^{inf} _w Poteau	M ^{sup} _e Poteau	M ^{inf} _e Poteau	Nw Cumule	Ne Cumule	N*
12	1-2	1,70	-2,70	0,95	-2,67	0,23	/	1,70	/	0,360	2,47	2,79	X
	2-3	0,90	-2,81	0,43	-2,48	0,42	/	3,60	/	2,63	2,79	3,03	X
	3-4	0,18	-2,68	0,88	-2,45	1,41	/	2,63	/	3,84	3,03	2,43	21,37
	4-5	1,16	X	0,16	-2,52	-0,02	/	3,84	/	X	2,43	X	X
11	1-2	3,95	-4,82	1,02	-3,77	-1,11	-32,24	3,51	1,91	6,08	6,12	5,32	X
	2-3	3,16	-5,03	0,42	-3,62	-0,94	1,91	6,08	1,43	5,29	5,32	5,19	X
	3-4	1,74	-4,48	0,86	-3,07	0,48	1,43	5,29	1,65	5,75	5,19	5,91	39,11
	4-5	2,91	X	0,94	-6,35	0,41	1,65	5,75	X	X	5,91	X	X
10	1-2	6,96	-6,70	4,30	-5,25	-2,58	1,82	5,07	4,03	8,65	11,30	7,73	X
	2-3	5,53	-7,57	0,30	-4,96	-2,30	4,03	8,65	3,55	8,44	7,73	6,69	X
	3-4	3,72	-6,24	1,00	-3,85	-0,30	3,55	8,44	3,66	7,41	6,69	20,29	56,03
	4-5	4,79	X	1,42	-9,31	0,31	3,66	7,41	X	X	20,29	X	X
9	1-2	10,15	-8,61	2,29	-6,62	-3,81	3,05	7,10	5,67	9,86	17,81	10,34	X
	2-3	6,91	-10,98	-0,64	-6,38	-3,57	5,67	9,86	6,10	11,05	10,34	8,06	X
	3-4	6,18	-8,69	1,14	-4,87	-1,23	6,10	11,05	6,73	10,46	8,06	31,29	72,72
	4-5	8,51	X	1,46	-12,15	-2,01	6,73	10,46	X	X	31,29	X	X
8	1-2	10,62	-11,77	4,01	-7,65	-4,84	3,65	7,03	8,07	13,81	25,43	13,14	X
	2-3	10,08	-12,34	0,31	-7,64	-4,83	8,07	13,81	7,29	12,26	13,14	8,70	X
	3-4	7,21	-10,48	0,81	-5,55	-1,81	7,28	12,26	8,47	13,30	8,75	43,49	89,25
	4-5	11,30	X	1,49	-13,83	-3,79	8,47	13,30	X	X	43,49	X	X
7	1-2	13,75	-13,40	1,76	-8,96	-6,15	7,06	6,73	11,30	13,79	34,32	15,48	X
	2-3	11,69	-13,73	0,46	-8,47	-5,66	11,30	13,79	10,00	11,98	15,48	9,00	X
	3-4	8,25	-11,27	0,94	-5,94	-2,19	10,00	11,98	10,84	12,96	9,02	56,09	105,34
	4-5	12,53	X	1,50	-14,72	-4,58	10,84	12,96	X	X	56,09	X	X
6	1-2	18,38	-16,98	2,53	-11,30	-8,34	9,09	9,30	14,35	17,81	45,55	17,79	X
	2-3	15,18	-17,76	0,32	-10,62	-7,67	14,35	17,81	13,03	15,91	17,79	8,51	X
	3-4	11,17	-14,01	1,19	-7,22	-3,29	13,03	15,91	14,15	16,53	8,51	70,35	120,81
	4-5	16,69	X	1,56	-12,45	-7,19	14,15	16,53	X	X	70,35	X	X
5	1-2	17,05	-18,19	1,25	-11,27	-8,31	8,32	10,30	14,58	20,00	56,73	20,78	X
	2-3	16,39	-12,86	0,39	-11,26	-8,31	14,58	20,00	12,97	17,92	20,78	7,66	X
	3-4	12,02	-14,55	1,38	-7,50	-3,57	12,97	17,92	13,44	12,62	7,66	84,85	135,94
	4-5	17,52	X	1,57	-17,98	-7,72	13,44	12,62	X	X	84,85	X	X
4	1-2	27,74	-25,85	2,88	-16,36	-13,41	9,57	18,17	16,36	33,54	13,02	22,92	X
	2-3	24,05	-26,53	0,53	-15,52	-12,57	16,36	33,54	14,64	29,67	22,92	4,84	X
	3-4	17,78	-19,66	1,82	-9,77	-5,83	14,64	29,67	15,22	29,94	4,84	102,19	149,10
	4-5	25,51	X	1,64	-23,10	-12,84	15,22	29,94	X	X	102,19	X	X
3	1-2	38,52	-37,19	3,46	-23,03	-19,07	19,65	18,88	33,54	38,60	95,96	26,18	X
	2-3	34,86	-38,24	0,69	-22,19	-18,33	33,54	38,60	29,62	34,54	26,18	0,65	X
	3-4	25,88	-29,48	1,85	-14,16	-8,88	29,62	34,54	32,71	36,37	0,65	126,46	169,33
	4-5	39,61	X	2,20	-33,07	-21,41	32,72	36,37	X	X	126,46	X	X
2	1-2	34,96	-35,13	2,67	-21,45	-17,49	24,21	11,39	38,60	29,22	117,31	30,02	X
	2-3	32,70	-36,86	0,29	-21,29	-17,33	38,60	29,22	34,56	27,07	30,02	-3,11	X
	3-4	24,77	-27,86	2,07	-13,60	-8,32	34,56	27,07	36,39	28,59	-3,11	149,68	189,95
	4-5	37,12	X	1,91	-31,46	-19,80	36,39	28,59	X	X	149,68	X	X
1	1-2	20,71	-29,05	1,95	-20,02	-7,63	27,81	-7,10	42,11	8,51	137,08	42,01	X
	2-3	21,56	-26,96	3,54	-19,67	-7,29	42,11	8,51	34,59	1,09	42,01	7,87	X
	3-4	8,72	-26,51	3,86	-17,97	3,29	34,59	1,09	40,24	10,18	7,87	178,45	225,71
	4-5	23,91	X	1,53	-25,48	-10,76	40,24	10,18	X	X	178,45	X	X

Partique Longitudinal B-B sous G+P-E

Niv	Cravue	Mw	Mc	Me	Tc	Tw	M ^{sup} _w Poteau	M ^{inf} _w Poteau	M ^{sup} _e Poteau	M ^{inf} _e Poteau	Mw Cumule	Ne Cumule	N*
12	1-2	-2,90	0,28	0,11	-0,43	2,47	/	-2,90	/	-3,36	0,23	3,09	X
	2-3	-2,58	0,67	0,27	-0,54	2,36	/	-3,36	/	-3,49	3,09	3,89	X
	3-4	-2,32	0,14	0,84	-1,37	2,49	/	-3,49	/	-2,68	3,89	3,89	22,23
	4-5	-2,82	X	0,10	0,02	2,52	/	-2,68	/	X	3,89	X	X
11	1-2	-5,25	3,10	-0,41	0,99	3,65	-33,76	-4,17	-1,83	-6,00	-0,88	5,92	X
	2-3	-4,74	3,13	0,28	0,84	3,52	-1,83	-6,00	-1,87	-5,73	5,92	7,99	X
	3-4	-4,42	1,46	0,56	-0,55	3,00	-1,87	-5,73	-1,87	-5,97	7,99	10,79	41,91
	4-5	-6,39	X	0,84	-0,41	6,35	-1,87	-5,97	X	X	10,79	X	X
10	1-2	-8,38	5,02	-0,46	2,57	5,18	-2,26	-6,13	-4,01	-8,57	-3,46	8,87	X
	2-3	-7,11	5,83	0,44	2,26	4,92	-4,01	-8,57	-3,79	-7,74	8,87	12,65	X
	3-4	-6,40	3,14	0,38	0,21	3,76	-3,79	-7,74	-4,16	-8,85	12,65	10,07	61,99
	4-5	-9,51	X	1,29	-0,31	9,71	-4,16	-8,85	X	X	10,07	X	X
9	1-2	-11,67	6,85	-1,41	3,74	6,55	-3,81	-7,86	-5,61	-9,80	-7,27	11,90	X
	2-3	-8,57	9,16	1,42	3,52	6,33	-5,61	-9,80	-6,62	-11,57	11,90	12,80	X
	3-4	-9,02	5,47	0,32	1,15	4,89	-6,62	-11,57	-7,69	-11,42	17,80	13,03	92,46
	4-5	-13,63	X	1,26	2,01	12,15	-7,69	-11,42	X	X	13,03	X	X
8	1-2	-12,20	10,03	-0,13	4,77	7,58	-4,41	-7,79	-8,01	-13,75	-12,11	14,74	X
	2-3	-11,74	10,52	0,47	4,78	7,59	-8,01	-13,75	-7,80	-12,78	14,74	23,63	X
	3-4	-10,05	7,26	0,65	1,73	5,47	-7,80	-12,78	-9,43	-14,26	23,63	14,79	104,13
	4-5	-16,42	X	1,23	3,79	13,93	-9,43	-14,26	X	X	14,79	X	X
7	1-2	-15,31	11,64	-0,88	6,08	8,89	-7,76	-7,55	-11,26	-13,73	-18,26	18,04	X
	2-3	-13,35	11,91	0,34	5,61	8,42	-11,26	-13,73	-10,48	-12,54	18,04	29,90	X
	3-4	-11,11	8,05	0,52	2,12	5,87	-10,48	-12,54	-11,72	-14,00	29,90	16,15	126,22
	4-5	-17,67	X	1,22	4,58	14,72	-11,72	-14,00	X	X	16,15	X	X
6	1-2	-19,96	15,12	-1,59	8,26	11,22	-9,86	-10,08	-14,29	-17,75	-26,61	21,67	X
	2-3	-16,92	15,84	0,50	7,62	10,57	-14,29	-17,75	-13,55	-16,43	21,67	37,25	X
	3-4	-14,15	10,61	0,35	3,20	7,13	-13,55	-16,43	-15,05	-17,43	37,25	16,17	149,55
	4-5	-21,86	X	1,20	7,19	17,45	-15,05	-17,43	X	X	16,17	X	X
5	1-2	-18,63	16,33	-0,31	8,23	11,19	-7,54	-9,52	-14,52	-19,94	-34,91	24,62	X
	2-3	-18,13	16,94	0,43	8,26	11,21	-14,52	-19,94	-13,49	-17,44	24,62	44,94	X
	3-4	-15,00	11,15	0,18	3,48	7,41	-13,49	-17,44	-14,34	-19,52	44,94	15,95	173,22
	4-5	-22,70	X	1,19	7,72	13,98	-14,34	-19,52	X	X	15,95	X	X
4	1-2	-29,34	23,99	-1,94	13,34	16,29	-10,25	-19,09	-16,32	-33,48	-48,32	-48,32	X
	2-3	-25,79	24,63	0,31	12,52	15,47	-16,32	-33,48	-15,10	-30,31	28,40	54,64	X
	3-4	-20,78	16,28	-0,28	5,75	9,69	-15,10	-30,31	-14,00	-31,00	54,64	12,89	168,90
	4-5	-30,71	X	1,12	12,84	23,10	-16,00	-31,00	X	X	12,89	X	X
3	1-2	-40,66	34,79	-2,22	18,77	22,93	-20,71	-19,94	-33,48	-38,54	-67,40	33,10	X
	2-3	-37,22	35,69	0,39	18,27	22,73	-33,48	-38,54	-30,36	-35,28	33,10	68,05	X
	3-4	-29,94	25,00	0,21	8,80	14,08	-30,36	-35,28	-33,47	-37,13	68,05	5,64	236,73
	4-5	-45,59	X	0,84	2,44	33,07	-33,47	-37,13	X	X	5,64	X	X
2	1-2	-35,10	32,63	-1,43	17,39	21,35	-25,21	-12,53	-38,54	-20,16	-84,89	37,22	X
	2-3	-35,06	34,26	0,79	17,27	21,23	-38,54	-29,16	-35,26	-27,85	37,22	81,03	X
	3-4	-28,85	23,40	-0,01	8,24	13,52	-35,26	-27,85	-37,11	-29,39	81,03	-0,56	274,05
	4-5	-43,10	X	1,13	19,80	31,46	-37,11	-29,39	X	X	-0,56	X	X
1	1-2	-27,55	21,33	1,91	7,38	19,77	-30,75	3,20	-41,91	-8,23	-92,52	49,95	X
	2-3	-28,82	18,62	-0,18	6,79	19,37	-41,91	-8,23	-38,21	-51,89	49,95	103,99	X
	3-4	-25,48	9,75	4,90	-3,29	17,77	-38,21	-51,89	-36,62	-5,38	103,99	6,65	321,83
	4-5	-32,25	X	-1,55	10,76	25,48	-36,62	-5,38	X	X	6,65	X	X

Fortification Longitudinale B-B sous 018 G + E

Niv	traverse	Mw	Mc	Mt	Tc	Tw	Msup w Poteau	Minf Poteau	Msup e Poteau	Minf e Poteau	Mw Cumulé	Mc Cumulé	N*
12	1-2	1,86	-2,44	0,81	-2,26	-0,13	/	1,86	/	3,58	2,11	2,01	X
	2-3	1,13	-2,52	0,35	-2,08	0,05	/	3,58	/	2,74	2,01	2,11	X
	3-4	0,22	-2,30	0,66	-1,95	0,89	/	2,74	/	3,69	2,11	1,60	14,97
	4-5	1,39	X	0,14	-2,19	-0,35	/	3,69	/	X	1,60	X	X
11	1-2	4,17	-4,54	0,90	-3,33	-1,54	0,55	3,63	1,90	6,07	5,33	3,67	X
	2-3	3,43	-4,70	0,31	-3,10	-1,37	1,90	6,07	1,53	5,39	3,67	3,21	X
	3-4	2,22	-4,00	0,64	-2,49	-0,11	1,53	5,39	1,69	5,79	3,21	3,40	25,43
	4-5	3,49	X	0,66	-5,25	-0,69	1,69	5,79	X	X	3,40	X	X
10	1-2	7,19	-6,42	1,14	-4,80	-3,01	1,25	5,25	4,03	8,64	10,08	7,80	X
	2-3	5,80	-5,74	0,19	-4,52	-2,73	4,03	8,64	3,59	7,86	7,80	3,70	X
	3-4	4,17	-5,72	0,78	-3,25	-0,87	3,59	7,86	3,75	7,97	3,70	15,42	25,92
	4-5	5,72	X	0,96	-7,95	-1,45	3,75	7,97	X	X	15,42	X	X
9	1-2	10,40	-8,33	2,15	-6,15	-4,25	3,17	7,22	5,66	9,85	16,19	6,89	X
	2-3	7,19	-10,68	-0,76	-5,92	-4,02	5,66	9,85	6,19	11,14	6,89	4,02	X
	3-4	6,64	-8,16	0,91	-4,35	-1,82	6,19	11,14	6,92	10,65	4,02	24,03	35,42
	4-5	9,41	X	0,99	-10,38	-3,78	6,92	10,65	X	X	24,03	X	X
8	1-2	10,93	-11,51	0,87	-7,18	-5,28	3,77	7,15	8,06	13,80	23,33	8,77	X
	2-3	10,36	-12,04	0,19	-7,18	-5,28	8,06	13,80	7,37	12,35	8,77	3,66	X
	3-4	7,67	-9,95	0,58	-4,93	-2,40	7,37	12,35	8,66	13,49	3,66	33,84	44,66
	4-5	12,00	X	1,02	-12,16	-5,56	8,66	13,49	X	X	33,84	X	X
7	1-2	14,04	-13,11	1,62	-8,14	-6,59	7,17	6,96	11,30	13,78	31,78	10,20	X
	2-3	11,97	-13,43	0,33	-8,01	-6,10	11,30	13,78	10,08	12,07	10,20	2,87	X
	3-4	8,72	-10,74	0,71	-5,42	-2,79	10,08	12,07	11,01	13,16	2,87	44,05	53,45
	4-5	13,43	X	1,03	-12,95	-6,35	11,01	13,16	X	X	44,05	X	X
6	1-2	18,64	-16,69	2,38	-10,82	-8,80	9,20	9,42	14,34	17,80	42,50	11,57	X
	2-3	15,46	-17,45	0,20	-10,15	-8,13	14,34	17,80	13,11	15,99	11,57	1,28	X
	3-4	11,65	-13,46	0,95	-6,58	-3,90	13,11	15,99	14,33	16,71	1,28	55,89	61,54
	4-5	11,58	X	1,09	-15,67	-8,97	14,33	16,71	X	X	55,89	X	X
5	1-2	17,31	-17,90	1,10	-10,79	-8,77	7,66	9,64	14,57	19,99	53,27	13,62	X
	2-3	16,27	-18,55	0,27	-10,79	-8,77	14,57	19,99	13,05	18,00	13,62	-0,56	X
	3-4	12,50	-14,00	1,14	-6,86	-4,18	13,05	18,00	13,62	18,80	-0,56	67,97	69,34
	4-5	18,42	X	1,10	-16,20	-9,50	13,62	18,80	X	X	67,97	X	X
4	1-2	28,00	-25,55	2,73	-15,87	-13,87	9,68	18,32	16,36	33,54	69,10	14,82	X
	2-3	24,33	-26,23	0,40	-15,04	-13,03	16,36	33,54	14,71	29,79	14,82	-4,57	X
	3-4	18,26	-19,11	1,58	-9,13	-6,44	14,71	29,79	15,38	30,15	-4,57	82,89	75,01
	4-5	26,42	X	1,16	-21,32	-14,62	15,38	30,15	X	X	82,89	X	X
3	1-2	39,00	-36,74	3,19	-22,14	-19,92	19,84	19,12	33,54	38,60	91,19	16,33	X
	2-3	35,39	-37,71	0,47	-21,41	-19,19	33,54	38,60	29,79	34,71	16,33	-10,79	X
	3-4	26,79	-28,49	1,41	-12,99	-10,03	29,79	34,71	32,85	36,51	-10,79	103,57	79,47
	4-5	40,88	X	1,6	-30,65	-23,83	32,85	36,51	X	X	103,57	X	X
2	1-2	35,44	-34,58	2,40	-20,56	-18,34	24,43	11,64	38,59	29,27	111,69	18,42	X
	2-3	33,23	-36,27	0,07	-20,41	-18,19	38,59	29,27	34,72	27,24	18,42	-16,58	X
	3-4	25,69	-26,88	1,63	-12,42	-9,47	34,72	27,24	36,53	28,74	-16,58	123,19	84,38
	4-5	38,38	X	1,31	-29,04	-22,22	36,53	28,74	X	X	123,19	X	X
1	1-2	22,13	-27,47	1,17	-17,43	-10,12	28,42	-6,24	42,09	9,48	128,87	25,36	X
	2-3	23,10	-25,22	-2,89	-17,08	-9,72	42,09	8,48	35,35	2,10	25,36	-12,62	X
	3-4	12,23	-22,99	2,05	-13,54	-1,14	35,35	2,10	39,50	9,20	-12,62	144,50	102,84
	4-5	25,70	X	0,96	-22,45	-13,79	39,50	9,20	X	X	144,50	X	X

Portiguc Lon Gitudinal B-B sans 018 G-E													
Niv	travée	Mw	Me	Mt	Te	Tw	Msup Poteau	Mint Poteau	Msup Poteau	Mint Poteau	Nw Cumuli	Ne Cumuli	N*
12	1-2	-2,74	1,04	-0,03	-0,02	2,11	/	-2,74	/	-3,38	-0,13	2,31	X
	2-3	-2,35	0,96	0,19	-0,14	1,99	/	-3,38	/	-3,38	2,31	2,97	X
	3-4	-2,42	0,24	0,62	-0,87	1,97	/	-3,38	/	-2,83	2,97	3,06	15,83
	4-5	-2,59	X	0,08	0,35	2,19	/	-2,83	/	X	3,06	X	X
11	1-2	-5,03	3,38	-0,26	1,43	3,22	-0,97	-4,05	-1,84	-6,01	-1,67	4,27	X
	2-3	-4,47	3,46	0,17	1,31	3,09	-1,84	-6,01	-1,77	-5,63	4,27	6,01	X
	3-4	-3,94	1,94	0,34	0,03	2,41	-1,77	-5,63	-1,83	-5,93	6,01	8,28	28,23
	4-5	-5,81	X	0,56	0,69	5,25	-1,83	-5,93	X	X	8,28	X	X
10	1-2	-8,15	5,30	-0,59	2,96	4,75	-2,19	-5,95	-4,01	-8,58	-4,68	6,34	X
	2-3	-6,84	6,13	0,33	2,70	4,49	-4,01	-8,58	-3,75	-8,32	6,34	9,66	X
	3-4	-5,95	3,66	0,16	0,81	3,19	-3,75	-8,32	-4,07	-8,29	9,66	5,20	31,88
	4-5	-8,98	X	0,82	1,45	7,95	-4,07	-8,29	X	X	5,20	X	X
9	1-2	-11,42	7,13	-1,55	4,21	6,11	-3,69	-7,94	-5,62	-9,81	-8,93	8,45	X
	2-3	-8,29	9,46	1,30	3,98	5,88	-5,62	-9,81	-6,53	-11,48	8,45	13,26	X
	3-4	-8,56	6,00	0,09	1,77	4,30	-6,53	-11,48	-7,50	-11,23	13,26	5,77	45,16
	4-5	-12,73	X	0,79	3,78	10,32	-7,50	-11,23	X	X	5,77	X	X
8	1-2	-11,95	10,31	-0,27	5,24	7,14	-4,29	-7,67	-8,02	-13,76	-14,21	10,37	X
	2-3	-11,46	10,82	0,35	5,24	7,14	-8,02	-13,76	-7,71	-12,69	10,37	18,54	X
	3-4	-9,59	7,79	0,42	2,35	4,88	-7,71	-12,69	-9,24	-14,07	18,54	5,14	59,54
	4-5	-15,52	X	0,76	5,56	12,16	-9,24	-14,07	X	X	5,14	X	X
7	1-2	-15,06	11,93	-1,02	6,55	8,45	-7,65	-7,42	-11,26	-13,74	-20,80	12,76	X
	2-3	-13,07	12,21	0,21	6,07	7,98	-11,26	-13,74	-10,40	-12,45	12,76	23,25	X
	3-4	-10,64	8,58	0,29	2,74	5,27	-10,40	-12,45	-11,55	-13,80	23,25	4,11	74,33
	4-5	-16,77	X	0,75	6,35	12,95	-11,55	-13,80	X	X	4,11	X	X
6	1-2	-19,70	15,41	-1,74	8,74	10,76	-9,74	-9,96	-14,30	-17,76	-29,61	15,45	X
	2-3	-16,64	16,15	0,38	8,09	10,11	-14,30	-17,76	-13,47	-16,35	15,45	30,02	X
	3-4	-13,67	11,16	0,11	3,84	6,52	-13,47	-16,35	-14,87	-17,25	30,02	1,71	30,28
	4-5	-20,96	X	0,73	8,97	15,67	-14,87	-17,25	X	X	1,71	X	X
5	1-2	-18,37	16,62	-0,46	8,71	10,73	-8,2	-10,18	-14,53	-19,95	-38,37	17,46	X
	2-3	-17,85	17,25	0,31	8,73	10,75	-14,53	-19,95	-13,41	-18,36	17,46	36,63	X
	3-4	-14,52	11,70	-0,08	4,12	6,80	-13,41	-18,36	-14,16	-19,34	36,63	-0,93	106,53
	4-5	-21,80	X	0,72	9,50	16,20	-14,16	-19,34	X	X	-0,93	X	X
4	1-2	-29,08	24,29	-2,09	13,82	15,83	-10,14	-18,94	-16,32	-33,48	-52,24	20,30	X
	2-3	-25,51	24,93	0,18	13,00	15,01	-16,32	-33,48	-15,03	-30,20	20,30	45,23	X
	3-4	-20,30	16,83	-0,52	6,39	9,08	-15,03	-30,20	-15,84	-30,79	45,23	-0,41	124,81
	4-5	-29,80	X	0,64	14,62	21,32	-15,84	-30,79	X	X	-0,41	X	X
3	1-2	-40,18	35,34	-2,49	19,86	22,08	-20,47	-19,70	-33,48	-38,54	-72,17	23,25	X
	2-3	-36,69	36,27	0,17	19,15	21,37	-33,48	-38,54	-30,19	-35,11	23,25	56,61	X
	3-4	-29,03	25,99	-0,23	9,97	12,93	-30,19	-35,11	-33,33	-36,99	56,61	47,25	146,87
	4-5	-44,32	X	0,24	23,83	30,65	-33,33	-36,99	X	X	47,25	X	X
2	1-2	-36,62	33,18	-1,70	18,28	20,50	-24,99	-12,28	-38,55	-29,16	-90,57	25,62	X
	2-3	-34,53	34,85	0,57	18,15	20,37	-38,55	-29,16	-35,10	-27,68	25,62	67,56	X
	3-4	-27,93	24,38	-0,45	9,42	12,37	-35,10	-27,68	-36,97	-29,24	67,56	-27,05	168,52
	4-5	-41,94	X	0,53	22,22	29,04	-36,97	-29,24	X	X	-27,05	X	X
1	1-2	-26,17	22,91	1,13	9,97	17,28	-30,14	4,01	-41,93	-8,26	-100,60	33,30	X
	2-3	-27,28	20,36	-0,83	9,58	16,89	-44,93	-8,26	-37,45	-4,88	33,30	83,50	X
	3-4	-21,97	13,27	3,09	1,14	13,54	-37,45	-4,88	-37,36	-6,36	83,50	-27,30	198,96
	4-5	-30,46	X	0,98	13,29	22,45	-37,36	-6,36	X	X	-27,30	X	X

Partique transversal sous G+P-E

Niv	travée	Mw	Mc	Me	Tc	Tw	Msup w Poteau	Minf w Poteau	Msup e Poteau	Minf e Poteau	Nw Cumulé	Nc Cumulé	N*
12	1-2	-9,21	-6,55	2,78	-8,01	9,13	/	-7,21	/	-5,86	6,81	18,34	9,63
	2-3	-10,31	-1,33	5,36	-6,81	10,33	/	-5,86	/	1,33	18,34	6,81	22,23
11	1-2	13,16	-3,03	1,23	-5,51	9,48	-3,68	-9,47	-2,51	-9,89	11,73	33,92	21,69
	2-3	-10,79	2,34	5,59	-4,92	10,07	-2,51	-9,89	1,72	-4,07	33,92	11,73	41,91
10	1-2	-12,63	-0,78	0,09	-4,19	10,20	-4,84	-12,79	-6,60	-15,44	15,49	49,34	34,94
	2-3	-12,14	6,29	6,61	-3,76	11,23	-6,60	-15,44	-0,96	-5,33	49,34	15,49	61,79
9	1-2	-19,76	0,29	-0,42	-3,56	11,43	-5,93	-13,83	-2,10	-18,42	18,72	64,66	47,03
	2-3	-13,65	8,12	7,04	-3,23	11,76	-8,10	-18,42	-0,11	-8,01	64,66	18,72	82,46
8	1-2	-21,58	2,88	-0,73	-3,34	12,16	-7,69	-13,89	-12,28	-17,74	21,72	80,50	58,48
	2-3	-14,68	9,54	7,59	-3,00	12,50	-12,28	-17,74	-1,67	-7,87	80,50	21,72	104,13
7	1-2	-20,86	0,52	-0,65	-3,56	11,88	-8,62	-12,25	-10,73	-15,43	24,90	96,32	69,25
	2-3	-14,28	8,74	7,39	-3,24	12,26	-15,73	-15,43	-3,10	-5,63	96,32	24,90	126,22
6	1-2	-32,72	6,45	-3,88	-0,07	15,43	-17,47	-15,24	-28,66	-28,97	24,49	112,30	75,16
	2-3	-20,19	21,14	10,86	0,41	15,91	-28,66	-28,97	-11,69	-9,46	112,30	24,49	149,55
5	1-2	-33,14	6,69	-4,02	0,07	15,57	-10,98	-15,32	-24,67	-30,69	23,94	128,28	80,19
	2-3	-20,73	21,63	11,00	0,65	16,05	-24,67	-30,69	-12,20	-9,44	128,28	23,94	173,22
4	1-2	-50,87	15,53	-8,83	5,27	20,77	-21,27	-29,61	-29,49	-34,34	18,19	114,26	84,06
	2-3	-29,25	39,29	15,01	5,75	21,25	-29,49	-54,34	-15,63	-23,65	114,26	18,19	168,90
3	1-2	-68,38	19,10	-11,37	5,37	28,93	-30,73	-58,45	-58,86	-48,75	11,96	168,68	83,65
	2-3	-40,48	51,18	22,05	6,23	29,79	-58,86	-48,75	-22,33	-28,85	168,68	11,96	236,73
2	1-2	-67,00	18,41	-10,91	4,96	28,53	-38,57	-28,43	-57,50	-25,81	6,19	193,06	77,72
	2-3	-39,91	49,64	21,45	5,77	29,34	-57,50	-25,81	-30,43	-19,21	193,06	6,19	274,09
1	1-2	-45,57	7,41	-4,58	-1,65	22,42	-42,75	-2,82	-8,73	11,32	7,13	217,84	83,42
	2-3	-29,11	27,45	15,37	-0,94	23,13	-81,73	11,32	-34,97	7,52	217,84	7,13	321,83

Partique transversal sous 0.8G-E

12	1-2	-7,58	-4,04	1,76	-4,17	6,73	/	-7,58	/	-5,86	4,41	12,86	6,45
	2-3	-7,80	0,30	4,14	-4,41	7,59	/	-5,86	/	-0,30	12,86	4,41	15,83
11	1-2	-10,93	-0,25	-0,10	-2,40	6,58	-2,57	-8,36	-2,51	-9,98	6,43	22,22	13,17
	2-3	-8,01	4,57	4,26	-2,02	6,96	-2,51	-9,89	0,61	-5,18	22,22	6,43	28,23
10	1-2	-15,32	1,94	-1,23	-1,10	7,87	-4,05	-11,27	-6,60	-15,44	16,26	22,22	28,43
	2-3	-10,02	8,60	5,29	-0,83	8,14	-6,60	-15,44	-1,75	-6,85	22,22	16,26	41,88
9	1-2	-17,39	2,98	-1,73	-0,49	8,48	-4,75	-12,65	-8,10	-18,42	7,54	31,40	24,60
	2-3	-10,96	10,49	5,73	-0,28	8,69	-8,10	-18,42	-1,29	-9,19	31,40	7,54	45,16
8	1-2	-19,17	3,60	-2,07	-0,22	9,16	-6,49	-12,69	-12,28	-17,74	7,54	41,00	29,08
	2-3	-11,96	11,95	6,25	0	9,38	-12,28	-17,74	-2,87	-9,07	41,00	7,54	59,54
7	1-2	-18,44	3,24	-1,89	-0,44	8,94	-7,52	-10,93	-15,73	-15,43	7,78	50,58	32,94
	2-3	-11,56	11,16	6,05	-0,24	9,14	-15,73	-15,43	-4,20	-6,95	50,58	7,78	74,33
6	1-2	-30,40	9,22	-5,24	3,08	12,46	-16,31	-14,08	-28,66	-28,97	4,40	60,26	30,75
	2-3	-17,72	23,46	9,50	3,38	12,76	-28,66	-28,97	-12,85	-10,62	60,26	4,40	90,28
5	1-2	-30,79	9,46	-5,39	3,22	12,60	-16,82	-14,06	-24,67	-30,69	0,88	69,90	31,16
	2-3	-17,96	23,95	9,64	3,52	12,88	-24,67	-30,69	-13,36	-10,60	69,90	0,88	106,53
4	1-2	-47,56	18,30	-10,19	8,42	17,80	-20,14	-28,42	-29,49	-54,34	-7,84	79,58	26,33
	2-3	-26,78	41,60	14,45	8,72	18,10	-29,49	-54,34	-16,76	-24,92	79,58	-7,84	124,81
3	1-2	-63,48	25,19	-14,35	12,24	22,52	-28,48	-35,00	-58,86	-48,75	-20,48	90,26	12,54
	2-3	-34,59	56,08	19,07	12,64	22,92	-58,86	-48,75	-24,78	-31,30	90,26	-20,48	146,87
2	1-2	-62,06	24,47	-13,78	11,80	22,10	-36,25	-25,81	-57,50	-25,81	-32,68	100,96	-1,83
	2-3	-33,85	54,58	18,48	12,20	22,48	-57,50	-25,81	-32,95	-27,85	100,96	-32,68	168,52
1	1-2	-41,77	11,92	-6,80	3,49	17,57	-41,12	-0,65	-8,73	11,32	-36,39	115,46	-4,61
	2-3	-24,60	31,25	13,16	3,91	17,99	-81,73	11,32	-36,60	5,35	115,46	-36,59	198,96

		Portique transversal					sous G+P+E							
Niv	travaux	Mw	Mc	Me	Te	Tu	M ^{sup} _{Poteau}	M ^{inf} _{Poteau}	M ^{sup} _{Poteau}	M ^{inf} _{Poteau}	Mw cumule	Nc cumule	N*	
12	1-2	-1,33	-10,13	5,36	-10,33	6,81	/	-1,33	1	5,86	9,13	18,34	12,77	
	2-3	-6,37	-9,21	2,98	-9,13	8,01	/	5,86	1	9,21	18,34	9,13	21,37	
11	1-2	2,34	-10,79	5,59	-10,07	4,92	-1,72	4,07	2,57	9,89	18,61	33,92	31,35	
	2-3	-3,03	-13,16	1,23	-9,48	5,57	2,57	9,89	3,68	9,47	33,92	17,61	39,11	
10	1-2	6,29	-12,74	6,61	-11,23	3,76	0,96	5,33	6,60	15,44	29,41	49,34	54,40	
	2-3	-0,78	-17,63	0,09	-10,80	4,19	6,60	15,44	4,84	12,79	49,34	29,41	56,03	
9	1-2	8,12	-13,65	7,04	-11,76	3,23	0,11	8,01	8,10	18,42	40,84	64,66	78,81	
	2-3	0,29	-19,76	-0,42	-11,43	3,56	8,10	18,42	5,93	13,83	64,66	40,84	72,72	
8	1-2	9,54	-14,68	7,59	-12,50	3,00	4,67	-7,87	12,28	17,74	53,00	80,50	104,36	
	2-3	0,88	-21,58	-0,73	-12,16	3,34	12,28	17,74	7,69	13,89	80,50	53,00	89,25	
7	1-2	8,74	-14,28	7,49	-12,26	3,18	3,10	5,63	15,73	15,43	64,88	96,32	130,43	
	2-3	0,52	-20,86	-0,55	-11,94	3,56	15,73	15,43	8,62	12,25	96,32	64,88	105,34	
6	1-2	2,14	-20,49	10,86	-15,91	-9,41	11,69	9,46	28,66	28,97	80,31	112,30	162,00	
	2-3	6,45	-32,72	-3,88	-15,43	0,07	28,66	28,97	17,47	15,24	112,30	80,31	120,81	
5	1-2	2,68	-20,73	11,00	-16,05	-9,55	12,20	9,44	24,67	30,69	95,88	128,28	182,73	
	2-3	6,69	-33,21	-4,02	-15,57	-0,07	24,67	30,69	17,88	15,22	128,28	95,88	135,94	
4	1-2	39,29	-29,55	15,81	-21,25	-5,25	15,63	23,65	29,49	54,34	116,65	144,26	233,84	
	2-3	15,53	-50,87	-8,83	-20,77	-5,27	29,49	54,34	21,27	24,61	144,26	116,65	149,10	
3	1-2	51,18	-40,68	22,05	-29,79	-6,23	22,35	28,85	58,86	48,75	145,58	168,168	283,75	
	2-3	19,10	-68,38	-11,35	-28,93	-5,37	58,86	48,75	30,93	37,47	168,168	145,58	169,33	
2	1-2	49,64	-39,91	21,45	-29,34	-5,77	30,43	19,21	57,50	25,81	174,11	193,06	327,14	
	2-3	18,41	-67,00	-10,81	-28,53	-4,96	57,50	25,81	38,57	28,43	193,06	174,11	189,95	
1	1-2	27,45	-29,11	15,38	-23,13	0,94	34,97	-7,52	81,73	-11,32	196,53	217,84	363,42	
	2-3	7,41	-45,57	-4,58	-22,42	1,65	81,73	-11,32	42,75	2,82	217,84	196,53	225,71	
		Portique transversal					sous 0,8G+E							
12	1-2	0,30	-7,62	4,14	-6,59	4,41	/	0,30	/	5,86	6,73	12,86	9,59	
	2-3	-3,86	-7,58	1,76	-6,73	5,27	/	5,86	/	7,58	12,86	6,73	14,97	
11	1-2	4,57	-8,01	4,26	-6,56	2,02	-0,61	5,18	2,51	9,89	13,31	22,22	22,83	
	2-3	-0,25	-10,95	-0,10	-6,58	2,40	2,51	9,89	2,57	8,36	22,22	13,31	25,43	
10	1-2	8,60	-10,02	5,29	-8,14	0,83	1,75	6,85	16,60	15,44	21,18	22,22	38,89	
	2-3	1,94	-15,32	-1,23	-7,87	1,10	6,60	15,44	4,05	11,27	27,22	21,18	25,92	
9	1-2	10,49	-10,96	5,73	-8,69	0,28	1,29	9,19	8,10	18,42	29,66	31,40	56,38	
	2-3	2,98	-17,39	-1,73	-8,48	0,49	8,10	18,42	4,75	12,65	31,40	29,66	35,42	
8	1-2	11,95	-11,76	6,25	-9,48	0	2,87	9,07	12,28	17,74	38,82	41,00	74,96	
	2-3	3,60	-19,17	2,07	-9,16	0,22	12,28	17,74	6,49	12,69	41,00	38,82	44,66	
7	1-2	11,16	-11,56	6,05	-9,14	0,24	4,20	6,95	15,73	15,43	47,76	50,58	94,12	
	2-3	3,24	-18,44	-1,89	-8,94	0,44	15,73	15,43	7,52	10,93	50,58	47,76	53,45	
6	1-2	23,46	-17,72	9,50	-12,76	-3,38	12,85	10,62	28,66	28,97	60,22	60,22	117,79	
	2-3	9,22	-30,10	-5,24	-12,46	-3,08	28,66	28,97	16,31	14,08	60,22	60,22	61,54	
5	1-2	23,95	-17,96	9,64	-12,90	-3,52	13,36	10,60	24,67	30,69	72,82	69,90	143,70	
	2-3	9,46	-30,89	-5,38	-12,60	-3,24	24,67	30,69	16,82	14,06	69,90	72,82	69,34	
4	1-2	41,60	-26,78	14,45	-18,10	-8,72	16,76	24,84	29,49	54,34	90,62	79,58	176,11	
	2-3	18,30	-48,56	-10,19	-17,80	-8,42	29,49	54,34	20,14	28,42	79,58	90,62	75,01	
3	1-2	56,08	-34,59	19,07	-22,92	-12,64	24,78	31,30	58,86	48,75	113,14	90,26	212,64	
	2-3	25,19	-63,49	14,35	-22,52	-12,24	58,86	48,75	28,48	35,00	90,26	113,14	79,47	
2	1-2	54,58	-33,85	18,48	-22,50	-12,20	32,75	21,83	57,50	25,81	135,24	100,96	247,55	
	2-3	24,47	-62,06	-13,78	-22,10	-11,82	57,50	25,81	36,05	25,81	100,96	135,24	84,38	
1	1-2	31,25	-24,60	13,16	-17,99	-3,91	36,60	-5,35	81,73	11,32	152,81	115,46	275,33	
	2-3	11,92	-41,77	-6,80	-17,57	-3,49	81,73	-11,32	41,12	0,65	115,46	152,81	102,84	

FERRAILLAGE
DES PORTIQUES

calcul des poutres

- Conformément à l'article A-15 du CCBA 68, Les Poutres seront calculées en flexion simple, il ne sera pas tenu compte des efforts normaux dans celles-ci; elles seront ferraiLLées sous les sollicitations pondérées calculées précédemment.
- La section d'acier sera calculée sous la sollicitation du 1er genre (SP1) et sous la plus défavorable du 2em genre (SP2).
 - sollicitation du 1er genre ($G + 1,2P$)
 - sollicitation du 2em genre ($G + T \pm E$); ($0,8G \pm E$)
- Si le moment sous SP1 augmenté de 50% est supérieur au moment sous SP2 on calculera et on vérifiera la section d'armature sous SP1. les calculs et les vérifications seront faits sous SP2 dans le cas contraire.

Etapas de calcul :

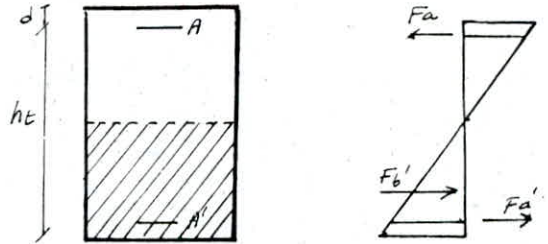
Moment résistant du Béton

$$M_{rb} = \frac{1}{2} \bar{G}_b \kappa b \left(h - \frac{\kappa}{3}\right)$$

Si $M_{rb} > \text{Moment de flexion}$

donc $A' = 0$; $A = \frac{M_{fL}}{\bar{G}_a \left(h - \frac{\kappa}{3}\right)}$

Si $M_{rb} < M_{fL} \Rightarrow A' \neq 0$



1er hypothese :

$$\begin{aligned} \bar{G}_a &= \bar{G}_a \\ \bar{G}_b &= \bar{G}_b \end{aligned}$$

$$G_a = n G_b \cdot \frac{x - d'}{x} \Rightarrow \text{Si } G_a < \bar{G}_a \text{ donc hypothese a prendre}$$

$$\text{Si } G_a > \bar{G}_a \text{ a rejeter}$$

2eme hypothese :

$$\begin{aligned} \bar{G}_a &= \bar{G}_a \\ \bar{G}_b &= \bar{G}_a \end{aligned}$$

$$x = \frac{h + d'}{2} \Rightarrow G_b = \frac{x G_a}{n(x - d')}$$

donc le moment résistant devient

$$M_{rb} = \frac{1}{2} G_b b x \left(h - \frac{\kappa}{3}\right)$$

Pour les deux hypothèses

$$A' = \frac{M - F_b' z b'}{G_b (h - d')}$$

$$A = \frac{F_a' + F_b'}{G_a}$$

Vérification des contraintes

$$\sigma_x - \sigma = \frac{b x^2}{2} + n A' (x - d') - n A (h - x) = 0$$

$$I = \frac{b x^3}{3} + n A' (x - d')^2 + n A (h - x)^2$$

Condition à vérifier

$$K = \frac{M}{I} \Rightarrow G'_b = \frac{M/L}{I} x < \bar{G}'_b$$

$$G_a = n \frac{M}{I} (h-x) < \bar{G}_a$$

$$G'_a = n \frac{M/L}{I} (x-d') < \bar{G}'_a$$

- Condition de non fragilité: Il faut que la section d'armatures tendue soit supérieure à une valeur limite $A \geq 0,69 \frac{\bar{G}_b}{\sigma_{en}} b \cdot h$

- Condition de la flèche: (Art. 61 du C.C.B.A. 68)

Il n'est pas nécessaire de donner la justification de la flèche si les conditions suivantes sont remplies.

$$(C.C.B.A. 68 \text{ art. 58.4}) \left\{ \begin{array}{l} A < \frac{43}{\sigma_{en}} b \cdot h \\ \frac{h}{e} > \frac{1}{16} \\ \frac{h}{e} > \frac{M}{10 M_0} \end{array} \right.$$

- Justification d'about: La longueur d'about nécessaire doit satisfaire l'inégalité suivante.

$$C \geq C_0 = \frac{eT}{b \bar{G}_b}$$

T: L'effort tranchant de l'appui de rive.

C₀: Longueur de la bielle nécessaire pour transmettre les efforts de la poutre au poteau.

C: Distance de l'appui au point où commence l'ancrage.

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

d: enrobage.

r: rayon de courbure.

a: largeur du poteau.

- Armatures inférieures: la section minimale des armatures tendues en travées conduites jusqu'à un appui où le moment est M doit pouvoir équilibrer un effort égal à: $T + \frac{M}{Z}$

$$A \bar{G}_a \geq T + \frac{M}{Z} \quad (M \text{ avec son signe})$$

- Condition de non fissuration

on doit vérifier que $\max(G_1, G_2) \geq \bar{G}_a$ avec

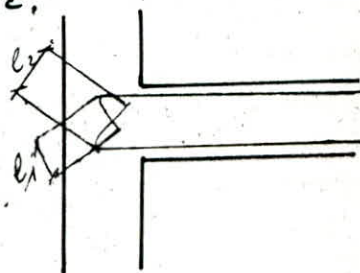
$$G_1 = \frac{K n \bar{\omega} f}{1 + 10 \bar{\omega} f}$$

$$G_2 = 2,4 \sqrt{\frac{K \cdot n \bar{G}_b}{\phi}}$$

- Ancrage: L'ancrage des armatures longitudinales des pout. dans les poteaux de rives et d'angles doit être effectuée conformément à la configuration suivante.

$$L_1 \geq 20 \phi$$

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



Calcul des armatures transversales et des espacements

- La quantité d'armature transversale minimale est donnée par le (RPA 81).

$$A_t = 0,004 \times t \times b \quad \text{en Zone II}$$

$$A_t = 0,003 \times t \times b \quad \text{en Zone I}$$

t = espacement des cadres

b = largeur de la poutre

- La contrainte de cisaillement du Béton est prise égale

$$\bar{\tau}_b = \frac{T}{b \cdot z} \quad (\text{Art. 25 CCBA 68})$$

on doit vérifier cependant

$$\left\{ \begin{array}{l} \bar{\tau}_b \leq 3,5 \bar{\tau}_b \quad \text{si } G'_b \leq \bar{G}'_b \\ \bar{\tau}_b \leq \left(4,5 - \frac{G'_b}{\bar{G}'_b}\right) \bar{\tau}_b \\ \quad \text{si } \bar{G}'_b \leq G'_b \leq 2 \bar{G}'_b \end{array} \right.$$

si $\bar{\tau}_b \leq \bar{\tau}_b$, on utilise des cadres droits

- La contrainte admissible des armatures transversales est

$$\bar{\sigma}_{at} = f_c \cdot \eta \quad (\text{avec reprise du Bétonnage})$$

- L'espacement $t \leq \bar{t}$, avec $t \leq \frac{\bar{\sigma}_{at} \cdot z \cdot A_t}{T}$, $z = 7/8 h$

$$\bar{\sigma}_{at} = \max \left\{ \begin{array}{l} \left(1 - \frac{\bar{\tau}_b}{\tau_b}\right) \eta \cdot f_c \\ 2/3 \eta \cdot f_c \quad (\text{sans reprise de bétonnage}) \end{array} \right.$$

L'espacement admissible : prescrit par (R.P.A 81 art 4.2.3)

$$t \leq \min \left(12 \phi ; \frac{h}{4} ; 30 \text{ cm} \right) \text{ zone nodale}$$

$$\text{et } \bar{t} \leq \frac{h}{2} \text{ zone courante}$$

moment de calcul du Portique B-B

-2,30	-0,03	-2,10		-2,82		-2,82		-2,82		-2,70	0,03	-2,90		
1,86	0,95	1,13	0,43	0,96	0,88	1,39	0,16	1,39	0,88	0,96	0,43	1,13	0,95	1,86
-5,25	-0,41	-4,82		-5,03		-6,39		-6,39		-5,03		-4,82	0,41	-5,25
3,35	1,02	3,38	0,36	3,46	0,73	3,49	0,91	3,49	0,91	3,46	0,73	3,38	1,02	3,35
-8,38	-0,53	-7,11		-7,57		-9,91		-9,91		-7,57		-7,11	-0,53	-8,38
7,15	1,30	5,80	0,38	6,13	1,00	5,72	1,40	5,72	1,00	6,13	0,38	5,80	1,30	7,15
-11,67	-1,55	-8,61	-0,76	-10,88		-13,63		-13,63		-10,88	-0,76	-8,61	-1,55	-11,67
10,40	2,29	7,19	1,42	9,46	1,14	6,00	1,41	6,00	1,14	9,46	1,42	7,19	2,29	10,40
-12,20	-0,27	-11,79		-12,34		-16,42		-16,42		-12,34		-11,79		-12,20
10,93	1,01	10,63	0,41	10,82	0,75	12,20	1,41	12,20	0,75	10,82	0,41	10,63	1,01	10,93
-15,31	-1,02	-13,40		-13,73		-17,67		-17,67		-13,73		-13,40	-1,02	-15,31
14,04	1,76	11,93	0,41	12,21	0,75	13,43	1,41	13,43	0,75	12,21	0,41	11,93	1,76	14,04
-15,96	-1,53	-16,98		-17,76		-21,86		-21,86		-17,76		-16,98	-1,53	-15,96
18,64	2,53	15,41	0,42	16,15	1,19	17,58	1,43	17,58	1,19	16,15	0,42	15,41	2,53	18,64
-17,83	-0,46	-17,90		-18,86		-22,30		-22,30		-18,86		-17,90	-0,46	-17,83
17,31	1,25	16,67	0,42	16,94	1,38	18,42	1,43	18,42	1,38	16,94	0,42	16,67	1,25	17,31
-27,34	-1,94	-25,85		-26,53		-30,71		-30,71		-26,53		-25,85	-1,94	-27,34
28,00	4,88	24,33	0,53	24,83	1,82	26,42	1,43	26,42	1,82	24,83	0,53	24,33	4,88	28,00
-49,66	-2,49	-37,29		-38,29		-45,58		-45,58		-38,29		-37,29	-2,49	-49,66
39,00	3,46	35,39	0,57	36,27	1,09	40,88	1,06	40,88	1,09	36,27	0,57	35,39	3,46	39,00
-36,62	-1,70	-34,53		-36,86		-43,10		-43,10		-36,86		-34,53	-1,70	-36,62
35,44	2,66	33,23	0,57	34,85	2,07	33,28	1,60	33,28	2,07	34,85	0,57	33,23	2,66	35,44
-27,55	-2,89	-29,05		-26,96		-34,25		-34,25		-26,96		-29,05	-2,89	-27,55
27,13	1,95	23,10	3,54	20,46	4,90	27,70	1,55	27,70	4,90	20,46	3,54	23,10	1,95	27,13

Portique Longitudinale B-B
calcul des armatures aux appuis $d = d' = 3 \text{ cm}$

Niveau	Noeuds	$M > 0$ E.m	$M < 0$ E.m	A (cm^2)	A (cm^2)	G_1 kg/cm^2	G_1 kg/cm^2	G_a kg/cm^2	G_a kg/cm^2
12	1	1,86	-2,90	1,14	1,78	43,72	56,34	3798,45	3842,73
	2	1,13	-2,70	0,69	1,65	33,13	54,06	3758,33	3835,15
	3	0,96	-2,82	0,59	1,73	30,30	55,44	3747,13	3839,85
	4	1,39	-2,82	0,85	1,73	37,15	55,44	3773,87	3839,85
11	1	3,95	-5,25	2,43	3,22	67,49	79,98	3879,62	3918,16
	2	3,38	-4,82	2,07	2,96	61,59	75,97	3860,48	3906,08
	3	3,46	-5,03	2,12	3,03	62,43	77,74	3863,27	3912,05
	4	3,49	-6,39	2,14	3,93	62,75	90,12	3864,31	3947,68
10	1	7,19	-8,38	4,42	5,15	96,92	106,62	3966,62	3992,64
	2	5,80	-7,11	3,56	4,37	84,95	96,25	3932,82	3964,79
	3	6,13	-7,57	3,77	4,65	87,86	100,06	3941,23	3975,19
	4	5,72	-9,91	3,51	6,09	84,24	118,54	3930,73	4023,05
9	1	10,40	-11,67	5,23	5,87	95,00	102,04	3961,35	3980,52
	2	7,19	-8,61	3,61	4,33	75,91	84,63	3905,88	3931,87
	3	9,46	-8,98	4,76	5,52	89,63	98,25	3946,27	3970,27
	4	6,00	-13,63	3,02	6,86	68,16	112,49	3881,75	4007,81
8	1	10,93	-12,20	5,50	6,14	97,77	104,91	3969,51	3988,15
	2	10,63	-11,79	5,95	5,93	96,30	102,70	3964,92	3982,26
	3	10,82	-12,34	5,44	6,21	97,36	105,67	3967,84	3990,13
	4	12,20	-16,42	6,14	8,26	104,91	126,68	3988,15	4042,88
7	1	14,04	-15,31	7,06	7,70	114,62	121,12	4013,22	4029,40
	2	11,93	-13,40	6,00	6,74	103,44	111,29	3984,29	4004,74
	3	12,21	-13,73	6,14	6,91	104,97	113,01	3988,29	4009,14
	4	13,43	-17,67	6,76	8,89	111,44	132,89	4005,14	4057,41

Portique Longitudinal B-B
calcul des armatures aux appuis $d = d' = 30\text{ cm}$

Niveau	Nœuds	$M > 0$	$M < 0$	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	$A \text{ (cm}^2\text{)}$	G_b'	G_b'	G_a	G_a
6	1	18,64	-19,86	8,60	9,21	122,89	128,42	4033,74	4047,04
	2	15,46	-16,98	7,13	7,93	109,13	115,80	3999,18	4016,19
	3	16,15	-17,76	7,45	8,19	112,18	119,15	4007,02	4024,56
	4	17,58	-21,86	8,11	10,08	118,38	136,21	4022,65	4065,25
5	1	17,31	-18,63	7,98	8,59	117,22	122,85	4019,76	4033,64
	2	16,67	-17,90	7,69	8,25	114,45	119,75	4012,80	4026,04
	3	16,94	-18,90	7,81	8,70	115,62	123,82	4015,75	4036,00
	4	18,42	-22,70	8,49	10,47	121,93	139,60	4031,47	4072,99
4	1	28,00	-29,34	12,91	13,53	160,34	165,43	4118,11	4128,64
	2	24,33	-25,85	11,22	11,92	146,09	152,05	4087,52	4100,52
	3	24,83	-26,53	11,45	12,24	148,06	154,68	4091,85	4106,18
	4	26,42	-30,71	12,19	14,17	154,26	170,58	4105,27	4139,08
3	1	39,00	-40,66	15,42	16,08	162,82	167,44	4123,28	4132,73
	2	35,39	-37,29	13,99	14,74	152,63	158,02	4101,79	4113,27
	3	36,27	-38,29	14,34	15,14	155,14	160,84	4107,15	4119,16
	4	40,88	-45,58	16,16	18,02	168,05	180,88	4133,97	4159,35
2	1	35,44	-36,62	14,01	14,48	152,77	156,13	4102,09	4109,26
	2	33,23	-34,53	13,14	13,65	146,42	150,17	4088,25	4096,46
	3	34,85	-36,86	13,78	14,57	151,09	156,81	4098,45	4110,30
	4	33,28	-43,10	13,16	17,04	146,56	174,14	4088,55	4146,19
1	1	22,13	-27,55	8,75	10,89	112,66	129,58	4008,24	4049,79
	2	23,10	-29,05	9,13	11,48	115,76	134,11	4016,09	4060,39
	3	20,46	-26,96	8,09	10,66	107,22	127,78	3994,21	4045,53
	4	27,70	-32,25	10,95	12,78	130,04	143,57	4050,87	4081,93

Portique Longitudinal B.B

Calcul des armatures en travées

Niv	Travées	M (t.m)	A (cm ²)	G _b (kg/cm ²)	G _{ca} (kg/cm ²)
12	1-2	0,95	0,93	27,12	2524,80
	2-3	0,43	0,42	17,54	2487,32
	3-4	0,88	0,87	25,98	2520,54
	4-5	0,16	0,15	10,36	2456,74
11	1-2	1,02	1,00	28,22	2528,89
	2-3	0,36	0,35	15,94	2480,70
	3-4	0,73	0,72	23,42	2510,75
	4-5	0,91	0,89	26,48	2522,38
10	1-2	1,30	1,28	32,37	2543,93
	2-3	0,38	0,37	16,41	2482,65
	3-4	1,00	0,98	27,91	2527,74
	4-5	1,40	1,38	33,77	2548,87
9	1-2	2,29	1,82	35,05	2553,34
	2-3	1,42	1,13	26,74	2523,38
	3-4	1,14	0,91	23,67	2511,69
	4-5	1,41	1,12	26,63	2522,89
8	1-2	1,01	0,80	22,14	2505,75
	2-3	0,41	0,32	13,59	2470,81
	3-4	0,75	0,59	18,81	2492,51
	4-5	1,41	1,12	26,63	2522,98
7	1-2	1,76	1,40	30,17	2536,02
	2-3	0,41	0,32	13,59	2470,81
	3-4	0,75	0,59	18,81	2492,51
	4-5	1,41	1,12	26,63	2522,98

Niv	Travées	M (t.m)	A (cm ²)	G _b (kg/cm ²)	G _{ca} (kg/cm ²)
6	1-2	2,53	1,84	33,41	2547,59
	2-3	0,42	0,30	12,49	2466,06
	3-4	1,19	0,86	21,90	2504,81
	4-5	1,43	1,04	24,24	2513,88
5	1-2	1,25	0,91	22,5	2507,17
	2-3	0,42	0,30	12,49	2466,06
	3-4	1,38	1,00	23,76	2512,07
	4-5	1,43	1,04	24,24	2513,88
4	1-2	2,88	2,09	35,98	2556,56
	2-3	0,53	0,38	14,14	2473,11
	3-4	1,82	1,32	27,72	2527,5
	4-5	1,43	1,04	24,24	2513,88
3	1-2	3,46	2,24	33,21	2546,2
	2-3	0,57	0,35	12,37	2465,55
	3-4	1,09	0,67	17,50	2487,17
	4-5	1,06	0,65	17,24	2486,1
2	1-2	2,66	1,64	28,61	2530,33
	2-3	0,57	0,35	12,37	2465,55
	3-4	2,07	1,28	24,87	2516,31
	4-5	1,60	0,99	21,57	2503,54
1	1-2	1,95	1,2	24,06	2513,21
	2-3	0,54	0,33	12,02	2464,03
	3-4	4,90	3,03	40,60	2572,14
	4-5	1,55	0,96	21,20	2502,07

ARMATURES TRANSVERSALES

sous SP2

$$\bar{G}'_0 = 1.5 \times 68.5 = 102.75 \text{ kg/cm}^2$$

$$2 \bar{G}'_0 = 205.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{G}_0 = 1.5 \cdot 5.9 = 8.85 \text{ kg/cm}^2$$

On utilise deux cadres $\phi 8 = 2.01 \text{ cm}^2$ $\bar{G}_{at} = \frac{4}{3} G_{en} = 2400 \text{ kg/cm}^2$

$$t \leq \min \left(\frac{h}{4}, 12\phi, 30 \text{ cm} \right) = (11.5 ; 14.4 ; 30) = 11.5 \text{ cm}$$

$$t \leq \frac{h}{2} \text{ soit } \left. \begin{array}{l} \frac{45}{2} = 22.5, \quad \frac{60}{2} = 30 \\ \frac{55}{2} = 27.5, \quad \frac{70}{2} = 35 \end{array} \right\} \text{ zone courante}$$

Niveau	T ^{max} (t) SP2	G' ₀ (kg/cm ²)	G ₀ (kg/cm ²)	G ₀ (kg/cm ²)	G _{at} (kg/cm ²)	AT cm ²	t _{cm}	t adopté	
								Z _n	Z _c
12	2,67	43,7	2,26	30,97	2400	2,01	71,1	10	20
11	6,35	62,43	5,37	"	"	"	29,91	10	20
10	9,71	84,24	8,22	"	"	"	19,56	10	20
9	12,15	95,00	8,41	"	"	"	15,78	10	25
8	13,83	97,97	9,57	"	"	"	16,78	10	25
7	14,72	114,91	10,19	29,30	"	"	15,77	10	25
6	17,45	109,13	13,30	30,40	"	"	14,51	10	30
5	17,98	117,72	11,41	25,98	"	"	14,08	10	30
4	23,10	160,34	14,66	25,98	"	"	10,96	10	30
3	33,07	152,77	17,99	26,63	"	"	8,93	8	30
2	31,46	152,60	17,21	26,64	"	"	9,39	8	30
1	35,48	112,66	13,86	25,29	"	"	11,59	8	30

Verifications Diverses

- Verification de La flèche :

- La justification est inutile si :

$$\frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{16} ; \quad \frac{h_t}{l} \geq \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} ; \quad \frac{A}{b_0 h} \leq \frac{43}{500}$$

1) $h_t = 45,0 \text{ cm} > \frac{480}{16} = 30 \text{ cm}$

2) $h_t = 45,0 \text{ cm} > \frac{1}{10} \frac{M_t}{M_0} 480 \implies M_t < M_0$ verifier

3) Pour 30×45 : $A_{max} = 6,16 < 30 \times 45 \times \frac{43}{4200} = 13,8 \text{ cm}^2$

Pour 30×55 : $A_{max} = 6,28 < 30 \times 55 \times \frac{43}{4200} = 16,89 \text{ cm}^2$

Pour 30×60 : $A_{max} = 6,28 < 30 \times 60 \times \frac{43}{2400} = 18,43 \text{ cm}^2$

donc La flèche est vérifiée pour toute les poutres

- Condition de non fragilité :

$$A_{min} = 4,52 > 0,69 \cdot 30 \times 45 \times \frac{5,9}{4200} = 1,31 \text{ cm}^2$$

- Condition aux appuis :

$$c \geq \frac{2T}{b_0 G_0} = c_0$$

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

$$b_0 = 30 \text{ cm}$$

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

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

$$r = 5 \phi \quad \phi = \text{diametre}$$

$$a = \text{Largeur du poteau}$$

$$b_0 = \text{ " de la poutre}$$

Niv	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
T (t)	2,47	3,65	5,18	6,55	7,58	8,89	11,22	11,19	16,29	22,93	21,35	19,77
C ₀ (cm)	1,60	2,37	3,36	4,25	4,92	5,77	7,28	7,23	10,57	14,88	13,85	12,82
C (cm)	34	34	34	34	34	36	36	36	36	36	36	36

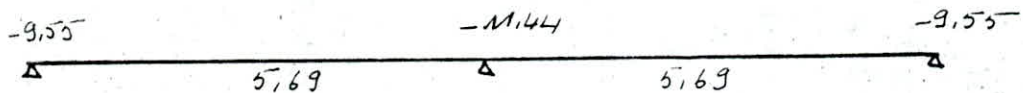
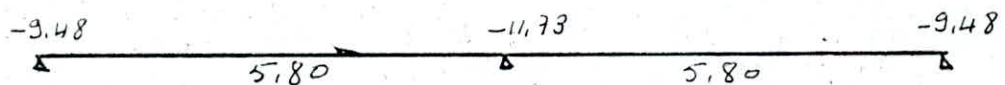
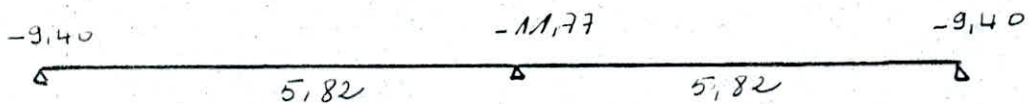
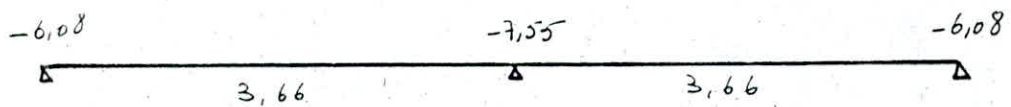
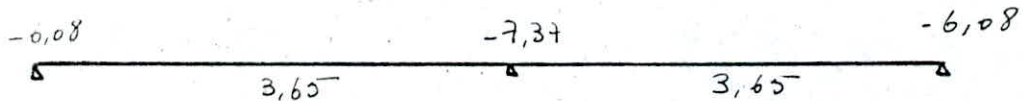
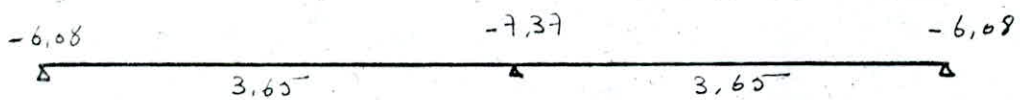
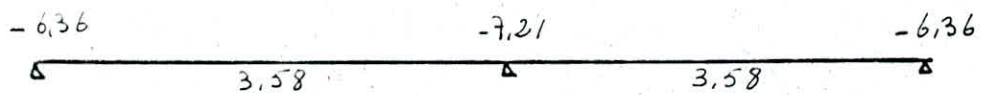
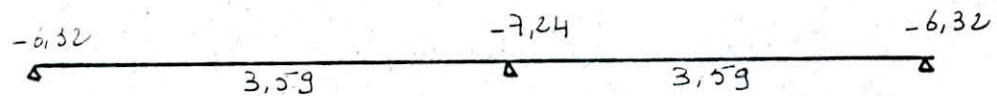
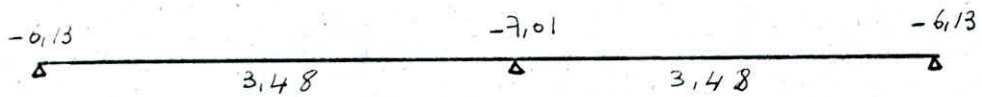
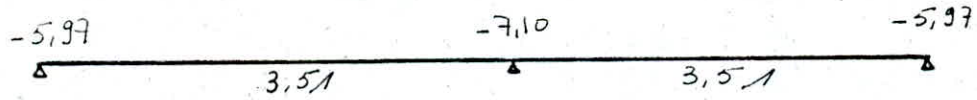
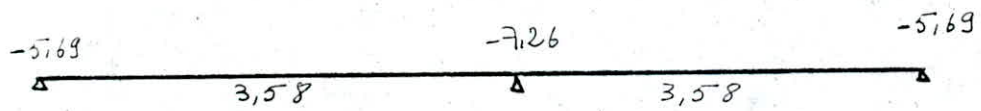
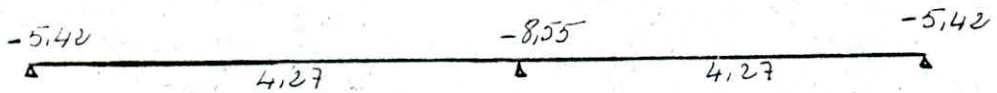
4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12
4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12	4T12 Δ 4T12	4T12
4T14 Δ 4T14	4T14	4T14 Δ 4T14	4T14	4T14 Δ 4T14	4T14	4T14 Δ 4T14	4T14
4T14 Δ 4T14	4T14	2T14 4T14 Δ 4T14	4T14	4T14 2T14 Δ 4T14	4T14	4T14 2T14 Δ 4T14	4T14
4T14 Δ 4T14	4T14	4T14 2T14 Δ 4T14	4T14	4T14 2T14 Δ 4T14	4T14	4T14 2T14 Δ 4T14	4T14
4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16
4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16
4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16	4T16 2T14 Δ 4T16 2T14	4T16
4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20	2T14 4T20 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T16 Δ 4T20 2T14	4T20
4T20 2T16 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T16 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T16 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T16 Δ 4T20 2T14	4T20
4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20	4T20 2T14 Δ 4T20 2T14	4T20
4T20 Δ 4T20	4T20	4T20 Δ 4T20	4T20	4T20 Δ 4T20	4T20	4T20 Δ 4T20	4T20

Ferrailage des Poutres

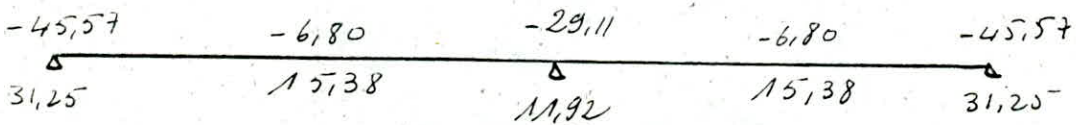
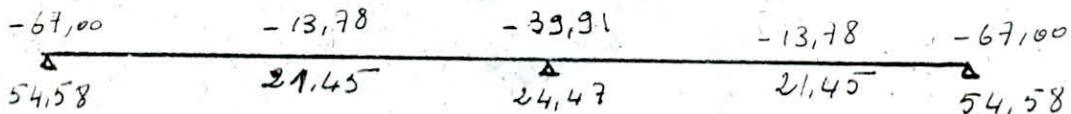
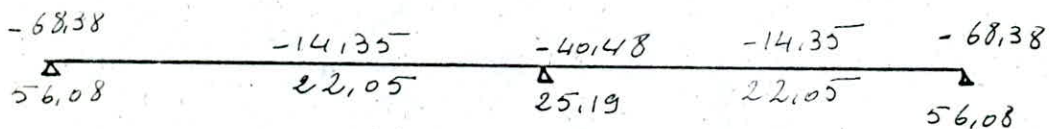
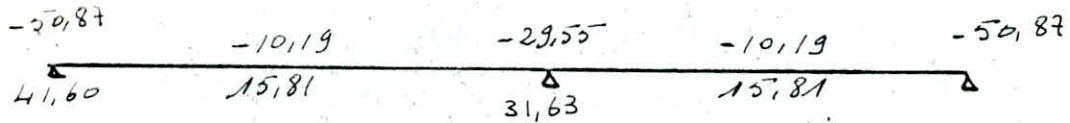
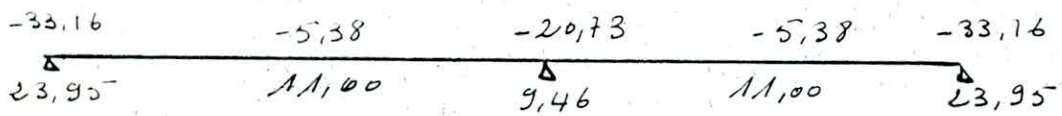
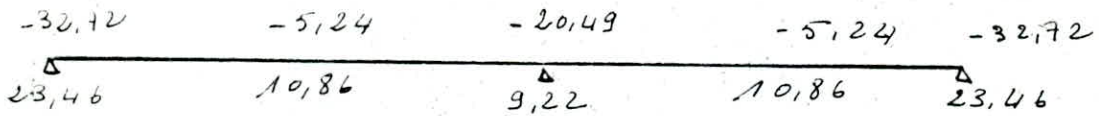
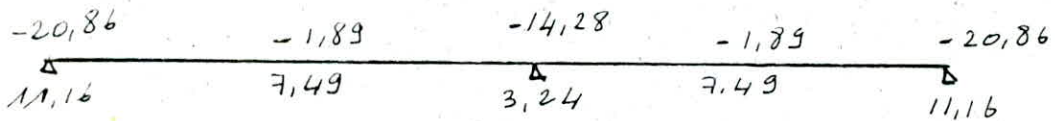
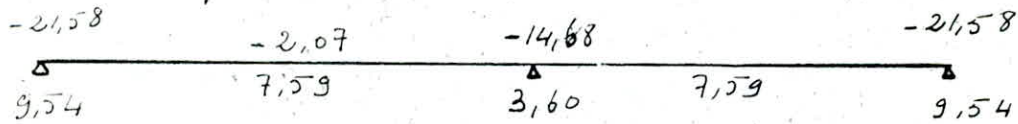
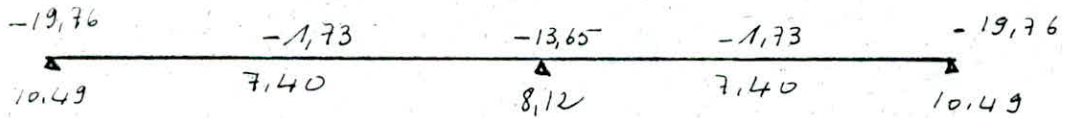
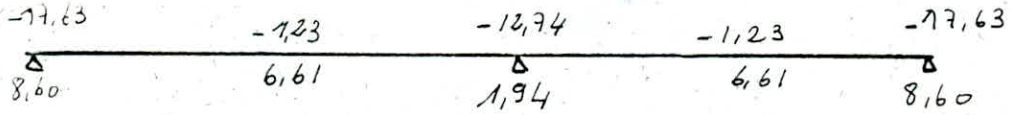
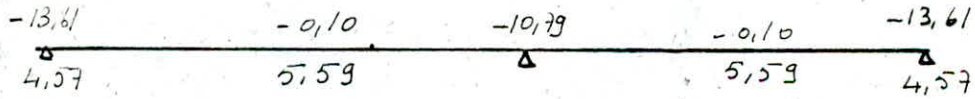
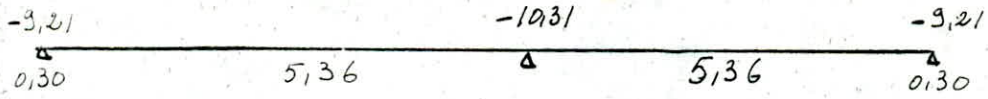
X

Y

MOMENTS DE CALCUL sous $5 \overline{1}$



Moment de calcul (sous S_F)



Portique transversal
calcul des armatures aux appuis. $d = d' = 3 \text{ cm}$

Niveau	Nœuds	$M > 0$ E.m	$M < 0$ E.m	A (cm ²)	A (cm ²)	$\bar{\sigma}_s'$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_s'$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_c$ kg/cm ²	$\bar{\sigma}_c$ kg/cm ²
12	1	0,30	-9,21	0,16	5,09	14,55	59,16	3680,70	3992,74
	2	/	-10,31	/	5,70	/	106,39	/	3992,04
11	1	4,57	-13,61	2,53	7,53	54,96	126,91	3871,49	4043,45
	2	/	-10,79	/	5,97	/	109,48	/	4007,7
10	1	8,60	-17,63	4,76	9,76	95,04	150,24	3961,45	4096,62
	2	1,94	-12,74	1,07	7,05	39,78	121,65	3783,81	4030,68
9	1	10,49	-19,76	5,80	10,94	107,55	162,07	3995,08	4121,72
	2	8,12	-13,65	4,50	7,55	91,74	127,15	3952,23	4044,02
8	1	9,54	-21,58	5,28	11,94	101,35	171,95	3978,66	4141,81
	2	3,60	-14,68	1,94	8,12	56,52	133,27	3843,54	4058,46
7	1	11,14	-20,86	4,75	8,88	68,11	99,47	3881,6	3973,60
	2	3,24	-14,28	1,38	6,08	33,69	78,90	3760,51	3914,93
6	1	23,46	-32,72	9,99	13,93	107,04	132,33	3993,75	41056,27
	2	9,22	-20,49	3,92	8,72	60,88	98,37	3858,16	3970,61
5	1	23,95	-33,16	10,20	14,12	108,44	133,49	3997,40	4058,95
	2	9,46	-20,73	4,02	8,82	61,80	99,09	3861,20	3972,55
4	1	41,60	-50,87	17,71	21,66	154,90	177,27	4106,63	4152,34
	2	31,63	-29,55	13,47	12,58	129,47	123,92	4049,52	4036,24
3	1	56,08	-68,38	20,70	25,24	156,18	178,43	4109,37	4154,60
	2	25,19	-40,48	9,29	14,94	93,65	126,21	3957,58	4041,77
2	1	54,58	-64,00	20,14	24,73	153,40	175,98	4103,43	4149,81
	2	24,47	-38,91	9,03	14,89	91,89	125,07	3952,91	4039,01
1	1	31,25	-45,57	11,53	16,82	107,08	136,26	3993,84	4065,38
	2	11,92	-29,11	4,40	10,74	59,85	102,43	38,5473	39,9555

Portique transversal

calcul des armatures en travées.

Niv	travée	M	A	G'	Ga
12	1 2	4,27	3,77	57,06	2623,2
11	1 2	3,58	3,16	51,29	2606,61
10	1 2	6,61	3,66	80,93	3921,0
9	1 2	7,40	4,09	86,67	3937,8
8	1 2	7,59	4,20	88,02	3941,6
7	1 2	7,49	4,14	87,31	3939,6

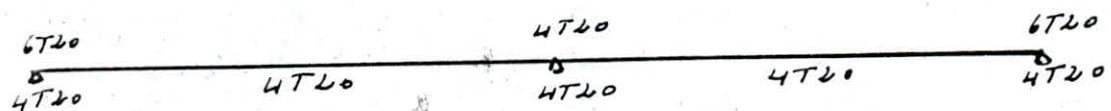
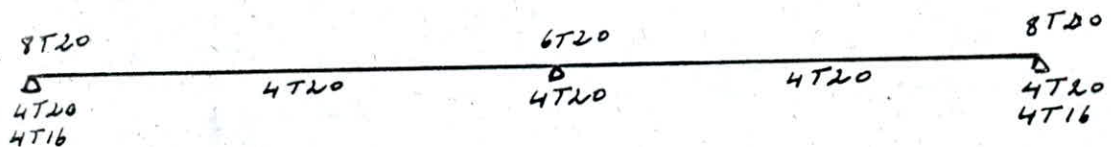
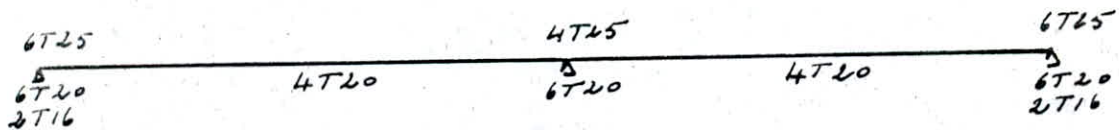
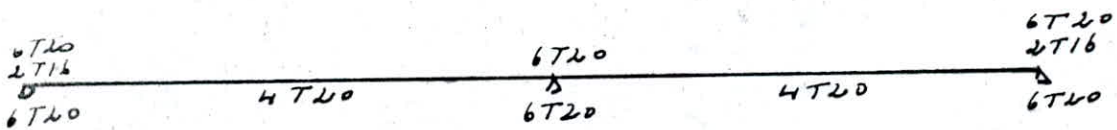
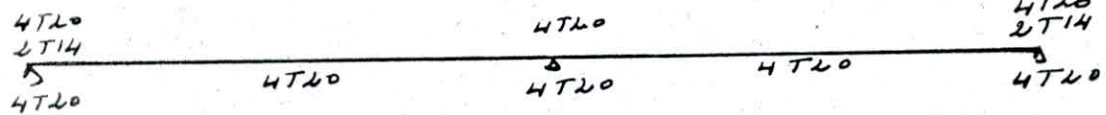
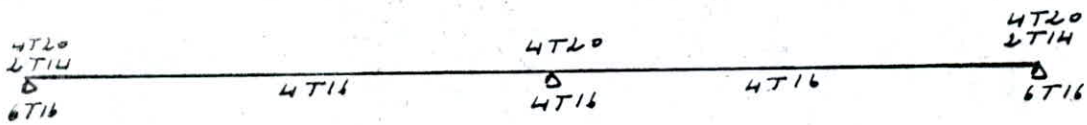
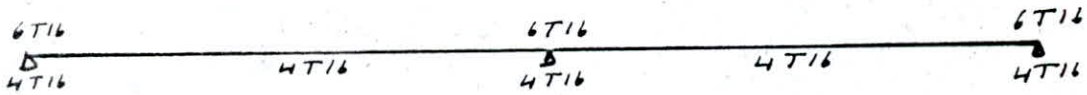
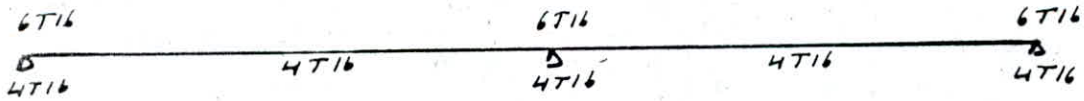
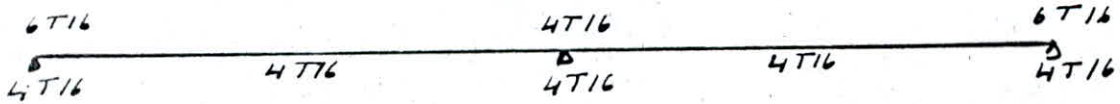
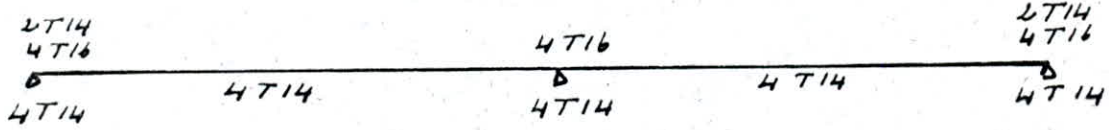
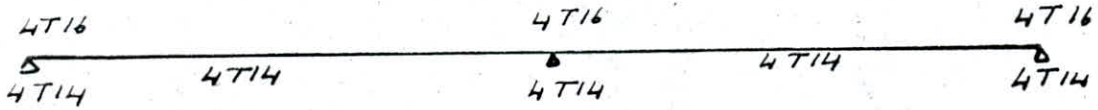
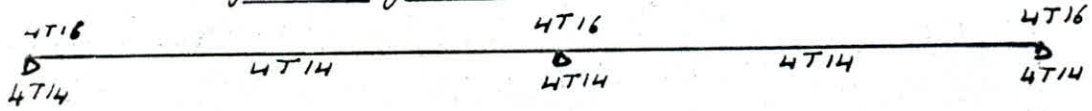
Niv	travée	M	A	G'	Ga
6	1 2	10,86	4,62	67,02	3878,6
5	1 2	11,00	4,68	67,53	3879,67
4	1 2	15,81	6,73	83,91	3929,8
3	1 2	22,05	8,13	86,31	3936,6
2	1 2	21,45	7,91	84,87	3932,6
1	1 2	15,38	5,67	69,52	3886,9

- calcul des armatures en travées dues aux moments négatifs.

Niv	travée	M	A	G'	Ga
12	/	/	/	/	/
11	1 2	-0,10	0,08	7,21	2442,5
10	1 2	-1,43	1,08	27,63	2526,7
9	1 2	-1,73	1,52	33,52	2547,9
8	1 2	-2,07	1,82	37,15	2560,6
7	1 2	-1,89	1,66	35,26	2554,1

Niv	travée	M	A	G'	Ga
6	1 2	5,24	3,50	39,08	2567,1
5	1 2	5,38	3,60	39,68	2569,1
4	1 2	10,19	6,82	58,04	2625,9
3	1 2	14,35	8,27	59,60	2630,6
2	1 2	13,78	7,94	58,14	2626,4
1	1 2	6,80	3,92	38,22	2564,1

ferraillage du Portique transversal.



Armatures Transversales.

On utilise deux cadres droits $\phi 8 = 3,14 \text{ cm}^2$. Les efforts tranchants maximums sont obtenus sous la sollicitation du second genre (SP2)

$$\text{L'espacement } t < \bar{E} \implies t = \frac{6at \cdot 3 \cdot A_t}{T} \quad \beta = \frac{7}{8} h$$

Espacement admissible.

zone nodale $\bar{E} \leq \min \left(\frac{h}{4} ; 12\phi ; 30 \text{ cm} \right)$

$$\bar{E} = \min \left(\frac{60}{4} ; 12 \times 2 ; 30 \right) = 15 \text{ cm}$$

zone courante $\bar{E} \leq \frac{h}{2} = \frac{60}{2} = 30 \text{ cm}$

NIV	T_{\max} SP2	$\bar{\tau}_b$ kg/cm ²	t calculé	Z_n	Z_c
12	10,33	7,87	20,43	12	20
11	10,07	7,67	20,95	12	20
10	11,23	8,55	18,79	12	20
9	11,76	8,96	17,94	12	20
8	12,50	9,52	16,88	12	20
7	12,26	5,38	22,37	15	25
6	15,91	6,99	17,24	15	25
5	16,05	7,05	17,09	15	25
4	21,25	9,34	12,91	10	25
3	29,79	12,15	10,62	10	30
2	29,34	11,97	10,79	10	30
1	23,13	9,44	13,68	10	30

Remarque : dans tous les cas on remarque que $\bar{\tau}_b < \bar{\tau}_b$
On utilise des cadres droits.

ferrailage des poteaux

Les combinaisons des charges sismiques et verticales dans les poteaux sont :

$$G + 1,2P \quad (SP_1) \quad 0,8G \pm E \quad (SP_2)$$

$$G + P \pm 1,2E \quad (SP_2) \quad \text{Poteau B-3}$$

Moments dans le Poteau (sens longitudinal)

Niv	G + 1,2P		0,8G + E		0,8G - E		G + P + 1,2E		G + P - 1,2E	
	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
12	-0,44	-0,22	2,74	1,53	-3,38	-1,77	3,24	-1,76	-4,10	-2,20
11	-0,22	-0,13	5,39	3,59	-5,63	-3,75	6,39	4,28	-6,83	-4,52
10	-0,37	-0,27	7,86	6,19	-8,32	-6,53	10,06	7,37	-9,83	-7,89
9	-0,27	-0,27	11,14	7,37	-11,48	-7,61	13,31	8,79	-13,83	-9,31
8	-0,27	-0,25	12,35	10,08	-12,69	-10,40	14,76	12,05	-15,28	-12,53
7	-0,29	-0,27	12,07	13,11	-12,45	-13,47	11,33	15,69	-14,86	-16,21
6	-0,27	-0,27	15,91	13,05	-16,35	-13,41	19,14	15,62	-19,66	-16,14
5	-0,27	-0,24	18,00	14,71	-18,36	-15,03	21,56	17,61	-22,08	-18,08
4	-0,33	-0,39	29,78	29,79	-30,20	-30,19	45,67	35,62	-36,22	-36,3
3	-0,39	-0,37	34,71	34,72	-35,11	-35,10	36,11	41,54	-42,26	-42,2
2	-0,42	-1,91	27,24	35,35	-27,68	-37,47	32,57	41,87	-33,34	-45,4
1	-2,53	-2,53	2,10	53,29	-4,88	50,51	1,79	67,43	-6,59	-63,8

Sens transversal .

Niv	G + 1,2P		0,8G + E		0,8G - E		G + P + 1,2E		G + P - 1,2E	
	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}	M _{sup}	M _{inf}
12	0	0	5,86	2,51	-5,86	-2,51	7,03	3,01	-7,03	-3,01
11	0	0	9,89	6,60	-9,89	-6,60	11,86	7,92	-11,86	-7,92
10	0	0	15,44	8,10	-15,44	-8,10	18,53	9,72	-18,53	-9,72
9	0	0	18,42	12,28	-18,42	-12,28	22,11	14,73	-22,11	-14,73
8	0	0	17,74	15,73	-17,74	-15,73	21,29	18,87	-21,29	-18,87
7	0	0	15,43	28,66	-15,43	-28,66	18,52	34,39	-18,52	-34,39
6	0	0	28,97	24,67	-28,97	-24,67	34,76	29,61	-34,76	-29,61
5	0	0	30,69	29,49	-30,69	-29,49	36,83	35,39	-36,83	-35,39
4	0	0	54,34	58,86	-54,34	-58,86	65,21	70,63	-65,21	-70,63
3	0	0	48,75	57,50	-48,75	-57,50	58,50	69,00	-58,50	-69,00
2	0	0	25,81	81,73	-25,81	-81,73	30,97	98,07	-30,97	-98,07
1	0	0	-11,32	124,50	11,32	-124,50	-13,58	149,40	+13,58	-149,40

Efforts normaux dans le poteau

Niv	Pôt	Sens Longitudinal					Sens Transversal				
		Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum	Ncum
		G+1,2P	0,8G+E	0,8G-E	G+P+1,2E	G+P-1,2E	G+1,2P	0,8G+E	0,8G-E	G+P+1,2E	G+P-1,2E
12		3,52	2,11	2,97	2,95	3,98	18,80	12,86	12,86	18,34	18,34
11		6,76	3,21	6,01	4,91	8,27	35,16	22,22	22,22	33,92	33,92
10		9,83	3,70	9,66	6,09	13,25	51,36	27,22	27,22	49,34	49,3
9		13,29	4,02	5,77	7,09	18,75	67,54	31,40	31,40	64,00	64,00
8		16,65	3,66	18,54	7,26	25,12	83,68	41,00	41,00	80,50	80,50
7		20,01	2,87	23,75	6,93	31,99	100,28	50,58	50,58	96,32	96,32
6		23,64	1,28	30,02	5,63	40,13	117,04	60,26	60,26	112,30	112,3
5		27,17	-0,56	36,63	3,93	48,66	133,80	69,90	69,90	128,28	128,2
4		30,70	-4,57	45,23	-0,14	59,62	150,96	72,58	79,58	144,26	144,2
3		35,58	-10,79	56,61	-6,09	74,79	177,60	90,26	90,26	168,68	168,6
2		40,47	-16,58	67,56	-11,53	89,44	204,18	100,96	100,96	193,06	193,0
1		58,35	-12,62	83,50	-1,74	113,60	230,28	115,46	115,46	217,84	217,8

- Les poteaux seront calculés en flexion composée sous un effort Normal N et un moment fléchissant M en tête et à la base du poteau, et cela dans les deux sens, transversal et longitudinal.

Section entièrement comprimée : quand l'effort N est appliqué à l'intérieur du noyau central et que N soit un effort de compression.

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

Section partiellement comprimée : ce cas se présente quand l'effort Normal est un effort de compression et est appliqué en dehors du noyau central soit,

$$e_0 = \frac{M}{N} > \frac{ht}{6}$$

M : moment fléchissant par rapport au centre de gravité du Béton seul. on fera le calcul de la section en flexion simple, sous l'effet d'un moment fictif.

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

puis on calculera la section \rightarrow en flexion composée soit:

$$A_{fc} : \quad A_{fc} = A_{fs} - \frac{N}{\sigma_a} \quad A_{fc} = \text{section d'acier en } F_c$$

$$A_{fs} = \text{section d'acier en } F_t$$

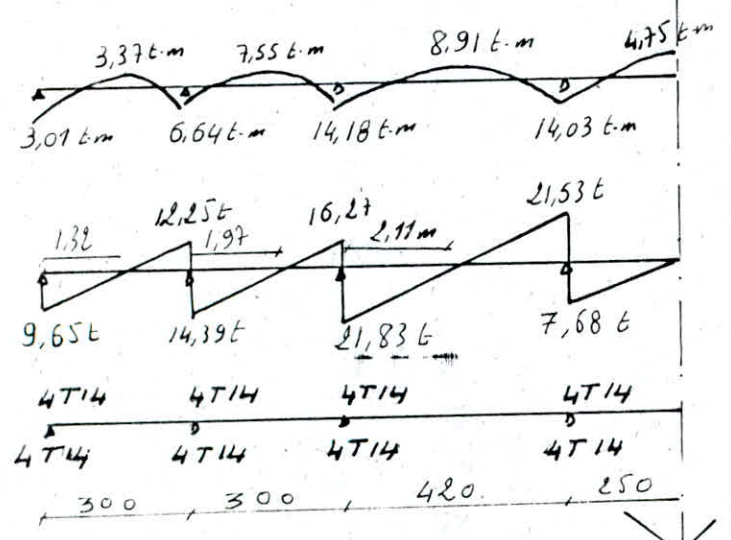
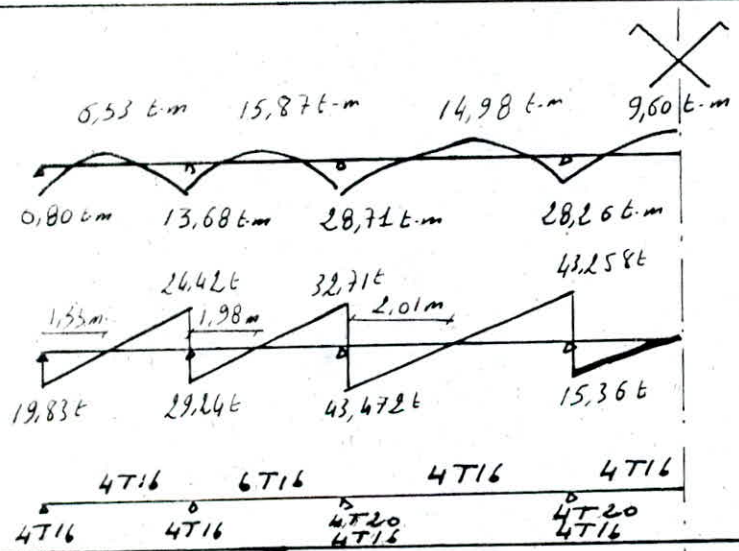
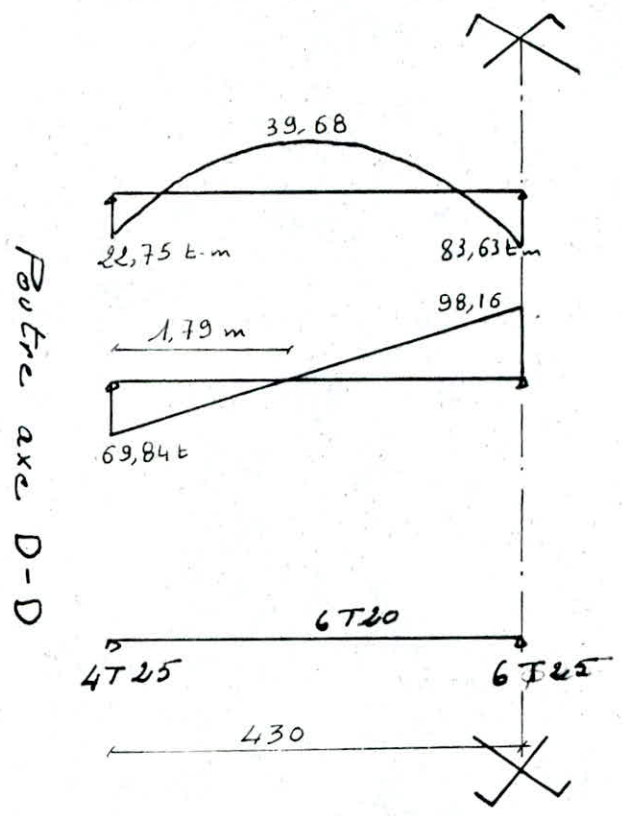
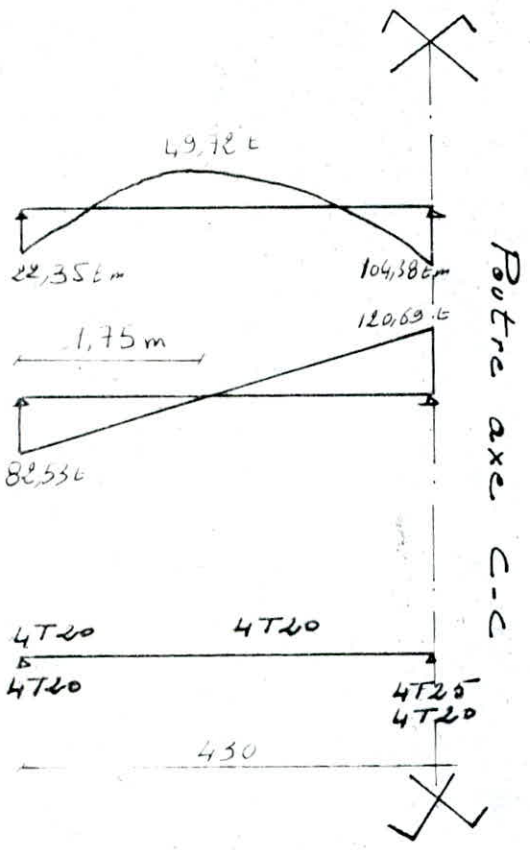
Sens Longitudinal

NIV		SP ₁					SP ₂					SP ₃				
		N (t)	M (ton)	e ₀ (u)	soll	\bar{G}_b	N max	M corr	e ₀ (u)	soll	\bar{G}_b	N min	M corr	e ₀ (u)	soll	\bar{G}_b
12	B3	22,32	0,44	1,97	EC	74,50	22,32	4,10	18,36	P.C	186,63	14,97	2,74	18,31	P.C	186,33
11	B3	41,92	0,22	0,52	EC	70,10	42,19	6,83	16,18	P.C	176,67	25,43	5,39	2,19	P.C	199,54
10	B3	61,19	0,37	0,61	EC	69,88	62,59	9,83	15,70	P.C	156,54	30,92	7,86	25,42	P.C	189,82
9	B3	80,83	0,27	0,33	"	69,26	82,75	13,83	16,71	P.C	159,99	35,42	11,14	31,45	P.C	205,5
8	B3	100,33	0,27	0,27	"	69,11	105,62	15,28	14,47	P.C	152,30	44,66	12,35	27,65	P.C	197,46
7	B3	120,29	0,29	0,24	"	69,05	128,31	16,21	12,63	P.C	146,02	47,71	13,11	27,48	P.C	196,86
6	B3	140,68	0,27	0,19	"	68,94	152,43	19,66	12,89	P.C	146,93	58,98	15,91	26,97	P.C	195,14
5	B3	169,97	0,27	0,16	"	68,88	176,94	22,08	12,48	P.C	145,49	69,34	18,00	25,96	P.C	178,96
4	B3	181,66	0,39	0,21	"	68,92	203,88	36,36	17,85	P.C	155,12	68,01	29,79	43,80	P.C	205,50
3	B3	213,18	0,39	0,18	"	68,86	243,43	42,26	17,35	P.C	153,71	79,47	34,72	43,69	P.C	205,50
2	B3	244,65	1,91	0,78	"	70,03	282,50	45,49	16,07	P.C	150,02	84,38	35,35	41,89	P.C	205,50
1	B3	288,63	2,53	0,87	"	70,22	331,44	63,81	19,25	P.C	159,27	102,84	33,29	51,82	P.C	205,50

d = d' = 4 cm (B3)

Sens Transversal

NIV		SP ₁					SP ₂					SP ₃				
		N	M	e ₀	soll	\bar{G}_b	N max	M corr	e ₀	soll	\bar{G}_b	N min	M corr	e ₀	soll	\bar{G}_b
12	B3	22,32	0	0	E.C	68,5	22,32	7,03	31,50	P.C	205,5	14,97	5,86	39,14	P.C	205,5
11	B3	41,92	0	0	E.C	"	42,19	11,86	28,11	P.C	205,15	25,43	9,89	38,89	P.C	"
10	"	61,19	0	0	E.C	"	62,59	18,53	29,60	P.C	204,15	30,92	15,44	49,93	P.C	"
9	"	80,83	0	0	E.C	"	82,75	22,11	26,72	P.C	194,26	35,42	18,42	52,00	P.C	"
8	"	100,33	0	0	E.C	"	105,62	21,29	20,15	P.C	171,06	44,66	17,74	39,72	P.C	"
7	"	120,29	0	0	E.C	"	128,31	34,39	26,81	P.C	181,89	47,71	28,66	60,07	P.C	"
6	"	140,68	0	0	E.C	"	152,43	34,76	22,81	P.C	169,85	58,98	28,97	49,12	P.C	"
5	"	169,97	0	0	E.C	"	176,94	36,89	20,82	P.C	164,04	69,34	30,69	44,26	P.C	"
4	"	181,66	0	0	E.C	"	203,78	70,63	34,64	P.C	181,50	68,01	58,86	86,54	P.C	"
3	"	213,18	0	0	E.C	"	243,47	69,00	28,34	P.C	167,95	79,47	57,50	70,35	P.C	"
2	"	244,65	0	0	E.C	"	282,50	98,07	34,72	P.C	182,66	84,38	81,73	96,85	P.C	"



Calcul des Moments dans les panneaux de dalles

Pour le ferrailage de ces panneaux, nous aurons à considérer que :

$$\left. \begin{array}{l} \bar{G}_a = 2800 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{G}_i = 137 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\} s_{F_1} \quad \text{et} \quad \left. \begin{array}{l} \bar{G}_a = 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{G}_i = 205,5 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right\} s_{F_2}$$

A cet effet (ferrailage) nous aurons pour chaque panneau, le calcul des armatures sous les sollicitations du 2^{ème} genre et aux sollicitations du 1^{er} genre. A l'issue des 2 calculs, nous prendrons la plus grande valeur des deux ferrailages.

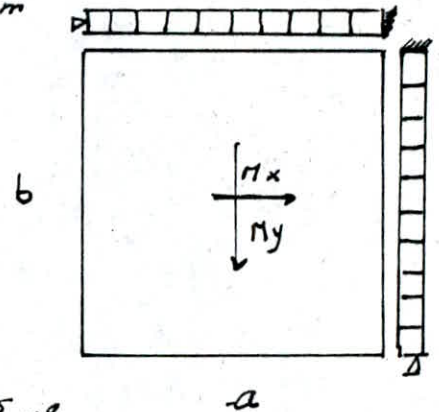
On utilise les Tables de BARRES :

$$a = 3,6 \text{ m}, \quad b = 5,10 \text{ m}; \quad \delta = 0,7; \quad \gamma = 14,77 \text{ t/m}^2$$

On prendra l'épaisseur des panneaux de dalle égale à

$$h_t = 45 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} M_{x0} &= 8,64 \text{ t.m} \\ M_{x\text{min}} &= 19,29 \text{ t.m} \\ M_{y0} &= 4,38 \text{ t.m} \\ M_{y\text{min}} &= 14,98 \text{ t.m} \end{aligned}$$



Ferrailage sous s_{F_1}

$$M_{x0} = 8,64$$

$$A = \frac{M}{\bar{G}_a \delta} = \frac{8,64 \times 10^5 \times 8}{2800 \times 45 \times 7} = 7,83 \text{ cm}^2$$

Le ferrailage des autres panneaux est donné sous forme de tableau

Panneaux	1	2	3	4	
Travée sens x	M (t.m)	8,64	6,87	9,76	5,6
	A (cm ²)	7,84	6,23	8,85	5,08
	Ø	4T16	4T16	5T16	4T16
	Espacement	24	24	24	24
Travée sens y	M (t.m)	4,38	2,98	6,06	1,49
	A (cm ²)	3,97	2,61	5,49	1,35
	Ø	4T14	4T14	4T14	4T14
	Espacement	25	25	25	25
Appui sens x	M (t.m)	19,29	14,96	23,00	11,71
	A (cm ²)	17,49	13,56	20,86	10,62
	Ø	6T20	5T20	7T20	4T20
	Espacement	17	20	15	25
Appui sens y	M (t.m)	14,98	11,25	17,94	4,72
	A (cm ²)	13,58	10,20	16,27	4,28
	Ø	5T20	4T20	6T20	3T20
	Espacement	20	25	17	34

BIBLIOGRAPHIE

- Règles techniques CC BA 68
- Règlement Parasismique Algérien RPA 81
- Calcul et vérification des ouvrages en béton armé (P. CHARON)
- Cours béton III (M^{re} BELAZOUGI)
- Aides mémoires RDM-BA (DUNOD)

Choix des Armatures

- Recommandation de RPA 81

- Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droites et sans crochets.
- Le pourcentage minimal est de 1% en zones II.
- Le diamètre minimal à utiliser dans les barres est de 14 mm (zone II).
- La distance entre les barres verticales dans une face d'un poteau ne doit pas dépasser 45 cm en zone II.
- Ne pas faire de recouvrement dans la zone nodale.

dans notre cas

$$S = 45 \times 50 = 2250 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{matrix} A^{\min} = 22,56 \\ A^{\max} = 90 \text{ cm}^2 \end{matrix}$$

$$S = 70 \times 60 = 4200 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{matrix} A^{\min} = 42 \text{ cm}^2 \\ A^{\max} = 168 \text{ cm}^2 \end{matrix}$$

$$S = 60 \times 60 = 3600 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{matrix} A^{\min} = 36 \text{ cm}^2 \\ A^{\max} = 144 \text{ cm}^2 \end{matrix}$$

$$S = 90 \times 70 = 6300 \text{ cm}^2 \rightarrow \begin{matrix} A^{\min} = 63 \text{ cm}^2 \\ A^{\max} = 252 \text{ cm}^2 \end{matrix}$$

SOLL	SP_2	SP_2	A^{\min} (cm ²)	A^{\max} (cm ²)	A adopté	ϕ Longitudinal	ϕ transversal
NiV	$A_2 = A'$	$A_2 = A'$					
12	-0,20	1,18	22,5	90	58,90	2 (4T25)	2 (4T25)
11	0,15	1,44	"	"	"	"	"
10	0,07	1,77	36	144	"	"	"
9	0,87	0,97	"	"	"	"	"
8	0,39	0,39	"	"	"	"	"
7	0,38	-0,36	42	168	"	"	"
6	2,86	-0,57	"	"	"	"	"
5	12,75	-1,07	"	"	"	"	"
4	-10,10	1,57	63	252	135,76	2 (6T32)	2 (2T32 + 4T25)
3	9,24	6,61	"	"	"	"	"
2	25,71	17,39	"	"	"	"	"
1	41,09	31,01	"	"	"	"	"

Vérification de la résistance à l'effort tranchant

- Poteau B-3

$$\tau_b = \frac{nT}{b \cdot z} < \bar{\tau}_b = 0,15 G_{28}$$

$$n = \begin{cases} 2 & \text{si } \lambda \text{ dans la direction considérée } > 15^\circ \\ & \text{si } \lambda \text{ dans " " " " } < 15^\circ \end{cases}$$

$$\lambda = \frac{L \cdot c}{i} \quad \text{avec} \quad i = \sqrt{\frac{I}{B}} \quad \left\{ \begin{array}{l} I = \text{Moment d'inertie de la section} \\ B = \text{surface du poteau} \end{array} \right.$$

$$T = \max (T_L^{\max} ; T_T^{\max})$$

- avec T_L^{\max} : effort tranchant longitudinal max pour tous les Niv

T_T^{\max} : effort tranchant transversal max pour tous les niveaux

Pot	Niv	l_0 (m)	I (m)	B (m)	i	λ	n	T (t)	δ (cm)	τ_b	$\bar{\tau}_b$
B ₃	10 11	2,14	0,0046	0,225	0,114	24,28	3	5,39	43,80	8,21	41,31
	10 9 8	2,14	0,0111	0,36	0,173	14,35	3	10,94	52,50	10,42	41,31
	7 6 5	2,14	0,017	0,42	0,202	10,59	3	19,67	61,25	13,76	41,31
	4 3 2 1	2,14	0,043	0,63	0,26	8,24	3	36,99	78,75	20,13	41,31

- Armatures Transversal :

Les armatures transversales des poteaux sont calculées conformément aux règles RPA 81

$$\frac{A_T}{t} = \frac{1,25 T}{h \cdot G_{en}}$$

$$A_T = \frac{1,25 T \cdot t}{h_1 \cdot G_{en}}$$

- La quantité d'armatures transversale minimale est donnée par :

$$A_T = 0,004 \cdot t \cdot b_1 \quad (\text{zone II})$$

$t \leq \min (10 \phi ; 1,5 \text{ cm})$ en zone nodale

$t \leq 12 \phi$ en zone courante

soit $\left\{ \begin{array}{l} 15 \text{ cm (zone nodale)} \\ 18 \text{ cm (zone courante)} \end{array} \right.$

$$A_T^{\min} = 0,004 \cdot 15 \cdot 90 = 5,4 \text{ cm}^2$$

$$" = 0,004 \cdot 15 \cdot 70 = 4,2 \text{ cm}^2$$

$$" = 0,004 \cdot 15 \cdot 60 = 3,6 \text{ cm}^2$$

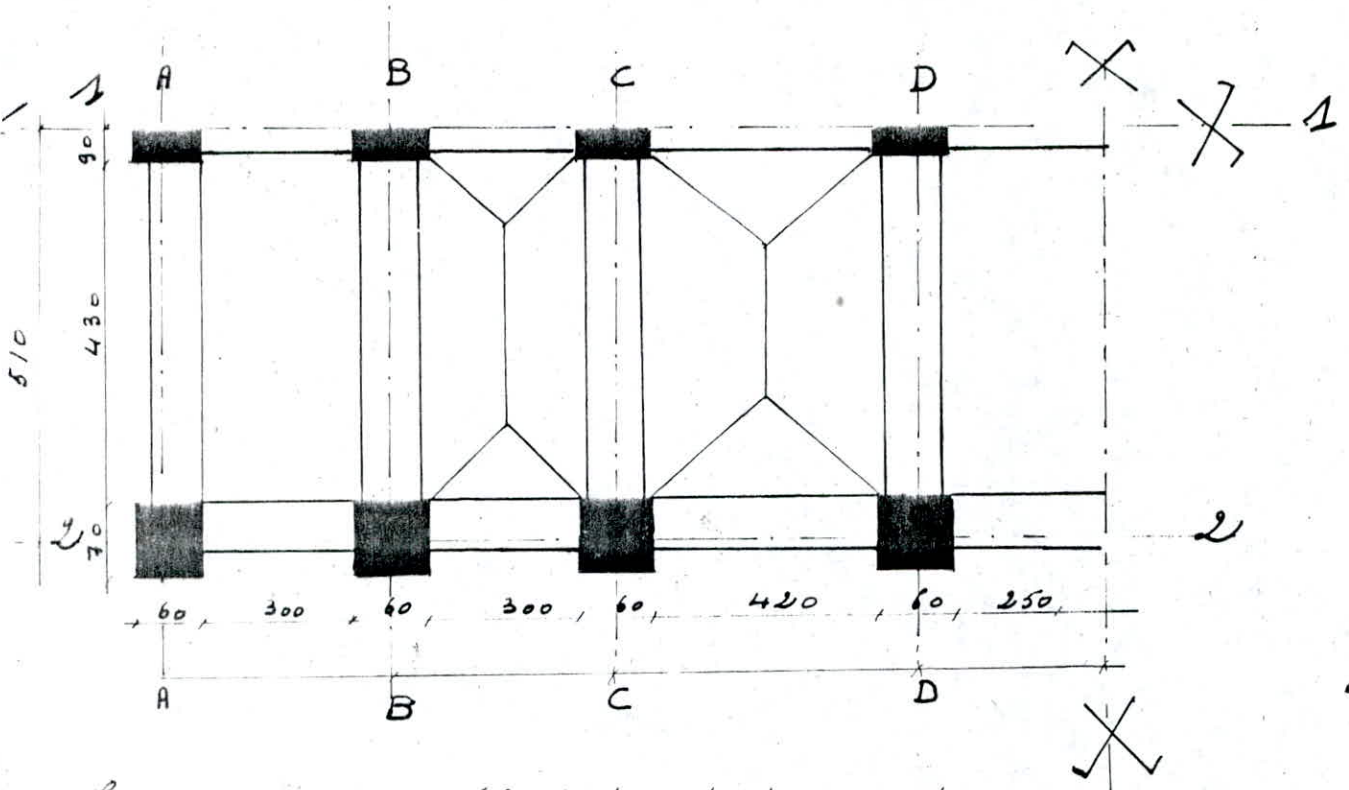
$$" = 0,004 \cdot 15 \cdot 50 = 3,00 \text{ cm}^2$$

INFRASTRUCTURE
CALCUL DU RADIER

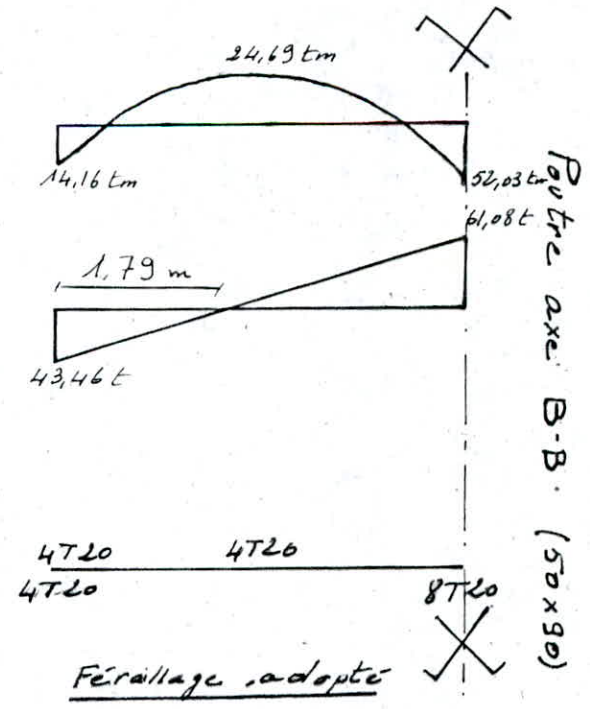
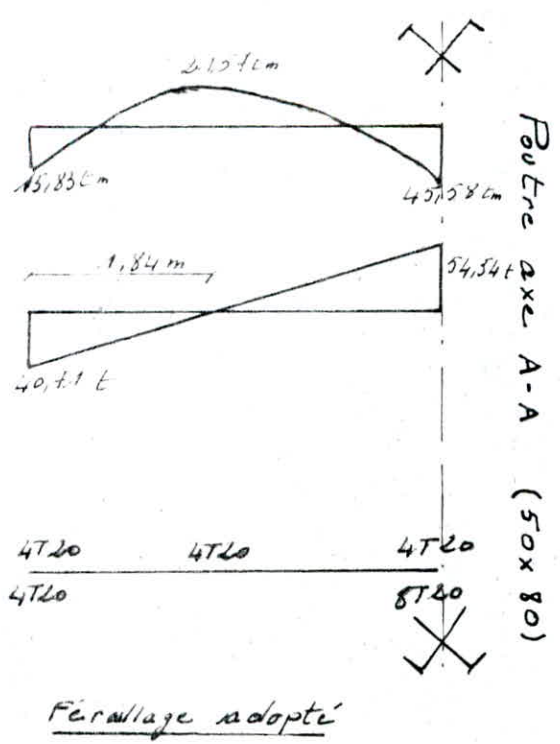
P_{red} = pression sous le radier :

$$\frac{N}{S} = \frac{5556,2}{376,02} = 14,77 \text{ t/m}^2$$

Calcul des efforts dans les poutres



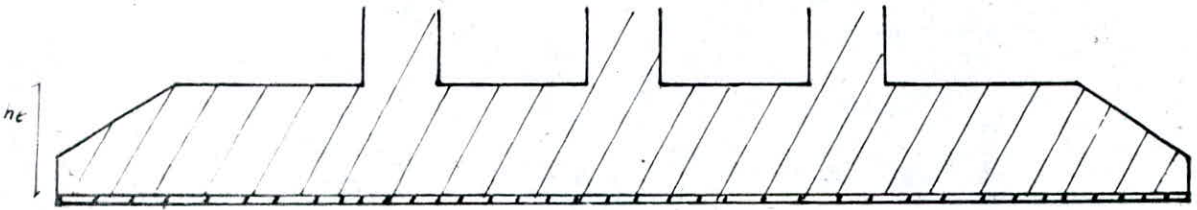
Les moments et les efforts tranchants dans les poutres, sont calculés par la méthode de "Cross simplifier", déjà exposée dans le chapitre, calcul des efforts dans les portiques sous les charges verticales. Nous présentons les résultats sans donner les détails de calcul.



CALCUL DES FONDATIONS

I Introduction

- Le sol sur lequel repose le Bâtiment a une contrainte admissible de 1,8 bars (18 t./m²).
- Un calcul préliminaire a montré que l'adoption des semelles filantes conduit à l'occupation de plus de 2/3 de la surface du bâtiment.
- de l'importance de la charge totale transmise au sol par les différents poteaux.
- * Des désordres ultérieures qui peuvent résulter des tassements éventuels, le type de fondation retenu est le radier général car :
 - 1°) * il intéresse l'ensemble du Bâtiment. En effet, il répartit sur le sol de fondation l'ensemble des charges qui lui sont transmises par les poteaux (il assure le passage des charges d'une manière uniforme).
 - 2°) * Un radier est capable de réduire les désordres dus aux divers tassements, il sera constitué d'une dalle d'épaisseur constante assimilable du point de vue calcul à un plancher renversé soumis aux forces de réaction du sol agissant de bas en haut d'une manière uniforme.



schémas en coupe du radier

1°) Hypothèse de calcul : le radier sera considéré comme infiniment rigide

2°) Descente de charges : $G = 4696,6t$; $P = 781 t$
 $N = G + 1,2 P = 5633,86 t$

II - DIMENSIONNEMENT DU RADIER

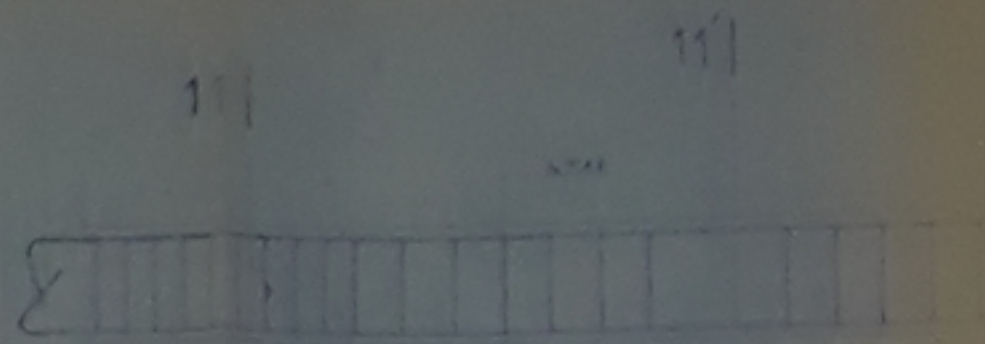
a) Détermination de la surface de radier nécessaire

$$G = \frac{N}{S_{rad}} \leq \bar{\sigma}_s \Leftrightarrow S_{rad} \geq \frac{N}{\bar{\sigma}_s} = \frac{5633,86}{18} = 308,7 \text{ m}^2$$

On a $S_{rad} \approx S_0$ d'où la solution du radier est un choix judicieux, étant donné que le débord est obligatoire pour un radier, nous adopterons un débord de 30 cm.

$$S_{rad} = S_0 + S_{déb} = 381,44 \text{ m}^2$$

NIV 11-12



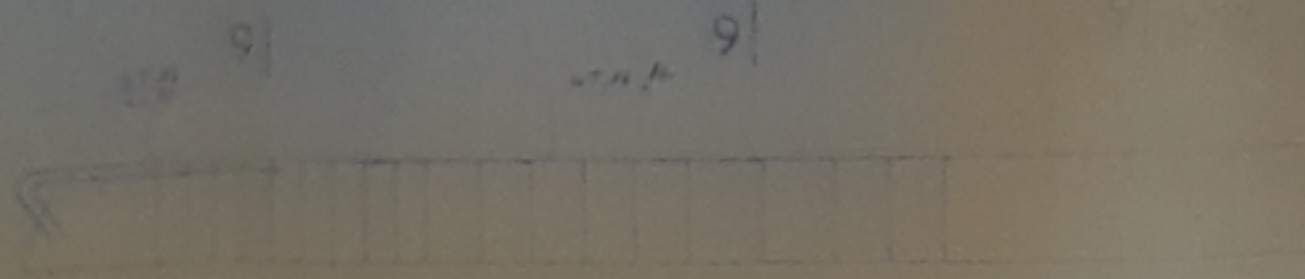
11|

11|

11|

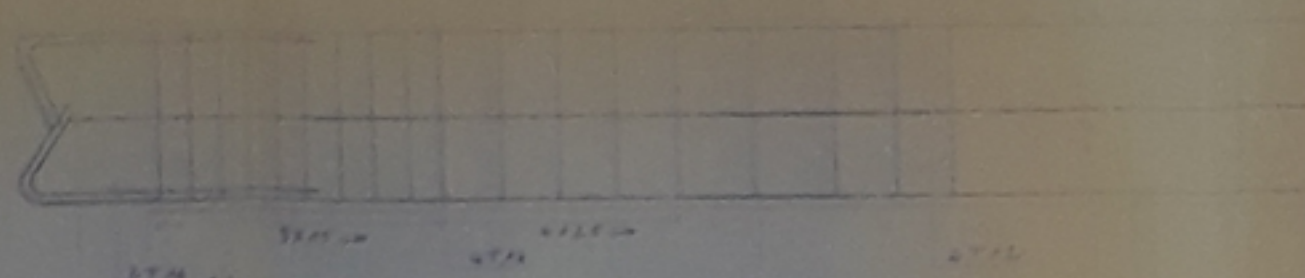
11|

NIV 9



9|

9|



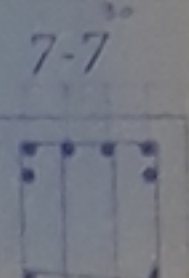
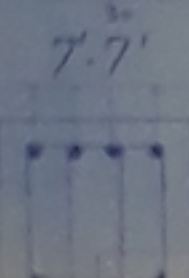
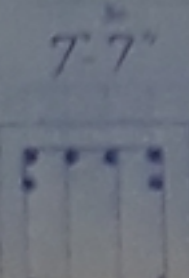
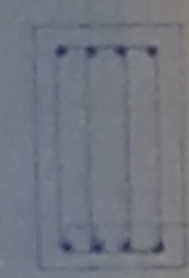
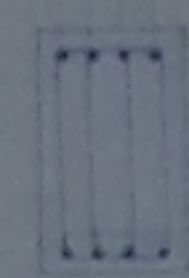
6|

6|

11-11

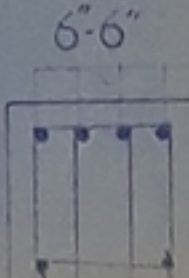
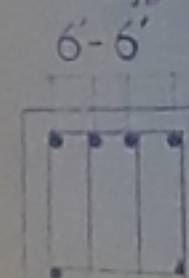
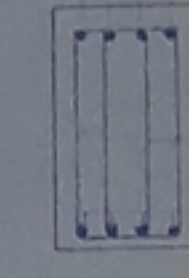
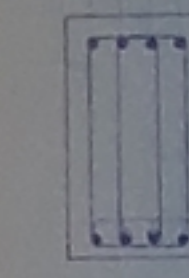
11-11

11-11



10-10

10-10



NIV 10

10|

10|

10|

10|

10|

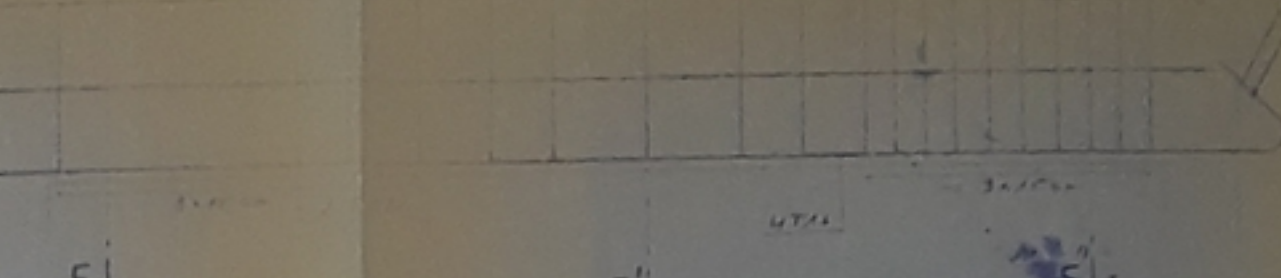
10|

NIV 7-8

7|

7|

7|

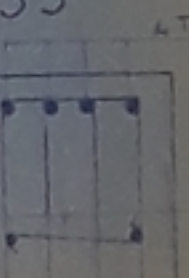
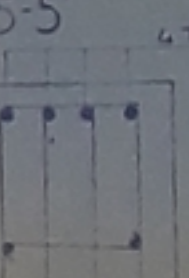
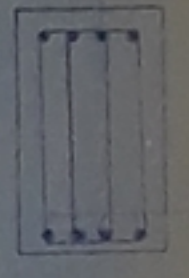
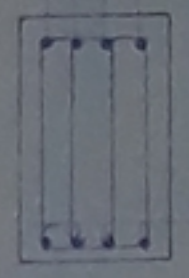


5|

5|

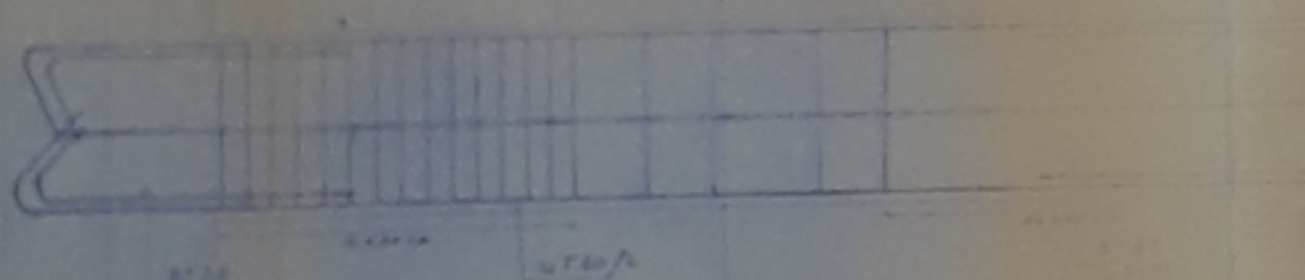
9-9

9-9



28 000 98

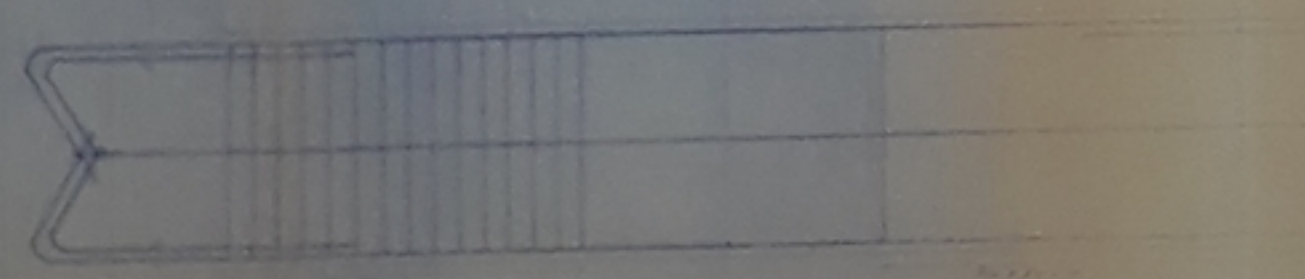
NIV 4



4|

4|

NIV 2



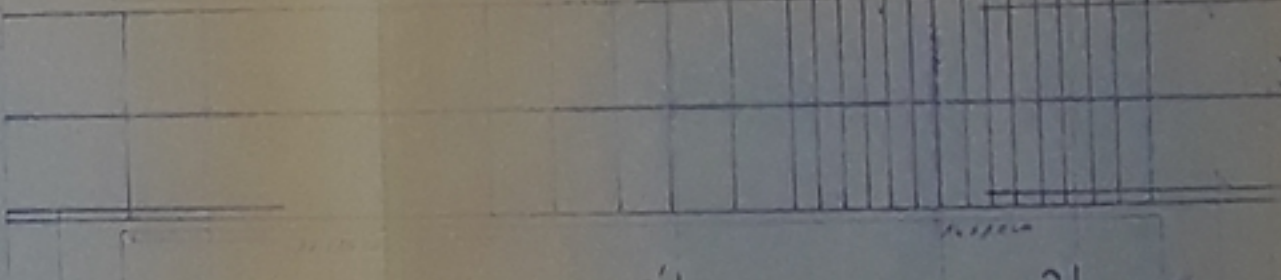
2|

2|

NIV 3

3|

3|



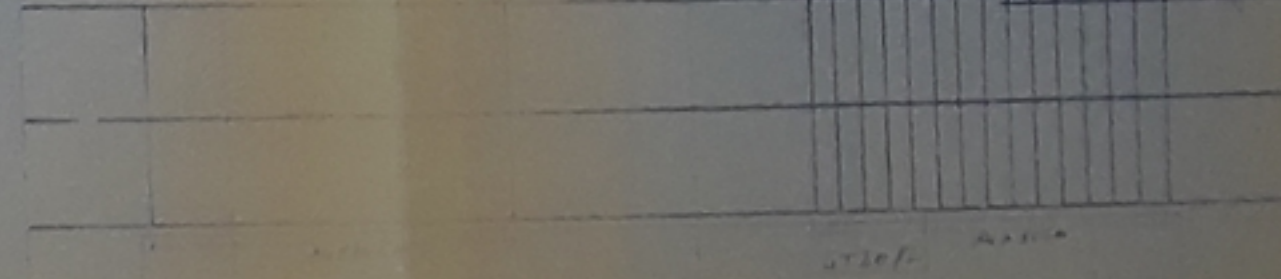
3|

3|

NIV 1

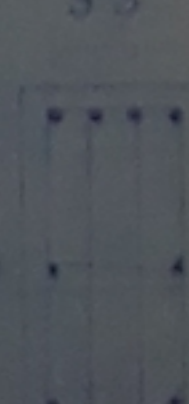
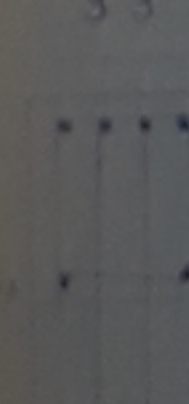
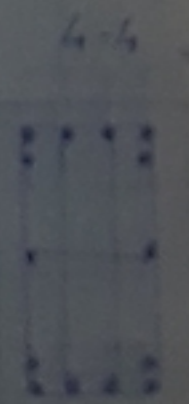
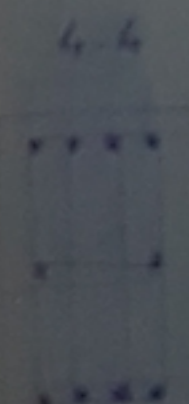
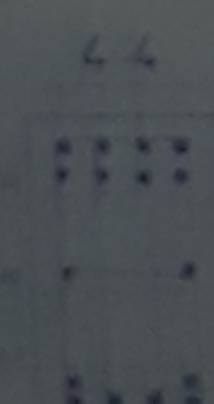
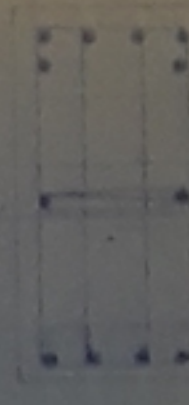
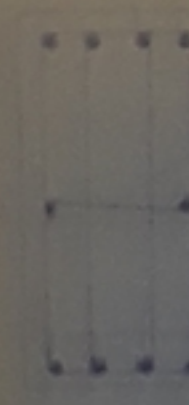
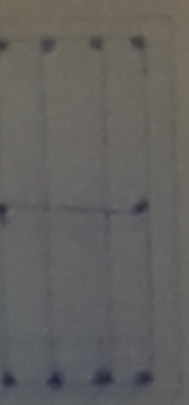
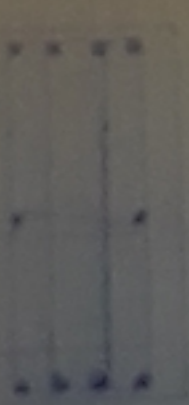
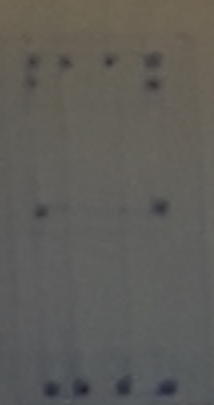
1|

1|



1|

1|



DEPARTEMENT GENIE CIVIL

STRUCTURE AUTOSTABLE

R+12

PROPOSE PAR BEREG

ETUDE PAR BOURKICHE - MEBARKI

DIRE PAR M^{re} BAUCHE

FERRAILLAGE DES POUTRES
PORTIQUE 5-5

ECHELLE

COUPES Long 1/20

COUPES Trans 1/20

PROMOTION 88

