

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

26/88

وزارة التعليم و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : **GENIE CIVIL**

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Lex

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

**ETUDE COMPARATIVE DES STRUCTURES SUR
ISOLATEURS PARASISMIQUES**

Proposé Par :

Mr. P. BONNEVILLE

Etudié par :

Mr. A. HACHEMI

Mr. S. BEZZINA

Dirigé par :

Mr. P. BONNEVILLE

PROMOTION : 1987 - 1988

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Department : ... GÉNIE-CIVIL : صفحة
Promoteur : M.F.P. BONNEVILLE : موجه
Chef Ingénieur : A. FACHEMI : تلميذة مهندسة ... S: BEZZINA

الموضوع : دراسة مقارنة للبنى المستعملة على العوازل المطبقة للزلازل .

الملخص : يمثل هذا المشروع في دراسة مقارنة للبنى ذات دعائم وبدون استنادات المطبقة للزلازل . وقد تناولت هذه الدراسة محاورتين ذات أوتاد وجوائز ، أحدهما ذات ارتفاع كبير نسبيا ، والمحزى ذات ارتفاع قليل ، وذلك بغية معرفة رد فعل كل منهما والخروج بحلوله حول استعمال هذه الاستنادات المطبقة للزلازل .

Objet: Etude comparative des structures sur isolateurs parasismiques.

résumé: Ce projet consiste en une étude comparative des structures sans et avec appuis parasismiques.

Cette étude a été faite sur deux bâtiments autostables, l'un étant élancé et l'autre à faible hauteur, afin de connaître le comportement de chacun des deux bâtiments, et d'en tirer une conclusion sur l'utilisation de ces appuis antisismiques.

Subject: Comparative study of structures with aseismic bearings.

Abstract: This projet consists in a comparative study of structures with or without aseismic bearings.

This study was carried out on high and low buildings in order to assess their behaviour and draw useful conclusions about the use of these aseismic bearings.

REMERCIEMENTS

/)ous tenons à remercier vivement, tous ceux qui ont participé d'une manière ou d'une autre à l'élaboration de ce projet.

Nous exprimons tout particulièrement notre gratitude à :

- Monsieur BONNEVILLE qui n'a ménagé aucun effort pour nous apprendre, conseiller et diriger.*
- Monsieur BENSBAA: pour sa précieuse contribution à la réalisation de ce modeste travail.*
- Monsieur BENSLIMANE;*
- Tous nos enseignants qui ont contribué à notre formation.*

DEDICACES



/e dédie ce modeste travail :

- à la mémoire de mes grands-parents: Saadi et Hende.
- à mes grands-mères.
- à mes parents: dont les sacrifices à mon égard n'ont de compensation que mon admiration dévouée, avec ma profonde affection.
- à mes frères et soeurs.
- à mes oncles et tante .
- à toute ma famille.
- à tous mes amis.

Abdelkader Hachemi

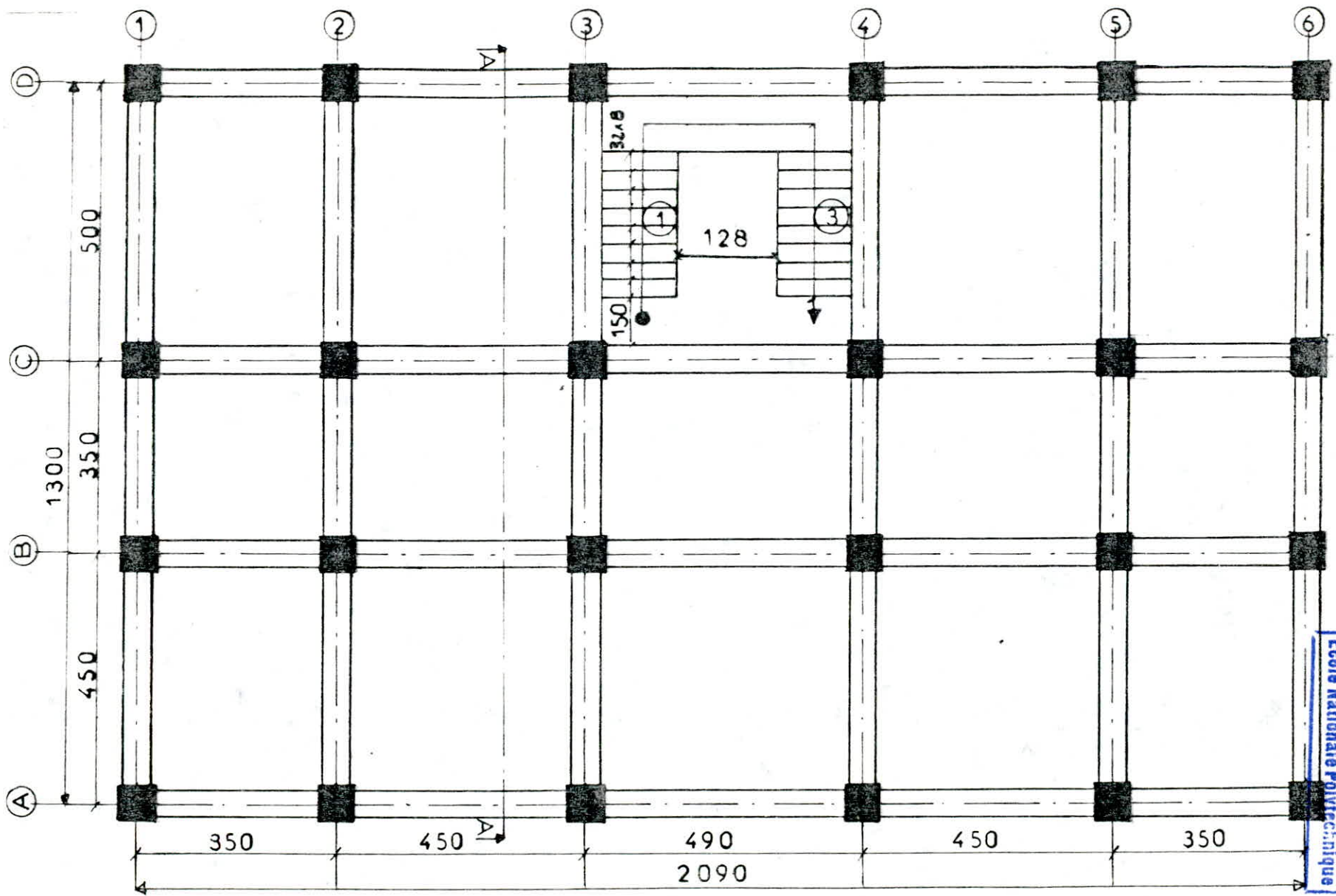
/e dédie ce modeste travail :

- à mes parents qui se sont sacrifiés pour me voir réussir.
- à mes frères et soeurs.
- à tous mes amis.
- à tous ceux qui ont collaboré à ma formation.

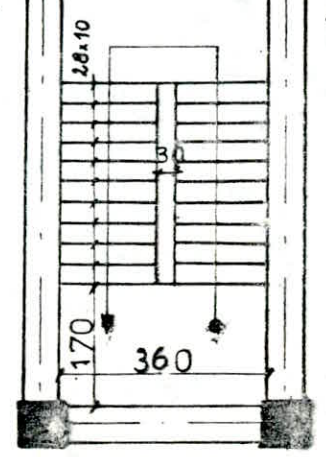
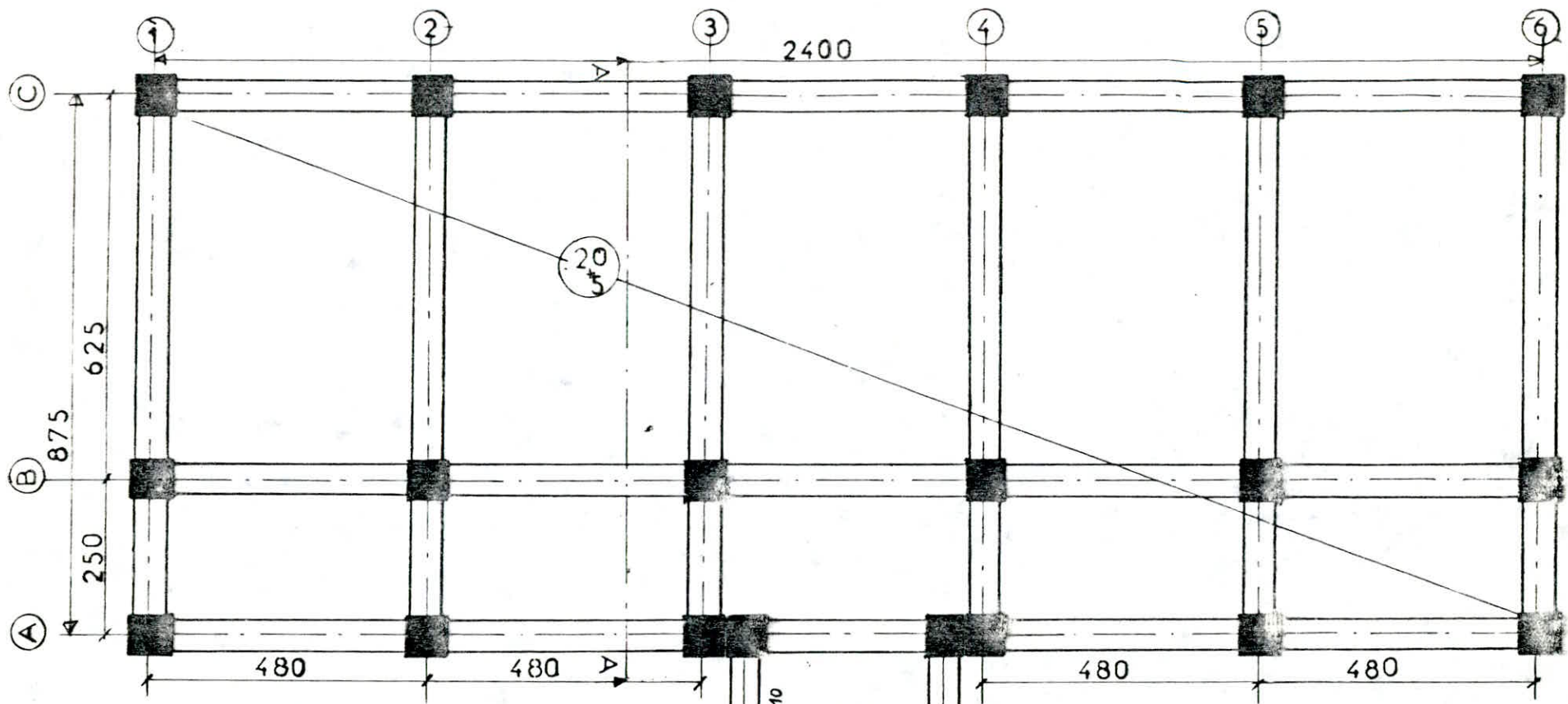
Smaïl Bezzina.

- Introduction

- I- Première partie: structures sans isolateurs parasismiques.
 - I.1- Caractéristiques des structures et prédimensionnement:
 - I.1.1- Descente de charge.
 - I.1.2- Caractéristiques mécaniques des matériaux.
 - I.1.3- Prédimensionnement.
 - I.2- Calcul des portiques sous charges verticales.
 - I.3- Calcul des rigidités.
 - I.4- Etude dynamique.
 - I.4.1- Détermination des matrices caractérisant les propriétés d'une structure.
 - I.4.2- Détermination des caractéristiques dynamiques.
 - I.4.3- Evaluation des forces sismiques de calcul.
 - I.4.4- Vérification de la stabilité.
 - I.4.5- Répartition de la charge sismique.
 - I.5- Calcul des sollicitations sous charges horizontales.
 - I.6- Superposition des sollicitations.
 - I.7- Ferrailage des poteaux .
- II- Deuxième partie: structures avec isolateurs parasismiques.
 - II.1- Introduction.
 - II.2- Résultats.
- III- Comparaison.
- IV- Conclusion.



VUE EN PLAN
 BATIMENT: (SS+R+12)



VUE EN PLAN
BATIMENT: (SS+R+3)

الدرسة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

L'étude comparative se fera sur deux bâtiments, l'un étant élancé et l'autre à faible hauteur.

Le bâtiment élancé est une tour d'habitation qui comprend 1 sous sol + R + 12 étages.

Il est composé de neuf planchers à corps creux (16+4) aux niveaux supérieurs et de 4 planchers dalles (16 cm) aux niveaux inférieurs à usage multiple (salle polyvalente, magasins, deux parkings.).

Le bâtiment présente un décrochement en élévation, d'où la nécessité d'un joint qui se poursuit en infrastructure en un joint de rupture en raison de la différence importante de charges.

L'ascenseur conçu initialement en voiles a été remplacé par de la maçonnerie vu sa position excentrée qui risque d'engendrer des efforts de torsion considérables.

L'immeuble est à ossature autostable. Les escaliers sont coulés sur place.

Le type de fondation est un radier nervuré.

Les dimensions sont :

Hauteur : 45 m

Largeur : 13 m

Longueur : 21 m

Hauteur d'étage variable : $h_1 = 3,06$ m

$h_2 = 3,91$ m

Le bâtiment à faible hauteur (bâtiment de classe) comporte :

- Un sous-sol qui servira de laboratoire.
- Un rez de chaussée et 3 étages dont le dernier servira de bureaux, tandis que les autres serviront de salles de classes.

Le bâtiment comporte une terrasse inaccessible, les planchers seront constitués de poutrelles et corps creux de (20 + 5) cm.

Tous les planchers sont identiques à l'exception du plancher terrasse.

Le plancher du sous-sol est une dalle flottante.

Le type de fondation : semelles isolées.

Les dimensions sont :

Hauteur : 18,25 m

Largeur : 8,75 m

Longueur : 24 m

Hauteur d'étage : 3,65 m

Les deux bâtiments sont implantés en zone III.

Le taux de travail du sol est de 2,5 bars.

1^e PARTIE

STRUCTURES SANS
ISOLATEURS PARASISMIQUES

**CHARACTERISTIQUES DES STRUCTURES
ET
PRE-DIMENSIONNEMENT**

Charges et surcharges

Pour le bâtiment " SS + R + 12 "

* Charges permanentes :- Plancher terrasse (privée accessible)

- Gravillon de protection (5cm)	_____	100 Kg/m ²
- Etanchéité multicouche (2cm)	_____	12 "
- Isolation thermique en liège (5cm)	_____	20 "
- Forme en pente (1,5 %)	_____	198 "
- Plancher à corps creux (16 + 4)	_____	275 "
		G=605 Kg/m ²

- Plancher courant :

- Carrelage (2 cm)	_____	44 Kg/m ²
- Mortier (2 cm)	_____	40 "
- Sable (2cm)	_____	36 "
- Plancher à corps creux (16+4)	_____	275 "
- Enduit-Plâtre (3cm)	_____	30 "
- Cloisons		75 "
		G=500 Kg/m ²

- Plancher RDC et sous-sol

- Plancher dalle pleine (16 cm)	_____	400 Kg/m ²
- Mortier (2cm)	_____	40 "
- Sable (2cm)	_____	36 "
- Carrelage (2cm)	_____	44 "
-Enduit-Plâtre (3cm)	_____	30 "
		G = 550 Kg/m ²

* Surcharges d'exploitation :

- Surcharge terrasse accessible privée	_____	S = 175 Kg/m ²
- " niveau courant sauf 1er étage	_____	S = 175 "
- " niveau 4 (hall)	_____	S = 270 "
- " niveau 3 (magazins)	_____	S = 400 "
- " niveau 2 (salle polyvalente)	_____	S = 500 "
- " niveau 1 et -1 (parkings)	_____	S = 250 "

* Mur extérieur :

Le mur est formé d'un double cloison, l'un de 15 cm d'épaisseur et l'autre de 5 cm avec un vide de 5 cm entre eux.

- Brique creuse (15 cm)	_____	130 Kg/m ²
- Brique creuse (5cm)	_____	90 "
- Enduit intérieur (1cm)	_____	34 "
- " extérieur	_____	44 "
		<hr/> 298 Kg/m ²

* Escaliers :

1 - Volée 1 et 3 :

- Puillasse :

- Poids propre : _____ $\frac{2500 \times 0,15}{\cos \alpha'} = 436 \text{ Kg/m}^2$

- Poids des marches _____ $\frac{1}{2} \times 2200 \times h = 187 \text{ Kg/m}^2$

- Garde corps : _____ 50 Kg/m²

- Revêtement : _____ 80 Kg/m²

- Palier :

- Poids propre : _____ $2500 \times 0,15 = 375 \text{ Kg/m}^2$

- Revêtement : _____ 80 "

- Surcharge : _____ 400 Kg/m²

2 - Volée 2 :

- Puillasse :

- Poids propre : _____ $\frac{2500 \times 0,15}{0,833} = 450 \text{ Kg/m}^2$

- Poids des marches _____ 187 "

- Revêtement _____ 80 "

- Garde corps _____ 50 "

- Palier :

- Poids propre : _____ $2500 \times 0,15 = 375 \text{ Kg/m}^2$

- Revêtement _____ 80 "

- Surcharge _____ 400 Kg/m²

- Pour le bâtiment (SS + R + 3)

* Charges permanentes :

- Plancher terrasse (non accessible)

-Gravier roulé	(5 cm)	_____	100 Kg/m ²
-Etanchéité	(2 cm)	_____	12 "
- Isolation thermique	(3 cm)	_____	12 "
- Béton de pente	(6 cm)	_____	120 "
- Isolation phonique		_____	10 "
- Plancher à corps creux	(20++ 5)	_____	325 "
- Enduit + plâtre	(3 cm)	_____	30 "

G = 610 Kg/m²

- Plancher courant et RDC :

-Carrelage	(2 cm)	_____	44 Kg/m ²
-Mortier de pose	(2 cm)	_____	40 Kg/m ²
-Sable	(3 cm)	_____	54 "
-Isolation phonique		_____	10 "
-Plancher à corps creux	(20 + 5)	_____	325 "
-Plafond : enduit + PLATRE	(3 cm)	_____	30 "
-Cloisons :		_____	75 "

G = 580 Kg/m²

* Surcharges d'exploitations :

- Plancher terrasse non accessible	_____	100 Kg/m ²
- " courant et RDC (à usage de salles de classe).	_____	300 "
- Acrotere (main courante)	_____	100 "

* Remplissage : (Mur extérieur)

Briques creuses (16cm)	_____	224 Kg/m ²
Enduit extérieur (2 cm)	_____	40 "
" intérieur (2 cm)	_____	34 "

* Escalier :

- Paillasse :

- Poids propre :	_____	$\frac{2500 \times 0,20}{0,838} = 597 \text{ Kg/m}^2$
- Poids des marches	_____	$\frac{1}{2} \cdot 2200 \cdot h = 198 "$
- Revêtement	_____	= 88 "
- Surcharge	_____	= 400 "

- Palier

- poids propre	_____	500 kg/m ²
- Revêtement	_____	88 "
- Surcharge	_____	400 "

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

1- BETON

- Dosage : pour le bâtiment (R+12+SS) : 350 Kg/m² de CPA 325
pour le bâtiment (SS+R+3) : 350 Kg/m² de CPA 450

- les contraintes nominales à 28 jours :

. de compression : $\sigma'_{28} = 270$ bars
. de traction : $\sigma_{28} = 23,2$ bars

- les contraintes admissibles de compression et traction (CCBA art 94)

. contraintes admissibles de compression :

. à la flexion : $\bar{\sigma}'_b = \beta'_b \sigma'_{28}$ avec : $\beta'_b = \alpha \beta \gamma \delta \epsilon$
. à la compression : $\bar{\sigma}'_{b_c} = 0,30 \alpha \beta \gamma \delta \epsilon \sigma'_{28}$

- . contraintes admissible de traction :

$\bar{\sigma}_b = \beta_b \sigma_{28}$ avec : $\beta_b = \alpha \beta \gamma \theta$

Pour les deux bâtiments on trouve les mêmes contraintes :

contraintes (bars)	$\bar{\sigma}'_{b_c}$	$\bar{\sigma}'_b$	$\bar{\sigma}_b$
sous SP1	68,85	137,7	5,9
sous SP2	103,27	206,54	8,85

2- ACIERa)- Aciers doux (R.L)

Nuance F_e E24 $\rightarrow \varnothing \leq 20$ mm, $\sigma_{en} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

sous sP_1 , $\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} = 1600 \text{ Kg/cm}^2$

sous sP_2 , $\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \frac{3}{3} \sigma_{en} = 2400 \text{ Kg/cm}^2$

b)- Aciers haute adhérence (HA)

Nuance F_e E40

. $\varnothing \leq 20$ mm, $\sigma_{en} = 4200 \text{ Kg/cm}^2$

. $\varnothing > 20$ mm, $\sigma_{en} = 4000 \text{ Kg/cm}^2$

. sous sP_1 :

$$\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \frac{2}{3} \sigma_{en} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varnothing \leq 20 \text{ mm, } \bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 2800 \text{ Kg/cm}^2 \\ \varnothing > 20 \text{ mm, } \bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 2670 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

. sous sP_2 :

$$\bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = \sigma_{en} \quad \left\{ \begin{array}{l} \varnothing \leq 20 \text{ mm, } \bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 4200 \text{ Kg/cm}^2 \\ \varnothing > 20 \text{ mm, } \bar{\sigma}'_a = \bar{\sigma}_a = 4000 \text{ Kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

PREDIMENSIONNEMENT

1- POUTRELLES

La condition de limitation des flèches dans les poutrelles est un critère important pour le prédimensionnement.

. Pour le bâtiment (SS+R+12)

La portée maximale de la poutrelle est : $l = 4,60$ m

$$h_p = \frac{l}{22,5} = \frac{4,60}{22,5} = 20,00 \quad \text{d'où on adopte le plancher (16+4)}$$

. Pour le bâtiment (SS+R+3)

La portée maximale de la poutrelle est : $l = 4,80$ m

$$h_p = \frac{480}{22,5} = 21,33 \text{ cm}; h_p = 25 \text{ cm} \quad \text{d'où le plancher (20 + 5)}$$

2- POITRES

D'après les prescriptions du RPA 81 (art.4.2.12), les dimensions des poutres doivent respecter les conditions ci-après :

$$\begin{cases} b \geq 20 \text{ cm} \\ h \geq 40 \text{ cm} \\ \frac{h}{b} \leq 3 \end{cases} \quad \text{en zone III avec } b_{\max} \leq 1,5 h + b_1 \quad (b_1 : \text{largeur du poteau})$$

On doit aussi avoir selon CCRA 68 :

$$\frac{l}{15} \leq h_t \leq \frac{l}{10} \quad \text{avec } l : \text{ plus grande portée des poutres}$$

et $0,3 h_t \leq b \leq 0,70 h_t$

. Pour le bâtiment (SS+R+12)

- $l = 5,00 \text{ m}$; sens transversal
 - $l = 4,90 \text{ m}$; sens longitudinal
- ce qui donne $h_t = 50 \text{ cm}$ (dans les deux sens)
- et $b = 30 \text{ cm}$

donc par les 2 sens, longitudinal et transversal on prend $(30 \times 50) \text{ cm}^2$

. Pour le bâtiment (SS+R+3)

- $l = 4,80 \text{ m}$; sens longitudinal, on adopte : $b = 30 \text{ cm}$ et $h_t = 40 \text{ cm}$ (30×40)
- $l = 6,25 \text{ m}$; sens transversal, on adopte : $b = 30 \text{ cm}$ et $h_t = 50 \text{ cm}$ (30×50)

3- PÔTEAUX

Le prédimensionnement s'effectue avec descente de charges et surcharges, on détermine l'effort normal en supposant que seul le béton résiste à l'effort

normal de compression. On doit homogénéiser le plus possible.

. On majore l'effort normal de 20% pour tenir compte de l'article (4.2.11) du RPA 81

$$(c\grave{a}d : S \geq \frac{KN'}{\sigma_{28}})$$

On doit vérifier les prescriptions visées par le RPA 81 :

$$\left\{ \begin{array}{l} \min(b_1, h_1) \geq 30 \text{ cm} \\ \frac{1}{3} \leq \frac{b_1}{h_1} \leq 3 \\ \min(b_1, h_1) \geq \frac{h}{20} \text{ avec } h : \text{ hauteur d'étage.} \end{array} \right.$$

On adopte pour tous les poteaux d'un étage les mêmes dimensions.

. Pour le bâtiment (SS+R+12)

$$\frac{N'}{S} \leq \bar{\sigma}'_{b_0} \Rightarrow S \geq \frac{N'}{\bar{\sigma}'_{b_0}}$$

- . pour les niveaux : 13, 12, 11 → S = (35 x 35) cm² ; N' = 83,11 t
- . pour les niveaux : 10, 9, 8, 7 → S = (45 x 45) cm² ; N' = 138,52 t
- . " " : 6, 5, 4, 3 → S = (60 x 60) cm² ; N' = 246,35 t
- . " " : 2, 1, -1 → S = (70 x 70) cm² ; N' = 334,21 t

. pour le bâtiment (SS+R+3)

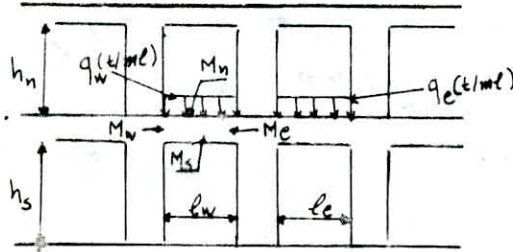
- . pour les niveaux : 4, 3 → S = (35 x 35) cm² ; N' = 78,56 t
- . " " : 2, 1 → S = (45 x 45) cm² ; N' = 135,03 t
- . pour le niveau : -1 → S = (50 x 50) cm² ; N' = 170,15 t

**CALCUL DES PORTIQUES
SOUS
CHARGES VERTICALES**

CALCUL DES PORTIQUES SOUS CHARGES VERTICALES

Pour le calcul des efforts dans les poutres et poteaux sous les charges verticales, on applique une méthode approchée qui est la méthode de "caquot" exposé dans l'annexe A1 du CCBA 68. Cette méthode trouve son champ d'application pour le calcul de tous les planchers.

Principe de la méthode



La poutre étant supposée avoir dans chaque travée une section constante. On note :

- l_e et l_w : longueurs des travées libres des poutres à gauche et à droite
- h_n et h_s : hauteurs des poteaux supérieurs et inférieurs
- l'_e : longueur fictive à droite intermédiaire ($0,8 l_e$)
- l'_w : longueur fictive à gauche intermédiaire ($0,8 l_w$)
- h'_n : $0,9 h_n$ si le noeud appartient à l'avant dernier plancher
- h'_n : $0,8 h_n$ dans les autres cas
- h'_s : $0,8 h_s$ sauf si les poteaux sont articulés aux fondations ; ds ce cas $h'_s = h_s$
- q_e et q_w : charges uniformément réparties sur les travées droites et gauches par ml.

Les moments fictifs sont définis comme suit :

$$M'_w = q_w \frac{l'_w{}^2}{8,5}; \quad M'_e = q_e \frac{l'_e{}^2}{8,5}$$

les raideurs sont données par :

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

I_w , I_e , I_n , I_s : les inerties des éléments formants le noeud.

les efforts sont donnés par :

. moment à droite du noeud

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

. moment à gauche du noeud

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

. moment au nu inférieur des poutres

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

. moment au nu supérieur des poutres

$$: M_n = \frac{K_n}{D} (M'_e - M'_w)$$

. effort tranchant à gauche du noeud

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

. effort tranchant à droite du noeud

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

. l'effort normal à droite du noeud

$$: N_i = |T_{ei}| + |T_{wi}|$$

- Etapas à suivre : calcul des :

. charges et surcharges revenant à chaque portique

. les efforts dans les poteaux sans G et P (tableau) . On fera l'étude dans les deux sens pour le portique le plus sollicité.

- Evaluation des charges et surcharges revenant à chaque portique

- pour le bâtiment (SS+R+12)

. dans le sens longitudinal

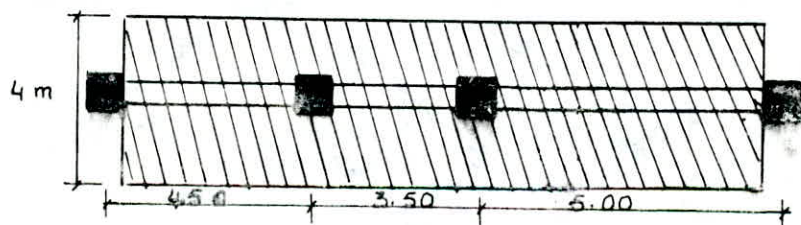
Pour les niveaux 3 à 13, les poutres sont non porteuses (sont soumis qu'à leur poids propre); par contre pour les niveaux 1 et 2 (planchers dallés) les poutres sont porteuses, les charges qui leur reviennent seront déterminées par les lignes de rupture.

- Dans le sens transversal

Toutes les poutres sont porteuses. Pour les planchers à corps creux, la charge qui revient aux poutres est égale à la valeur de la charge (surcharge) multipliée par la largeur de la dalle qui revient à la poutre. Pour les planchers dallés, la charge sera déterminée suivant la ligne de rupture.

Les charges (surcharges) revenant aux poutres des planchers dallés sont soit trapézoïdales ou triangulaires, elles seront linéarisées suivant la méthode exposée dans la calcul des ouvrages en béton armé (par M. BELAZOUGLI).

- Plancher à corps creux : (niveaux 13 à 3)



$q_g = G \cdot 4 \text{ m}$ $G (\text{t/m}^2)$: charge permanente

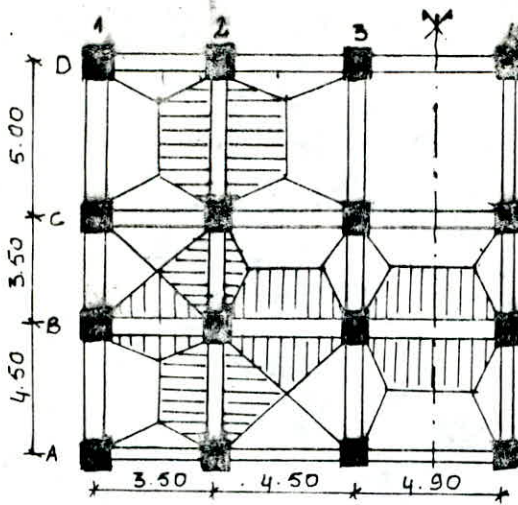
$q_p = P \cdot 4 \text{ m}$ $P (\text{t/m}^2)$: surcharge d'exploitation

- Plancher dallé : (niveaux 1 et 2)

On fera l'étude du portique le plus sollicité :

- sens transversal : le portique 2

- sens longitudinal : le portique B



- Pour les planchers dallés

$$q_a \text{ (t/ml)} = K.G.l_x$$

$$G \text{ et } P \text{ en [t/m}^2\text{]}$$

$$q_p \text{ (t/ml)} = K.P.l_x$$

$$\text{avec } K = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{f^2}{3} \right) \text{ où } f = \frac{l_x}{l_y}$$

sens transversal			
Niv.		q(sous G) t/ml	q(sous P) t/ml
13		2.735	0.700
12 à 13		2.375	0.700
2	A-B	2.001	1.181
	B-C	1.696	0.960
	C-D	2.110	1.262
1	A-B	2.001	1.480
	B-C	1.696	1.200
	C-D	2.110	1.578

sens longitudinal			
Niv.		q(sous G) t/ml	q(sous P) t/ml
13		0.375	0
12 à 13		0.375	0
2	1-2	1.695	0.95
	2-3	2.000	1.180
	3-4	2.091	1.248
1	1-2	1.695	1.20
	2-3	2.000	1.478
	3-4	2.091	1.561

- Pour le bâtiment (SS+R+3)

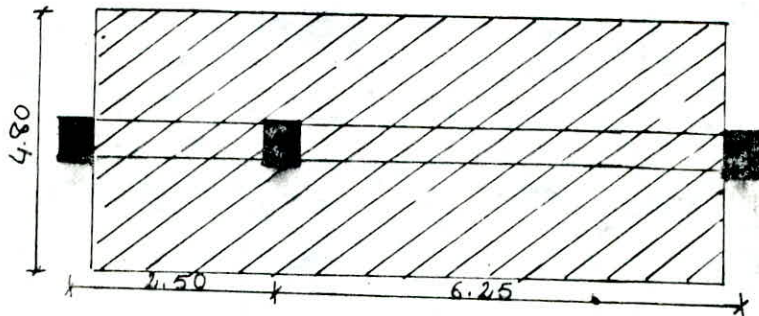
. Portique transversal

Toutes les poutres sont porteuses, la charge (surcharge) qui revient au portique est égale à la charge (surcharge) "t/m²" multipliée par la

La largeur qui lui revient, on fait l'étude du portique intermédiaire.

Portique longitudinal

Les poutres intermédiaires sont non porteuses, on fait l'étude du portique de rive qui est porteur du poids du mur et son propre poids la surcharge étant nulle.



Portique transv. intermed.			Portique long de rive		
Niv.	q(sous G) t/ml	.q(sous P) t/ml	Niv.	q(sous G)	q(sous P)
4	3.303	0.48	4	0.5625	0
3,2,1	3.159	1,44	3,2,1	1.239	0

P O R T I Q U E T R A N S V E R S A L :

Les efforts dans les poteaux sous (G)					
Niv	noeud	Ms(tm)	Mn(tm)	N(t)	Ncum(t)
	A	1.395	0.000	5.089	5.089
13	B	-0.589	0.000	10.398	10.398
	C	0.854	0.000	11.431	11.431
	D	-1.874	0.000	5.766	5.766
	A	0.898	0.798	4.630	9.719
12	B	-0.295	-0.263	8.881	19.279
	C	0.429	0.381	9.610	21.041
	D	-1.184	-1.053	5.260	11.026
	A	0.870	0.870	4.653	14.372
11	B	-0.275	-0.275	8.864	28.143
	C	0.399	0.399	9.577	30.618
	D	-1.145	-1.145	5.287	16.313
	A	1.596	0.584	4.778	19.149
10	B	-0.488	-0.179	8.746	36.889
	C	0.801	0.293	9.473	40.092
	D	-2.068	-0.757	5.385	21.698
	A	1.201	1.201	4.819	23.968
9	B	-0.395	-0.395	8.719	45.608
	C	0.644	0.644	9.419	49.510
	D	-1.545	-1.545	5.424	27.122
	A	1.201	1.201	4.819	28.786
8	B	-0.395	-0.395	8.719	54.328
	C	0.644	0.644	9.419	58.929
	D	-1.545	-1.545	5.424	32.546
	A	1.201	1.201	4.819	33.605
7	B	-0.395	-0.395	8.719	63.047
	C	0.644	0.644	9.419	68.348
	D	-1.545	-1.545	5.424	37.971
	A	2.060	0.652	4.872	38.477
6	B	-0.755	-0.239	8.690	71.737
	C	1.223	0.387	9.345	77.694
	D	-2.620	-0.829	5.474	43.445
	A	1.414	1.414	4.891	43.367
5	B	-0.541	-0.541	8.681	80.418
	C	0.874	0.874	9.319	87.012
	D	-1.791	-1.791	5.490	48.935
	A	1.414	1.414	4.891	48.258
4	B	-0.541	-0.541	8.681	89.100
	C	0.874	0.874	9.319	96.331
	D	-1.791	-1.791	5.490	54.426
	A	1.198	1.596	4.885	53.143
3	B	-0.453	-0.603	8.684	97.784
	C	0.732	0.975	9.326	105.657
	D	-1.520	-2.024	5.486	59.912
	A	1.556	0.840	4.126	57.270
2	B	-0.723	-0.390	6.824	104.607
	C	1.190	0.642	7.626	113.284
	D	-2.077	-1.121	4.886	64.798
	A	1.405	1.055	4.135	61.405
1	B	-0.673	-0.505	6.823	111.430
	C	1.105	0.830	7.611	120.894
	D	-1.871	-1.405	4.894	69.692

Les efforts dans les poteaux sous (P)						
Niv	Inoeud	Ms(tm)	Mn(tm)	N(t)	Ncum(t)	
13	A	0.357	0.000	1.302	1.302	
	B	-0.151	0.000	2.661	2.661	
	C	0.219	0.000	2.926	2.926	
	D	-0.480	0.000	1.476	1.476	
12	A	0.265	0.235	1.365	2.667	
	B	-0.087	-0.077	2.618	5.279	
	C	0.126	0.112	2.832	5.758	
	D	-0.349	-0.310	1.550	3.026	
11	A	0.256	0.256	1.371	4.038	
	B	-0.081	-0.081	2.613	7.891	
	C	0.118	0.118	2.823	8.581	
	D	-0.338	-0.338	1.558	4.584	
10	A	0.470	0.172	1.408	5.447	
	B	-0.144	-0.053	2.578	10.469	
	C	0.236	0.086	2.792	11.373	
	D	-0.610	-0.223	1.587	6.171	
9	A	0.354	0.354	1.420	6.867	
	B	-0.116	-0.116	2.570	13.039	
	C	0.190	0.190	2.776	14.149	
	D	-0.455	-0.455	1.599	7.770	
8	A	0.354	0.354	1.420	8.287	
	B	-0.116	-0.116	2.570	15.609	
	C	0.190	0.190	2.776	16.925	
	D	-0.455	-0.455	1.599	9.369	
7	A	0.354	0.354	1.420	9.707	
	B	-0.116	-0.116	2.570	18.179	
	C	0.190	0.190	2.776	19.701	
	D	-0.455	-0.455	1.599	10.968	
6	A	0.607	0.192	1.436	11.143	
	B	-0.222	-0.070	2.561	20.740	
	C	0.360	0.114	2.754	22.456	
	D	-0.772	-0.244	1.613	12.581	
5	A	0.417	0.417	1.441	12.585	
	B	-0.159	-0.159	2.559	23.299	
	C	0.258	0.258	2.747	25.202	
	D	-0.528	-0.528	1.618	14.199	
4	A	0.417	0.417	1.441	14.026	
	B	-0.159	-0.159	2.559	25.858	
	C	0.258	0.258	2.747	27.949	
	D	-0.528	-0.528	1.618	15.818	
3	A	0.353	0.471	1.440	15.466	
	B	-0.133	-0.178	2.559	28.417	
	C	0.216	0.287	2.749	30.698	
	D	-0.448	-0.597	1.617	17.434	
2	A	0.918	0.496	2.436	17.902	
	B	-0.443	-0.239	3.962	32.379	
	C	0.733	0.396	4.474	35.172	
	D	-1.242	-0.670	2.922	20.356	
1	A	1.039	0.780	3.059	20.961	
	B	-0.518	-0.389	4.960	37.338	
	C	0.852	0.639	5.582	40.754	
	D	-1.399	-1.050	3.659	24.015	

PORTIQUE LONGITUDINAL :

! Les efforts dans les poteaux sous (G) !

! Niv !	! Noeud !	! Ms(tm) !	! Mn(tm) !	! N(t) !	! Ncum(t) !
!	1	0.074	0.000	0.388	0.388
13	2	0.019	0.000	1.165	1.165
!	3	0.020	0.000	1.320	1.320
!	1	0.057	0.051	0.408	0.796
12	2	0.023	0.020	1.145	2.310
!	3	0.016	0.014	1.319	2.639
!	1	0.056	0.056	0.410	1.206
11	2	0.023	0.023	1.143	3.452
!	3	0.016	0.016	1.319	3.959
!	1	0.106	0.039	0.433	1.639
10	2	0.062	0.023	1.122	4.574
!	3	0.032	0.012	1.318	5.276
!	1	0.082	0.082	0.441	2.081
9	2	0.050	0.050	1.116	5.690
!	3	0.026	0.026	1.315	6.592
!	1	0.082	0.082	0.441	2.522
8	2	0.050	0.050	1.116	6.806
!	3	0.026	0.026	1.315	7.907
!	1	0.082	0.082	0.441	2.964
7	2	0.050	0.050	1.116	7.922
!	3	0.026	0.026	1.315	9.222
!	1	0.144	0.046	0.455	3.418
6	2	0.095	0.030	1.107	9.028
!	3	0.047	0.015	1.311	10.533
!	1	0.100	0.100	0.460	3.878
5	2	0.068	0.068	1.103	10.132
!	3	0.034	0.034	1.309	11.843
!	1	0.100	0.100	0.460	4.338
4	2	0.068	0.068	1.103	11.235
!	3	0.034	0.034	1.309	13.152
!	1	0.085	0.113	0.458	4.797
3	2	0.057	0.076	1.104	12.339
!	3	0.028	0.038	1.310	14.462
!	1	0.741	0.400	2.591	7.388
2	2	0.722	0.390	6.864	19.203
!	3	0.373	0.201	8.941	23.403
!	1	0.674	0.506	2.615	10.003
1	2	0.672	0.505	6.850	26.054
!	3	0.344	0.258	8.931	32.333

! Les efforts dans les poteaux sous (P) !

! Niv !	! Noeud !	! Ms(t) !	! Mn(t) !	! N(t) !	! Ncum(t) !
!	1	0.420	0.227	1.466	1.466
2	2	0.444	0.240	3.990	3.990
!	3	0.231	0.125	5.313	5.313
!	1	0.477	0.358	1.850	3.316
1	2	0.517	0.388	4.979	8.969
!	3	0.267	0.200	6.636	11.949

P O R T I Q U E T R A N S V E R S A L

Les efforts dans les poteaux sous (G)						Les efforts dans les poteaux sous (P)					
Niv	noeud	Ms(tm)	Mn(tm)	N(t)	Ncum(t)	Niv	noeud	Ms(tm)	Mn(tm)	N(t)	Ncum(t)
4	A	0.247	0.000	1.051	1.051	4	A	0.036	0.000	0.055	0.055
	B	1.301	0.000	16.339	16.339		B	0.258	0.000	2.520	2.520
	C	-3.709	0.000	9.199	9.199		C	-0.539	0.000	1.289	1.289
3	A	0.198	0.176	1.317	2.368	3	A	0.090	0.080	0.574	0.628
	B	1.066	0.948	15.133	31.472		B	0.504	0.448	6.941	9.461
	C	-2.569	-2.283	8.979	18.179		C	-1.171	-1.041	4.078	5.367
2	A	0.406	0.149	1.753	4.121	2	A	0.185	0.068	0.799	1.428
	B	2.261	0.827	14.540	46.013		B	1.031	0.377	6.628	16.089
	C	-4.465	-1.634	9.137	27.315		C	-2.036	-0.745	4.165	9.532
1	A	0.329	0.329	2.022	6.143	1	A	0.150	0.150	0.922	2.349
	B	1.876	1.876	14.209	60.222		B	0.855	0.855	6.477	22.566
	C	-3.328	-3.328	9.199	36.514		C	-1.517	-1.517	4.193	13.725

P O R T I Q U E L O N G I T U D I N A L

Les efforts dans les poteaux sous (G)					
Niv	noeud	Ms(tm)	Mn(tm)	N(t)	Ncum(t)
4	1	0.440	0.000	1.144	1.144
	2	-0.041	0.000	2.619	2.619
	3	0.000	0.000	2.495	2.495
3	1	0.661	0.588	2.622	3.766
	2	0.000	0.000	5.648	8.267
	3	0.000	0.000	5.514	8.008
2	1	1.088	0.398	2.676	6.442
	2	0.000	0.000	5.595	13.862
	3	0.000	0.000	5.514	13.522
1	1	0.792	0.792	2.698	9.140
	2	0.000	0.000	5.573	19.434
	3	0.000	0.000	5.514	19.035

CALCUL DES RIGIDITES

CALCUL DES RIGIDITES

Etant donné que nos structures sont constituées de portiques autostables, qui reprennent la totalité des efforts. La méthode de "MUTO" est bien adaptée à ce genre de structures.

La rigidité relative de niveau d'un portique, sera calculée comme si les poteaux étaient parfaitement encastrés, multipliée par un coefficient correcteur "a" tenant compte de la flexibilité des poutres arrivant aux noeuds.

R° : rigidité relative de niveau d'un portique avec poteaux parfaitement encastrés.

$R = a \cdot R^{\circ}$: rigidité relative de niveau d'un portique corrigé au sens de "MUTO"

- la rigidité relative d'étage est donnée par :

$$\bullet R_{jx} = \sum_{i=1}^k R_{ji}^x \quad : \text{ suivant le sens longitudinal (x-x)}$$

$$\bullet R_{jy} = \sum_{i=1}^m R_{ji}^y \quad : \text{ suivant le sens transversal (y-y)}$$

$$\text{où } R_{jx} = \sum_{i=1}^k \frac{12 E I_i}{h_j^3} \cdot a_i \quad \text{et} \quad R_{jy} = \sum_{i=1}^m \frac{12 E I_i}{h_j^3} \cdot a_i$$

.E : module d'young du béton ($E = 3,78 \cdot 10^5$ kg/cm²)

.I : moment d'inertie du poteau suivant le sens considéré.

. h_j : hauteur du poteau au niveau j

.k : nombre de portiques longitudinaux

.m : " " " transversaux

- la rigidité à la torsion

la rigidité à la torsion à l'étage "j" est donnée par

l'expression :

$$R_{j\theta} = \sum_{t=1}^k R_{jt} (x_t)^2 + \sum_{e=1}^m R_{je} (y_e)^2$$

x_t : distance d'un portique transversal au centre de torsion (c)

y_e : " " " longitudinal au centre de torsion (c)

- Caractéristiques géométriques

. centre de masse et centre de torsion

. l'ordonnée du centre de masse :

$$x_g = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} ; \quad y_g = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

. l'ordonnée du centre de torsion

$$x_c = \frac{\sum R_{jl} y_l}{\sum R_{jl}} ; \quad y_c = \frac{\sum R_{jt} x_t}{\sum R_{jt}}$$

les deux bâtiments admettent une symétrie dans le sens longitudinal ($x_g = x_c$)

- Excentricité

Comme dans le sens longitudinal, il ya une symétrie ($x_g = x_c$) on n'a pas d'excentricité, on prendra alors l'excentricité accidentelle de 5 % de la plus grande dimension du bâtiment.

Dans le sens transversal, on calculera la valeur de l'excentricité théorique ($e_{théo}$): $e_{théo} = |e_{yg} - e_{yc}|$ et la valeur de l'excentricité accidentelle (e_{acc}) et on prendra la valeur la plus grande sans dépasser l'excentricité admissible (RPA art. 3.2.1.1-d) qui est égale à 20 % de la longueur du sens considéré.

- Pour le bâtiment (SS+R+12)

. $x_g = x_c = 10,45 \text{ m}$

. les portiques d'un même étage ont les mêmes rigidités, on a alors :

$$y_c = \frac{\sum y_l}{4} = \frac{0+4,5+8+13}{4} = 6,375 \text{ m} \quad (4 \text{ portiques dans le sens longitudinal})$$

. sens longitudinal =

$$e_x = 0,05 \times 20,9 = 1,045 \text{ m} < e_{adm}$$

$$e_{adm} = 0,2 \times 20,9 = 4,18 \text{ m}$$

. sens transversal =

$$e_{acc} = 1,045 \text{ m}$$

$$e_{adm} = 0,2 \times 13 = 2,6 \text{ m}$$

$$e_u = \max / e_{théo} ; e_{acc} / < e_{adm}$$

Niv	x_g	x_c	e_x	u_a	y_c	$e_{théo}$	e_y
13	10,45	10,45	1,045	6,66	6,375	0,285	1,045
12	"	"	"	6,71	"	0,335	"
11	"	"	"	6,71	"	0,335	"
10	"	"	"	6,69	"	0,315	"
9	"	"	"	6,69	"	0,315	"
8	"	"	"	6,69	"	0,315	"
7	"	"	"	6,69	"	0,315	"
6	"	"	"	6,67	"	0,295	"
5	"	"	"	6,67	"	0,295	"
4	"	"	"	6,67	"	0,295	"
3	"	"	"	6,65	"	0,295	"
2	"	"	"	6,61	"	0,235	"
1	"	"	"	6,63	"	0,255	"

. Pour le bâtiment (SS+R+3)

$$x_g = x_c = 12,00 \text{ m}$$

$$u_c = \frac{\sum y_l}{3} = \frac{0 + 2,5 + 6,25}{3} = 3,75 \text{ m} \quad (3 \text{ portiques dans le sens longitudinal})$$

- sens longitudinal

$e_x = e_{acc} = 0,05 \times 24 = 1,2 \text{ m} < e_{adm}$
 $e_{adm} = 0,20 \times 24 = 4,8 \text{ m}$

- sens transversal

$e_{acc} = 1,2 \text{ m}$
 $e_{adm} = 0,20 \times 8,75 = 1,75 \text{ m}$
 $e_y = \max | e_{théo} | e_{acc} | < e_{adm}$

Niv	x_g	x_c	e_x	y_g	y_c	$e_{théo}$	e_y
4	12,00	12,00	1,20	4,18	3,75	0,43	1,2
3	"	"	"	4,16	"	0,41	"
2	"	"	"	4,16	"	0,41	"
1	"	"	"	4,14	"	0,39	"

- Batiment (SS+R.12)

Niv.	R_{jx}	R_{jx}	R_{jy}	R_{jy}	$R_{j\theta} \cdot 10^{-3}$
13	0,189 E	0,755 E	0,115 E	0,692 E	548,434 E
12	"	"	"	"	"
11	"	"	"	"	"
10	0,307 E	1,230 E	0,183 E	1,096 E	876,082 E
9	"	"	"	"	"
8	"	"	"	"	"
7	"	"	"	"	"
6	0,411 E	1,645 E	0,240 E	1,442 E	115,91 E
5	"	"	"	"	"
4	"	"	"	"	"
3	0,241 E	0,965 E	0,141 E	0,848 E	681,183 E
2	0,265 E	1,059 E	0,154 E	0,927 E	745,247 E
1	1,589 E	6,358 E	1,032 E	6,190 E	4815,376 E

. Batiment (SS+R+3)

Niv.	R_{jx}	IR_{jx}	R_{jy}	IR_{jy}	$R_{jA} \cdot 10^{-3}$
4	0,08 E	0,243 E	0,055 E	0,331 E	255,212 E
3	"	"	"	"	"
2	0,114 E	0,342 E	0,09 E	0,553 E	418,367 E
1	0,212 E	0,636 E	0,132 E	0,795 E	620,169 E

ETUDE DYNAMIQUE

Introduction

Les tremblements de terre sont des catastrophes naturelles dont les conséquences sont les plus dramatiques pour les populations, ce qui a nécessité à la fois l'étude des séismes, le renforcement de la réglementation relative aux constructions et la recherche de moyens de protection.

En ce qui concerne l'évaluation de la charge sismique de calcul et la détermination des efforts dynamiques d'une construction située en zone sismique, on peut recommander le processus suivant :

- 1)- La détermination des matrices caractérisant les propriétés d'une structure.
- 2)- La détermination des caractéristiques dynamiques (périodes et déformée des modes propres) de la structure donnée sur la base d'une analyse dynamique.
- 3)- L'évaluation des forces sismiques de calcul suivant les règles en vigueur.
- 4)- La vérification de la résistance et la stabilité des éléments constructifs.
- 5)- La répartition de la charge sismique de calcul entre les éléments constructifs conçus pour le supporter.

1)- La détermination des matrices caractérisant les propriétés d'une structure :

. Caractéristique élastique (souplesse)

La définition d'un coefficient d'influence de souplesse $\tilde{\delta}_{ij}$ est la suivante :

$\tilde{\delta}_{ij}$ = valeur du déplacement selon la coordonnée "i" sous l'action d'une charge, unité appliquée selon la coordonnée "j".

Le calcul des coefficients d'influence de souplesse pour un système quelconque donné est un simple problème de statique : on peut utiliser n'importe quelle méthode d'RDM.

Elle peut être donnée aussi en inversant la matrice de raideur $[K]$ par la forme ci-après pour n degrés de liberté :

$$[\tilde{\delta}] = \begin{bmatrix} \sum_1^n \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-2} \frac{1}{k_i} & \dots & \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \dots & \frac{1}{k_1} \\ \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-1} \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-2} \frac{1}{k_i} & \dots & \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \dots & \frac{1}{k_1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \dots & \sum_1^{n-d+1} \frac{1}{k_i} & \dots & \frac{1}{k_1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{k_1} & \frac{1}{k_1} & \frac{1}{k_1} & \dots & \frac{1}{k_1} & \dots & \frac{1}{k_1} \end{bmatrix}$$

où K_1, K_2, \dots, K_n sont respectivement les rigidités des niveaux 1, 2, ..., n données par MUTO (tenant compte du coefficient correcteur).

$$K_i = \frac{12 EI_i}{h_i^3}$$

. Caractéristique massique :

La manière la plus simple de représenter les caractéristiques

massiques d'une structure consiste à supposer que toute la masse est concentrée aux points de définition des déplacements en translation.

Pour un système dont on ne considère que les degrés de liberté de translation, la matrice de masse est diagonale, elle s'écrit :

$$[m] = \begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_i & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_n \end{bmatrix}$$

Le nombre de termes diagonaux de cette matrice est égale au nombre de degrés de liberté. Les m_i extra-diagonaux sont nuls, car une accélération appliquée à un noeud où est concentrée une masse ne produit de forces d'inertie qu'en ce même point.

Poids de chaque niveau des deux bâtiments :

. Bâtiment (SS+R+12) :

Niv.	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
$i(t)$	285	300	300	306	313	313	313	328	342	342	360	405	399

. Bâtiment (SS+R+3) :

Niv.	4	3	2	1
$i(t)$	233	245	261	268



2)- Détermination des caractéristiques dynamiques (périodes et déformées des modes propres) :

La forme du premier mode de vibration peut fournir une période de la structure et une distribution de forces horizontales, qui représentent mieux la réponse dynamique réelle que les valeurs simplifiées données par la méthode statique indiquée dans l'RPA.

L'analyse dynamique est obligatoire vue que la méthode statique équivalente n'est pas

applicable pour les deux structures (variation de rigidité entre deux niveaux consécutifs à 25 %...)

Nous étudierons donc une méthode qui tient compte de manière adéquate de la sismicité du site, des caractéristiques dynamiques de la structure et des conditions du sol (nous satisfaisons les exigences du RPA 81).

On a opté pour la méthode de Stodola qui permet de trouver rapidement et avec une précision satisfaisante les caractéristiques dynamiques de vibration.

METHODE DE STODOLA

La méthode de STODOLA est basée sur les observations suivantes :

- pour un système oscillatoire à "n" masses concentrées (ou pour un système à masse répartie), les coordonnées de la ligne élastique qui correspond au mode "j" sont proportionnelles aux forces d'inertie des masses dans le mode considéré.
- le travail des forces d'inertie correspondant à un mode de vibration quelconque avec les déplacements d'un autre mode est nul.

La méthode de STODOLA permet de calculer le mode fondamental (pulsation propre et déformée) ainsi que successivement, les modes supérieurs en utilisant un procédé d'élimination dont la convergence est, malheureusement, assez lente. Cependant, compte tenu du caractère répétitif des opérations cette méthode peut-être facilement programmée sur ordinateur.

La marche pratique de calcul est la suivante :

1)- Détermination du mode fondamental

la méthode de STODOLA est fondée sur l'équation :

$$(K - \omega^2 M) \bar{V} = 0 \text{ que l'on peut écrire sous la forme :}$$

$$\left[\frac{1}{\omega^2} \bar{I} - \bar{f} \cdot m \right] \bar{V} = 0 \Rightarrow \frac{1}{\omega^2} \bar{V} = \bar{f} \cdot m \cdot \bar{V}$$

où: la matrice de souplesse \bar{f} est l'inverse de la matrice de rigidité le produit matriciel $\bar{f} \cdot m$ caractérise les propriétés dynamiques de la structure. On l'appelle "matrice dynamique" et on le note D :

$$D = \bar{f} \cdot m \Rightarrow \boxed{\frac{1}{\omega^2} \bar{V} = D \bar{V}} \quad (1)$$

Cette dernière équation ne sera satisfaisante que par les vecteurs qui représentent un mode de vibration vrai ; il en existe N et le but de la méthode de STODOLA est de tous les déterminer. Dans le cas où l'on connaît la forme exacte d'un mode de vibration la relation (1) nous donne la valeur exacte de la valeur propre (ω_1^2). Dans la plupart des cas pratiques, cette forme n'est pas connue et il faut choisir une forme arbitraire $V_1^{(0)}$ qui par la suite sera "corrigée" afin d'obtenir avec précision satisfaisante la forme du mode respectif. Si on introduit $V_1^{(0)}$ dans la relation (1), une nouvelle déformée sera obtenue $V_1^{(1)}$:

$$\frac{1}{\omega_1^2} V_1^{(1)} = D V_1^{(0)}$$

Le produit matriciel de D par la déformée $V_1^{(0)}$ sera désignée par : $\bar{V}_1^{(1)} = D V_1^{(0)}$
 Si c'était un mode vrai alors : $\bar{V}_1^{(1)} = \frac{1}{\omega_1^2} V_1^{(1)}$

Pour calculer la fréquence, considérons la coordonnée de déplacement d'un point arbitraire K ; on a :

$$\bar{V}_{k1}^{(1)} = \frac{1}{\omega_1^2} V_{k1}^{(0)} \quad \text{où } \omega_1^2 = \frac{V_{k1}^{(0)}}{\bar{V}_{k1}^{(1)}}$$

En règle générale la déformée $v^{(1)}$ différera de $v^{(0)}$, et un résultat différent sera obtenu pour chacune des coordonnées. On répète le procédé un certain nombre de fois, jusqu'à obtenir :

$$v_1^{(s)} \approx v_1^{(s-1)}$$

dans ce cas on aura :
$$\bar{v}_1^{(s)} = \frac{1}{\omega_1^2} v_1^{(s-1)} \Rightarrow \omega_1^2 = \frac{v_{k1}^{(s-1)}}{\bar{v}_{k1}^{(s)}}$$

2) - Détermination du deuxième mode

Le procédé itératif de STODOLA peut-être utilisé pour calculer les modes d'ordre supérieur également.

Pour obtenir le mode immédiatement supérieur, une opération d'élimination des modes inférieurs est nécessaire.

Pour calculer le second mode par itération matricielle, il suffit donc d'essayer une déformée $v_2^{(0)}$ qui ne contienne aucune composante du 1er mode que nous exprimons en fonction de ces composantes modales sous la forme suivante :

$$v_2^{(0)} = \phi y^{(0)} = \phi_1 y_1^{(0)} + \phi_2 y_2^{(0)} + \dots + \phi_n y_n^{(0)}$$

où le second membre se réduit à un terme de premier mode en raison des propriétés d'orthogonalité :

$$\phi_n^t m \phi_m = 0 \text{ si } n \neq m \quad \text{on aura } \phi_1^t m v_2^{(0)} = \phi_1^t m \phi_1 y_1^{(0)}$$

cette équation peut-être résolue pour calculer la composante du 1er mode en $v_2^{(0)}$:

$$y_1^{(0)} = \frac{\phi_1^t m v_2^{(0)}}{M_1} \quad \text{où } M_1 \text{ est la coordonnée principale de masse généralisée :}$$

$$M_1 = \phi_1^t m \phi_1$$

Si on élimine cette composante de la déformée initiale, on dit que le vecteur d'essai a été "épuré" :
$$\bar{v}_2^{(0)} = v_2^{(0)} - \phi y_1^{(0)} \dots (2)$$

Le vecteur d'essai convergera vers le second mode.

Pour débarrasser le vecteur d'essai de la composante du 1er mode il est commode d'utiliser une matrice dite "de BALAYAGE" notée S_1 où

$$S_1 V_2^{(0)} = \bar{V}_2^{(0)} = V_2^{(0)} - \frac{1}{M_1} \phi_1 \phi_1^t m V_2^{(0)}$$

la matrice de balayage permettant d'éliminer le 1er mode est donnée par :

$$S_1 = I - \frac{1}{M_1} \phi_1 \phi_1^t m$$

la matrice dynamique pour le second mode est $D_2 = D S_1$

la détermination du second mode est entièrement équivalent à celle du premier mode envisagé précédemment.

$$\frac{1}{\omega_1^2} V_2^{(1)} = D V_2^{(0)} \quad \text{si } V_2^{(0)} \approx V_2^{(1)}$$

$$\bar{V}_2^{(1)} = D_2 V_2^{(0)} \Rightarrow \omega_2 = \frac{V_{k2}^{(S-1)}}{\bar{V}_{k2}^{(S)}}$$

3- Détermination du troisième mode et des modes suivants :

Il est bien clair que le procédé de balayage peut épurer un vecteur d'essai des contributions des deux premiers modes simultanément, ce qui aura pour effet de faire converger la méthode de STODOLA vers le troisième mode. Ayant déterminé la déformée épurée du vecteur d'essai pour le troisième mode par analogie avec l'équation (2) on aura :

$$\bar{V}_3^{(0)} = V_3^{(0)} - \phi_1 y_1^{(0)} - \phi_2 y_2^{(0)} \dots (3)$$

si on utilise la condition d'orthogonalité de $\bar{V}_3^{(0)}$ avec ϕ_1 et ϕ_2 simultanément on a :

$$\begin{aligned} \phi_1^t m V_3^{(0)} &= 0 = \phi_1^t m V_3^{(0)} - M_1 y_1^{(0)} \\ \phi_2^t m V_3^{(0)} &= 0 = \phi_2^t m V_3^{(0)} - M_2 y_2^{(0)} \end{aligned}$$

ce qui conduit aux expressions suivantes pour les amplitudes des deux premiers modes relatives au vecteur d'essai $V_3^{(0)}$:

$$y_1^{(0)} = \frac{1}{M_1} \phi_1^t m v_3^{(0)} \quad \text{avec } M_1 = \phi_1^t m \phi_1$$

$$y_2^{(0)} = \frac{1}{M_2} \phi_2^t m v_3^{(0)} \quad \text{avec } M_2 = \phi_2^t m \phi_2$$

si on reporte ces expressions dans l'équation (3) on aura :

$$\bar{v}_3^{(0)} = \left[I - \frac{1}{M_1} \phi_1 \phi_1^t m - \frac{1}{M_2} \phi_2 \phi_2^t m \right] v_3^{(0)}$$

la matrice de balayage qui élimine les 2 premiers modes du vecteur $v_3^{(0)}$ est :

$$S_2 = S_1 - \frac{1}{M_2} \phi_2 \phi_2^t m$$

l'opération de balayage s'exprime par : $\bar{v}_3^{(0)} = S_2 v_3^{(0)}$

l'équation de STODOLA pour la détermination du 3^e mode peut s'écrire :

$$\frac{1}{\omega_3^2} v_3^{(1)} = D_3 v_3^{(0)} \quad \text{si } v_3^{(1)} = v_3^{(0)}$$

$$D_3 = D S_2 \Rightarrow \omega_3^2 = \frac{v_{k3}^{(S-1)}}{\bar{v}_{k3}^{(S)}}$$

le même procédé peut être pour la détermination de modes d'ordre de plus en plus élevés.

La relation de récurrence s'écrit pour la détermination du N^em mode :

$$\begin{cases} S_0 = I \\ S_n = S_{n-1} - \frac{1}{M_n} \phi_n \phi_n^t m \\ D_{n+1} = D S_n \end{cases}$$

En pratique, seuls les trois premiers modes dans un classement par valeur décroissante de périodes propres sont à retenir, car eux seuls sont excités de

façon notable, l'un d'eux étant nettement prépondérant par rapport aux autres. La sélection s'effectuant d'après la valeur maximum de l'énergie potentielle emmagasiner dans la structure lors du mouvement.

ou d'après de coefficient d'équivalence (de participation) qui est donné par :

$$\eta = \frac{\left(\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki} \right)^2}{\sum_{k=1}^n m_k \cdot \sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki}^2}$$

EVALUATION DES FORCES SISMIQUES DE CALCUL

Les forces sismiques de calcul représentent une charge statiquement appliquée, provoquant dans la structure des efforts qui pourraient être engendrés par une sollicitation sismique future. En pratique, pour la quasi-totalité des constructions, les forces sismiques sont appliquées aux niveaux des planchers où l'on suppose que les poids des masses des étages contigus sont concentrés.

On détermine, la charge sismique de calcul séparément pour la direction Longitudinale et pour la direction transversale, c à d suivant les axes référentiels de la construction.

Conformément aux règles parasismiques algérien, la force sismique du ième mode, au K ème étage est donnée par :

$$F_{ik} = M_k \ddot{u}_{ik} \quad M_k : \text{masse à l'étage } k$$

$$\ddot{u}_{ik} : \text{accélération du } i \text{ ème mode au } k \text{ ème étage.}$$

$$\text{ou } \ddot{u}_{ik} = \gamma_i \cdot S'_a(\beta_j, T_i) \phi_{ik} \quad \text{avec } S'_a(\beta_j, T_i) = S''(\beta) T_i \cdot Q$$

γ_i : facteur de contribution de chaque mode, défini par :

$$\gamma_i = \frac{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki}}{\sum_{k=1}^n m_k \phi_{ki}^2}$$

exprime que pour les différents points de la construction, les forces sismiques de calcul sont différentes

ϕ_{ik} : forme propre du i ème mode au k ème étage.

n : nombre total d'étage

k : indice de l'étage

Q : facteur de qualité (art. 3.3.1.4 RPA 81)

$S_a''(\beta, T_i)$: spectre de réponse élasto-plastique des accélérations défini par :

$$S_a''(\beta, T_i) = \begin{cases} S_a(\beta, T_i) \times (B/0.7) & \text{pour } T \geq 0.5 \text{ sec} \\ \frac{S_a(\beta, T_i)}{\sqrt{\frac{1.4}{B} - 1}} & \text{pour } T < 0.5 \text{ sec} \end{cases}$$

B : facteur de comportement de la structure défini dans le RPA (art. 3.3.1.3) qui dépend du type du système de contreventement, des types de structures ainsi que leurs définitions.

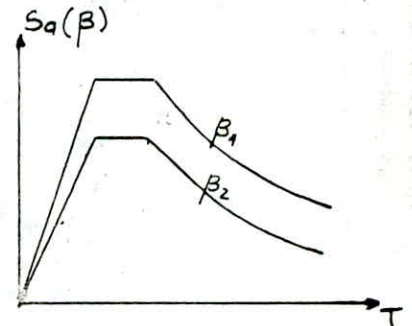
$S_a(\beta, T_i)$: spectre de réponse élastique des accélérations

$$S_a(\beta, T_i) = A \cdot D(\beta, T_i)$$

A : coefficient d'accélération de zone (RPA art. 3.3.1.2)

qui dépend du groupe d'usage de la structure et de la zone sismique, sans tenir compte du type de sol.

$D(\beta, T_i)$: facteur d'amplification dynamique moyen (cf RPA 81, art. 3.3.1.2), il caractérise l'effet dynamique de la sollicitation sismique sur les constructions.



D'après le RPA, le facteur d'amplification dynamique moyen est déterminé par l'expression suivante, pour un sol ferme :

$$0.77 \leq D_i = 2 \cdot \sqrt{\frac{0.3}{T_i}} \leq 2.00$$

β : amortissement de la structure (10 % pour les bâtiments courants)

donc :

$$\begin{cases} F_{ik} = A D_i Q \phi_{ik} \gamma_i B_i \cdot m_k / 0,7 & \text{pour } T \geq 0,5 \text{ sec} \\ F_{ik} = A D_i Q \phi_{ik} \gamma_i m_k \left(\frac{1,4}{B} - 1 \right)^{-1/2} & \text{pour } T < 0,5 \text{ sec} \end{cases}$$

- la charge sismique de calcul totale

La charge sismique de calcul résultante à l'étage k est donnée par la moyenne quadratique :

$$F_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n F_{ki}^2}$$

F_{ki} : force sismique de calcul du i ème mode au k ème étage.

on peut aussi à partir des charges sismiques, déterminer les efforts dans les sections de la structure d'après la formule :

$$C_k = \sqrt{\sum_{i=1}^n C_{ik}^2}$$

où : C_k : l'effort (M, N, T) total dans la section considérée

C_{ik} : est l'effort (M, N, T) dans la section considérée, engendrée par la charge sismique de calcul, correspondant au i ème mode.

Mais cette dernière est laborieuse.

- Batiment (SS+R+12)

. coefficient de zone "A"

A = 0,25, groupe d'usage ?, zone III

. facteur de comportement de la structure (B) :

Vu que les portiques autostables sont exclus en zone III ont pris la valeur correspondant à la construction de catégorie 3 en zone I et II : $B = 1/4$

. facteur de qualité :

$Q = 1,3$ (sens longitudinal et transversal)

. facteur d'amplification dynamique ($D = f(T_i)$) et coefficient de contribution " γ_i "

sens longitudinal

Mode	1	2	3
$T_i (S)$	1,3020	0,4877	0,2945
D_i	0,960	1,569	2,000
γ_i	1,344	- 0,511	0,257

sens transversal

Mode	1	2	3
$T_i (S)$	1,3847	0,5145	0,3107
D_i	0,931	1,527	1,965
γ_i	1,339	- 0,503	0,255

- Batiment (SS+R+3)

. $A = 0,25$: groupe d'usage 2, zone III

. $B = 1/4$: catégorie 3

. $Q = 1,3$ (sens longitudinal et transversal)

sens longitudinal

Mode	1	2	3
$T_i (S)$	0,7468	0,2815	0,1904
D_i	1,268	2,000	2,000
γ_i	1,300	0,506	- 2,282

sens transversal

Mode	1	2	3
$T_i (S)$	0,6282	0,2427	0,1641
D_i	1,382	2,000	2,000
γ_i	1,314	0,517	- 0,258

SENS TRANSVERSAL

SENS LONGITUDINAL

(a)- Batiment (SS+R+12) :

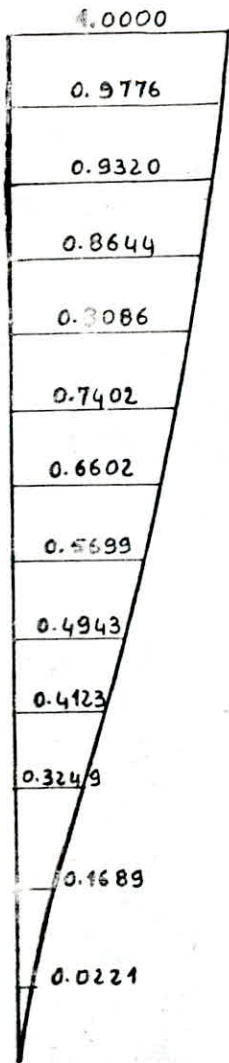
Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
13	1.0000	1.0000	1.0000
12	0.9776	0.8376	0.5547
11	0.9320	0.5319	-0.1507
10	0.8644	0.1353	-0.7854
9	0.8086	-0.1302	-0.9491
8	0.7402	-0.3810	-0.8196
7	0.6602	-0.5888	-0.4367
6	0.5699	-0.7303	0.0811
5	0.4943	-0.7723	0.4544
4	0.4123	-0.7420	0.7113
3	0.3249	-0.6423	0.7857
2	0.1689	-0.3652	0.5515
1	0.0221	-0.0486	0.0764
T(s)	1.3841	0.5145	0.3107
η (%)	77.866	8.920	2.587

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
13	1.0000	1.0000	1.0000
12	0.9767	0.8339	0.5455
11	0.9296	0.5221	-0.1699
10	0.8596	0.1190	-0.8040
9	0.8036	-0.1414	-0.9524
8	0.7349	-0.3859	-0.8091
7	0.6547	-0.5873	-0.4180
6	0.5642	-0.7229	0.1011
5	0.4896	-0.7610	0.4651
4	0.4088	-0.7294	0.7127
3	0.3227	-0.6311	0.7819
2	0.1686	-0.3602	0.5488
1	0.0242	-0.0527	0.0838
T(s)	1.3020	0.4872	0.2945
η (%)	77.810	9.045	2.645

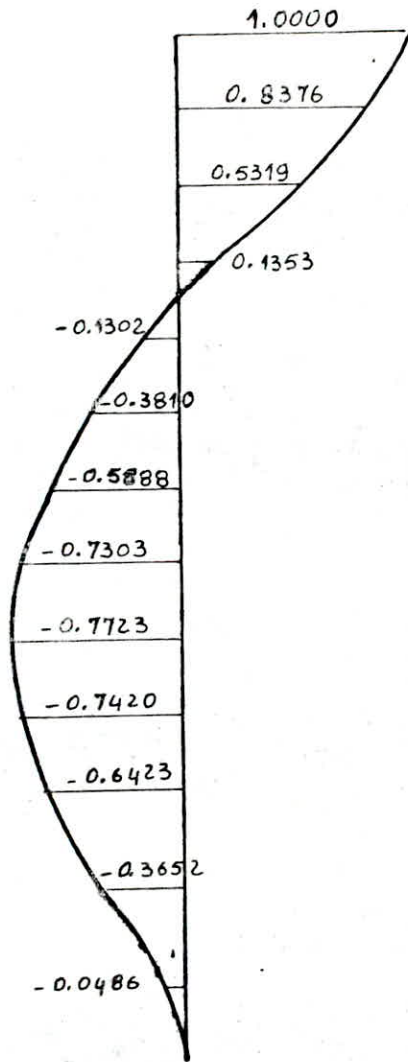
(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
4	1.0000	-0.8539	-0.5774
3	0.8136	0.2128	1.0000
2	0.4677	1.0000	-0.2951
1	0.2027	0.6342	-0.5294
T(s)	0.6282	0.2427	0.1641
η (%)	79.430	14.584	2.777

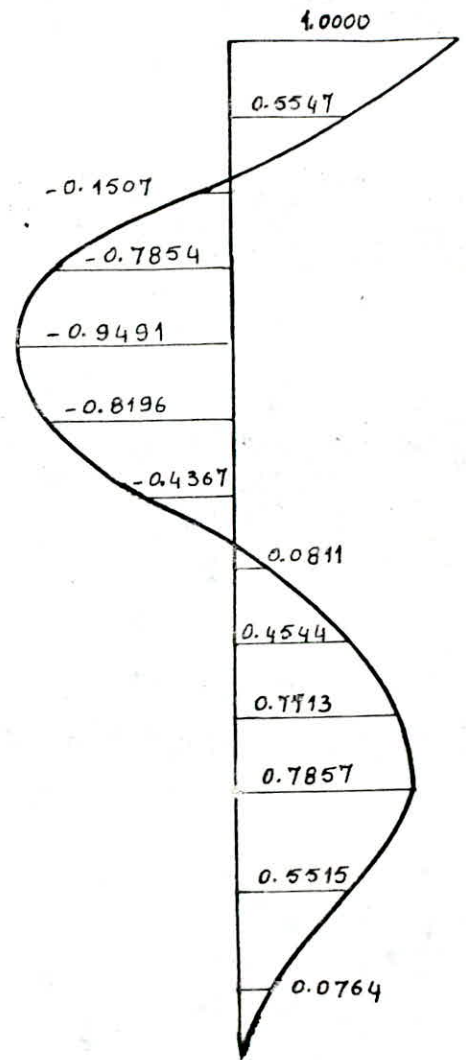
Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
4	1.0000	-0.8500	-0.5688
3	0.8206	0.2229	1.0000
2	0.4864	1.0000	-0.3317
1	0.1793	0.5474	-0.5497
T(s)	0.7468	0.2815	0.1904
η (%)	78.652	13.288	3.405



1^{er} MODE

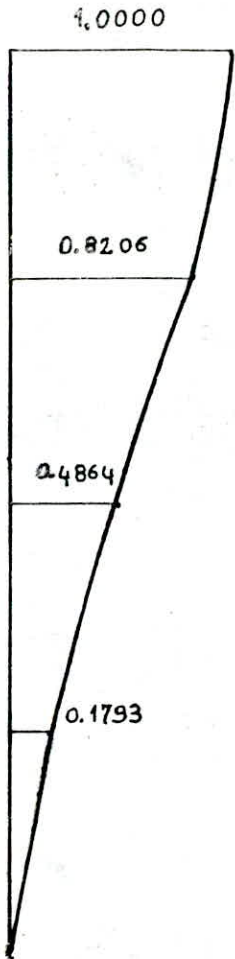


2^{er} MODE

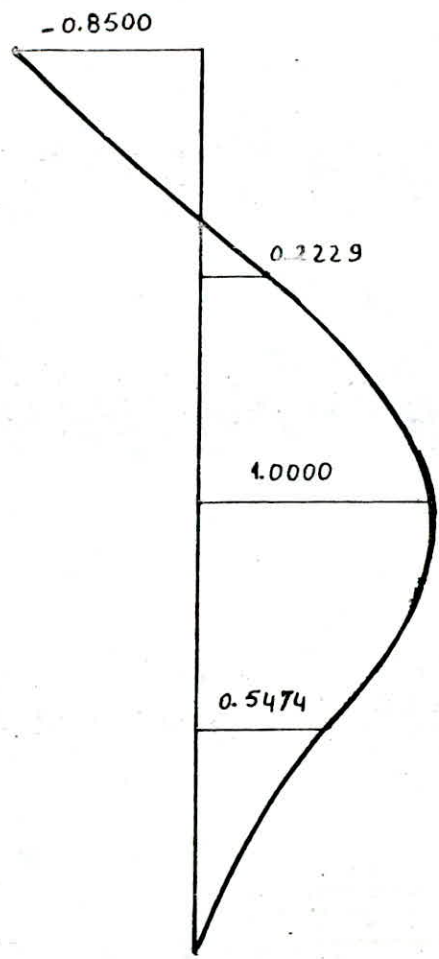


3^{er} MODE

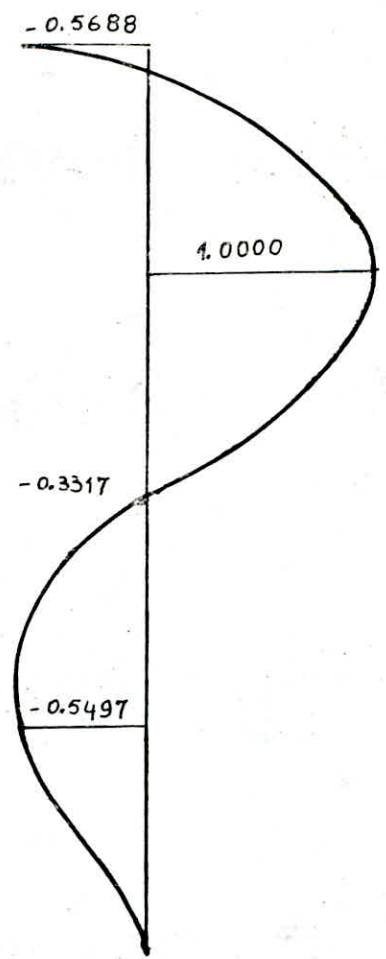
SENS TRANSVERSAL
BATIMENT:(SS+R+12)



1^{er} MODE



2^e MODE



3^e MODE

SENS LONGITUDINAL
BATIMENT (SS+R+3)

FORCES SISMIQUES:PRESCRIPTIONS 'RPA 81' (tonnes)

S E N S T R A N S V E R S A L

S E N S L O N G I T U D I N A L

(a)-Batiment (SS+R+12) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante	Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante
13	41.228	-25.429	21.609	53.041	13	42.686	-34.663	22.226	59.309
12	42.424	-22.420	12.616	49.615	12	43.888	-30.428	12.763	54.908
11	40.448	-14.238	-3.428	43.017	11	41.768	-19.050	-3.975	46.079
10	38.266	-3.695	-18.222	42.544	10	39.399	-4.429	-19.187	44.046
9	36.612	3.635	-22.525	43.140	9	37.671	5.381	-23.248	44.593
8	33.513	10.640	-19.450	40.182	8	34.451	14.691	-19.750	42.341
7	29.892	16.445	-10.364	35.657	7	30.692	22.357	-10.203	39.318
6	27.042	21.375	2.016	34.528	6	27.718	28.839	2.587	40.084
5	24.455	23.567	11.784	35.949	5	25.081	31.652	12.405	42.247
4	20.398	22.643	18.444	35.622	4	20.939	30.340	19.008	41.476
3	16.923	20.632	21.445	34.234	3	17.399	27.635	21.952	39.348
2	9.896	13.198	16.935	23.641	2	10.226	17.742	17.334	26.830
1	1.273	1.731	2.313	3.157	1	1.444	2.557	2.608	3.927

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante	Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante
4	49.113	-31.164	10.515	59.109	4	44.583	-30.395	11.340	55.137
3	42.017	8.166	-19.147	46.891	3	38.469	8.380	-20.964	44.604
2	25.733	40.882	6.020	48.680	2	24.289	40.056	7.409	47.427
1	11.452	26.623	11.087	31.030	1	9.195	22.513	12.606	27.392

VERIFICATION DE LA STABILITE

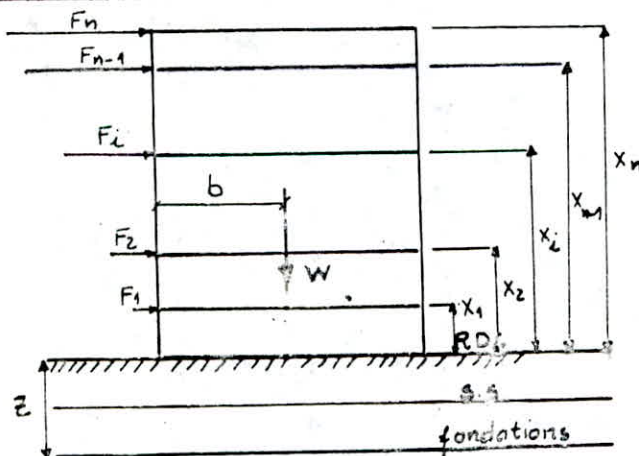
I- Vérification de renversement : (RPA 81 art. 3.3.6)

Chaque structure doit être calculée, afin de résister aux effets de renversement qui peuvent être causés par les efforts sismiques (ou vent). A chaque niveau, l'augmentation du moment de renversement calculée à l'étage considéré, doit être distribuée aux différents éléments de ce niveau; cette distribution peut se faire dans la même proportion que celle des efforts tranchants dans le système résistant.

Le moment de renversement supporté par l'étage le plus bas de cet élément doit être transmis à la fondation en tant que charge.

Pour qu'il n'y ait pas de renversement, on doit avoir :

$$\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} > 1,5$$



- F_1, \dots, F_n : forces sismiques ou forces dues au vent
- X_1, X_2, \dots, X_n : bras de levier du système de force $F_1 \dots F_n$ par rapport à la base des poteaux du RDC.

- Moment de renversement = Moment en consôle (RDC) + effort tranchant à (la base) x Z
- Moment en consôle (RDC) = $\sum_i F_i X_i$
- Effort tranchant à la base = $H = \sum_i F_i$

. Moment résistant : $M_r = b \cdot \sum_1^m W_i$ avec $b = \frac{L}{2}$

- Batiment (SS+R+12)

- sens transversal

. $Z = 3,06 \text{ m}$

. $L = 13,70 \text{ m} \Rightarrow b = 6,85 \text{ m}$

. Moment en consôle = $\sum F_i X_i = \text{----} 12486,614 \text{ t.m}$

. effort tranchant = $H = \sum_1^{13} F_i = \text{-----} 474,328 \text{ t}$

. Moment résistant = $b \sum_1^{13} W_i = 6,85 \times 4306 = 29496,10 \text{ t.m}$

. $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{29496,10}{13938,06} = 2,12 > 1,5$ pas de risque de renversement.

- sens longitudinal

. $L = 21,60 \text{ m} \Rightarrow b = 10,80 \text{ m}$

. Moment en consôle = $\sum F_i X_i = 13670,762 \text{ t.m}$

. effort tranchant = $H = \sum F_i = 524,507 \text{ t}$

. Moment résistant = $b \sum W_i = 10,80 \times 4306 = 46504,80 \text{ t.m}$

. $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{46504,80}{15275,75} = 3,04 > 1,5$ pas de risque de renversement

- Batiment (SS+R+3)

- sens transversal

. $Z = 3,65 \text{ m}$

. $L = 9,2 \text{ m} \Rightarrow b = 4,6 \text{ m}$

- . Moment en consôle = $\sum_1^4 F_i X_i = 1845,006 \text{ t.m}$
- . effort tranchant = $H = \sum_1^4 F_i = 185,710 \text{ t}$
- . Moment résistant = $b \sum_1^4 W_i = 4,60 \times 1007 = 4632,20 \text{ t.m}$
- . $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{4632,20}{2522,35} = 1,83 > 1,5$ pas de risque de renversement

- sens longitudinal

- . $L = 24,45 \text{ m}$ $b = 12,225 \text{ m}$
- . Moment en consôle = $\sum F_i X_i = 1739,624 \text{ t.m}$
- . effort tranchant = $H = \sum F_i = 174,561 \text{ t}$
- . Moment résistant = $b \sum W_i = 12,225 \times 1007 = 12310,575 \text{ t.m}$
- . $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{12310,575}{2376,77} = 5,18 > 1,5$ pas de risque de renversement

II- Vérification des déplacements relatifs (RPA 81 art. 3.3.7.1)

Les déplacements relatifs de niveau d'un étage, par rapport aux étages qui lui sont adjacents, ne doivent pas dépasser "0,0075" fois la hauteur de l'étage, à moins qu'il ne puisse être prouvé qu'un plus grand déplacement relatif peut-être toléré. Le déplacement relatif de niveau calculé à partir des forces latérales doit être multiplié par (1/2.B) pour obtenir le déplacement relatif.

Le rapport $\frac{1}{2 B}$ ne doit pas être plus petit que 1.

dans notre cas : $B = 1/4 \Rightarrow \frac{1}{2 B} = 2 > 1$

donc on doit avoir :

$$\frac{1}{2 B} \cdot d_j \leq \bar{d}_{jadm} \quad \text{avec } d_j = \frac{T_j}{R_j}$$

- d_j = déplacement relatif de niveau j
- T_j = effort tranchant de niveau j
- R_j = rigidité relative de niveau
- \bar{d}_{jadm} = déplacement relatif admissible = $0,0075 h_j$

Ainsi on peut modifier le coffrage avant la détermination des moments dans le cas où la condition ci-dessus n'est pas satisfaite.

REPARTITION DE LA CHARGE SISMIQUE

Les forces horizontales d'origine sismique sont des forces d'inertie. A chaque niveau, agit une charge sismique au centre de gravité des masses du niveau considéré.

Quand le centre des rigidités des éléments verticaux, dans un niveau de la construction ne coïncide pas avec la projection sur ce niveau du centre des masses superposées, on doit tenir compte de la torsion (rotation) en plan de la construction.

Dans ce cas, pour le i ème portique, situé à une distance d_i du centre des rigidités du k ème niveau de la construction, l'effort sismique résultant est déterminé par la formule :

$$F_{ki} = F'_{ki} + F''_{ki}$$

1)- l'effort sismique dû à la translation : F'_{ki}

L'effort sismique de niveau sera distribué aux différents éléments de contreventement proportionnellement à leurs rigidités au moyen de la relation suivante :

$$F'_{ki} = F_k \cdot \frac{R_k^i}{\sum R_k^i}$$

F_k : force sismique au niveau k

R_k^i : rigidité du portique i , au niveau k

2) - l'effort sismique dû à la torsion : F''_{ki}

Le moment de torsion (dû à l'excentricité) sera distribué aux différents éléments de contreventement, de chaque niveau, et dans chaque sens au moyen de la relation suivante :

$$F''_{ki} = \frac{R_{ki}^x \cdot d_{xi} \cdot M_{kx}^t}{R_k \theta} = F''_{kj} = \frac{R_{kj}^y \cdot d_{yj} \cdot M_{ky}^t}{R_k \theta}$$

où R_{ki}^y , R_{kj}^x : rigidité du portique i (resp j) au niveau k dans le sens x (resp y).

M_{kx}^t , M_{ky}^t : moment de torsion de niveau k dans le sens x (resp y).

$$M_{kx}^t = F_{kx} \cdot e_y \quad ; \quad M_{ky}^t = F_{ky} \cdot e_x$$

d_{xi} , d_{yj} : distance prise sur la normale du centre de torsion au portique i (resp j) dans le sens x (resp y).

D'après l'RPA 81 (art. 3.3.5) les efforts tranchants négatifs dus à la torsion devront être négligés.

Le portique étudié est celui de rive où l'effort dû à la torsion est maximal (portique le plus éloigné du centre de torsion).

sens transversal : portique 6

sens longitudinal : portique A

VERIFICATION DES DEPLACEMENTS RELATIFS

(a)-Batiment (SS+R+12) :

S E N S T R A N S V E R S A L :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
13	53.041	261.650	0.203	0.405	< 2.29	O.K
12	102.656	261.650	0.392	0.785	< 2.29	O.K
11	145.673	261.650	0.557	1.113	< 2.29	O.K
10	188.217	414.136	0.454	0.909	< 2.29	O.K
9	231.357	414.136	0.559	1.117	< 2.29	O.K
8	271.539	414.136	0.656	1.311	< 2.29	O.K
7	307.196	414.136	0.742	1.484	< 2.29	O.K
6	341.724	545.206	0.627	1.254	< 2.29	O.K
5	377.673	545.206	0.693	1.385	< 2.29	O.K
4	413.295	545.206	0.758	1.516	< 2.29	O.K
3	447.529	320.624	1.396	2.792	< 2.93	O.K
2	471.170	350.286	1.345	2.690	< 2.93	O.K
1	474.328	2339.923	0.203	0.405	< 2.29	O.K

S E N S L O N G I T U D I N A L :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
13	59.309	285.385	0.208	0.416	< 2.29	O.K
12	114.218	285.385	0.400	0.800	< 2.29	O.K
11	160.297	285.385	0.562	1.123	< 2.29	O.K
10	204.342	465.089	0.439	0.879	< 2.29	O.K
9	248.935	465.089	0.535	1.070	< 2.29	O.K
8	291.276	465.089	0.626	1.253	< 2.29	O.K
7	330.594	465.089	0.711	1.422	< 2.29	O.K
6	370.678	621.850	0.596	1.192	< 2.29	O.K
5	412.925	621.850	0.664	1.328	< 2.29	O.K
4	454.401	621.850	0.731	1.461	< 2.29	O.K
3	493.750	364.943	1.353	2.706	< 2.93	O.K
2	520.579	400.446	1.300	2.600	< 2.93	O.K
1	524.507	2403.397	0.218	0.436	< 2.29	O.K

(b)-Batiment (SS+R+3) :

S E N S T R A N S V E R S A L :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
4	59.109	125.051	0.473	0.945	< 2.74	O.K
3	106.000	125.051	0.848	1.695	< 2.74	O.K
2	154.680	209.269	0.739	1.478	< 2.74	O.K
1	185.710	300.393	0.618	1.236	< 2.74	O.K

S E N S L O N G I T U D I N A L :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
4	55.137	91.935	0.600	1.199	< 2.74	O.K
3	99.742	91.935	1.085	2.170	< 2.74	O.K
2	147.169	129.335	1.138	2.276	< 2.74	O.K
1	174.561	240.443	0.726	1.452	< 2.74	O.K

REPARTITION DE LA CHARGE SISMIQUE

(a)-Batiment (SS+R+12) :

PORTIQUE LONGITUDINAL 'A' :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
1	131.127	11.534	142.661
2	130.145	12.325	142.469
3	123.437	11.655	135.092
4	113.600	10.741	124.341
5	103.231	9.761	112.992
6	92.670	8.762	101.432
7	82.648	7.733	90.381
8	72.819	6.813	79.632
9	62.234	5.823	68.056
10	51.086	4.780	55.865
11	40.074	3.675	43.749
12	28.554	2.619	31.173
13	14.827	1.360	16.187

PORTIQUE TRANSVERSAL '6' :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
1	79.055	11.098	90.152
2	78.528	10.663	89.192
3	74.588	10.142	84.731
4	68.883	9.360	78.243
5	62.946	8.554	71.499
6	56.954	7.739	64.693
7	51.199	6.992	58.191
8	45.257	6.180	51.437
9	38.560	5.266	43.825
10	31.370	4.284	35.653
11	24.279	3.346	27.625
12	17.109	2.358	19.467
13	8.840	1.218	10.059

(b)-Batiment (SS+R+3) :

PORTIQUE LONGITUDINAL 'A' :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
1	58.187	2.686	60.872
2	49.056	1.805	50.861
3	33.247	1.426	34.673
4	18.379	0.788	19.167

PORTIQUE TRANSVERSAL '6' :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
1	30.952	5.711	36.663
2	25.780	4.912	30.692
3	17.667	3.297	20.964
4	9.852	1.839	11.690

**CALCUL DES SOLLICITATION
SOUS
CHARGES HORIZONTALES**

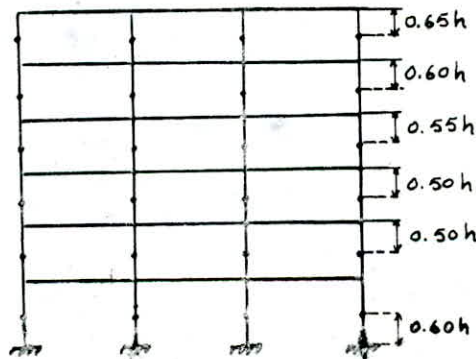
CALCUL DES SOLLICITATIONS SOUS LES CHARGES HORIZONTALES

Le calcul de rigidité de niveau des portiques a montré qu'il existe une variation brusque de ces rigidités entre deux niveaux consécutifs, due au changement de coffrage des poteaux.

MUTO recommande l'utilisation d'une méthode plus exacte. Nous proposons la méthode de "BOUMAN" exposée dans le livre de M. A. FUENTES.

- Méthode de BOUMAN

Cette méthode permet d'obtenir des résultats très voisins de ceux obtenus en utilisant des méthodes exactes, ces résultats sont généralement meilleurs que ceux obtenus par la méthode qui consiste à admettre un point d'inflexion à mi-hauteur du poteau, à tous les niveaux. Les points d'inflexion dans les poteaux, de hauteur h , se situent comme indiqué sur le schéma.



Hypothèses

- . l'effort tranchant total, à chacun des niveaux, se partage proportionnellement aux inerties des poteaux.
- . les moments dans les travées sont proportionnels à leurs raideurs
- . les efforts normaux verticaux d'une même file sont proportionnels à la distance de chacun des poteaux aux points équidistants des deux poteaux de rive.

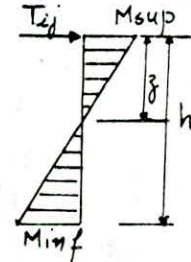
Compte tenu de ces hypothèses émises dans cette méthode, nous pouvons écrire :

- l'effort tranchant revenant à chaque poteau

$$T_{ij} = T_j \cdot \frac{I_i}{I} \quad \begin{array}{l} T_j : \text{effort tranchant de niveau} \\ I_i : \text{inertie du poteau "i"} \end{array}$$

- les moments en tête et en pied de chacun des poteaux

$$\begin{aligned} M_{sup} &= T_{ij} \cdot z \\ M_{inf} &= T_{ij} \cdot (h-z) \end{aligned} \quad h : \text{hauteur d'étage}$$



- les moments dans les traverses se partagent proportionnellement

aux raideurs des barres situées à droite et à gauche du noeud considéré, en fonction des moments M_{sup} et M_{inf} obtenus, respectivement pour le poteau supérieur et inférieur correspondant à ce noeud.

$$M_w = - (M_s + M_i) \cdot \frac{K_g}{K_g + K_d} \quad \text{avec} \quad K_g = \frac{I_g}{l_g} \quad \text{et} \quad K_d = \frac{I_d}{l_d}$$

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

I_g : inertie de la travée de gauche
 I_d : " " " " de droite
 l_g : portée libre de la travée de gauche
 l_d : " " " " de droite

- l'effort tranchant dans les poutres

$$T = - \left(\frac{|M_w| + |M_e|}{L} \right) \quad L : \text{portée de la travée considérée.}$$

- l'effort normal

il se traduit au moyen de la formule :

$$N_i = - (T_{ei} - T_{wi}) = |T_{wi}| - |T_{ei}| \quad \begin{array}{l} \text{avec } N > 0 : \text{compression} \\ N < 0 : \text{traction} \end{array}$$

(a)-Batiment (SS+R+12) :

PORTIQUE LONGITUDINAL N° A

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Neum(t)
13	1	4.664	2.511	-2.280	-2.280
	2	5.897	3.175	1.066	1.066
	3	5.537	2.981	0.133	0.133
12	1	8.291	5.527	-5.282	-7.562
	2	10.483	6.989	2.468	3.534
	3	9.842	6.562	0.308	0.441
11	1	10.666	8.727	-7.917	-15.479
	2	13.486	11.034	3.700	7.234
	3	12.662	10.360	0.461	0.902
10	1	11.357	11.357	-10.167	-25.646
	2	16.521	16.521	4.567	11.801
	3	14.858	14.858	0.673	1.574
9	1	13.836	13.836	-13.088	-38.734
	2	20.127	20.127	5.707	17.508
	3	18.101	18.101	0.941	2.515
8	1	16.189	16.189	-15.598	-54.333
	2	23.550	23.550	6.802	24.309
	3	21.179	21.179	1.121	3.637
7	1	18.375	18.375	-16.596	-70.929
	2	26.729	26.729	7.830	32.139
	3	24.038	24.038	1.291	4.927
6	1	19.164	19.164	-17.438	-88.367
	2	31.334	31.334	8.488	40.628
	3	27.097	27.097	1.577	6.504
5	1	21.349	21.349	-18.545	-106.912
	2	34.905	34.905	9.145	49.773
	3	30.186	30.186	1.883	8.387
4	1	23.493	23.493	-19.815	-126.727
	2	38.411	38.411	10.122	59.895
	3	33.218	33.218	2.084	10.470
3	1	33.008	33.008	-25.003	-151.731
	2	52.951	52.951	12.756	72.651
	3	46.094	46.094	2.572	13.043
2	1	33.895	33.895	-29.927	-181.658
	2	56.717	56.717	15.103	87.754
	3	48.652	48.652	3.124	16.167
1	1	27.426	41.139	-23.802	-205.460
	2	30.486	45.729	14.016	101.770
	3	29.396	44.094	2.269	18.436

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Neum(t)
13	A	4.172	2.246	-1.510	-1.510
	B	5.995	3.228	-0.446	-0.446
	C	5.904	3.179	0.682	0.682
	D	3.936	2.119	1.273	1.273
12	A	7.454	4.969	-3.511	-5.021
	B	10.711	7.141	-1.036	-1.482
	C	10.547	7.031	1.587	2.269
	D	7.031	4.687	2.960	4.234
11	A	9.695	7.933	-5.308	-10.328
	B	13.932	11.399	-1.567	-3.049
	C	13.719	11.225	2.399	4.668
	D	9.146	7.483	4.476	8.709
10	A	10.141	10.141	-6.851	-17.180
	B	17.762	17.762	-2.629	-5.678
	C	17.299	17.299	3.765	8.433
	D	9.348	9.348	5.715	14.425
9	A	12.465	12.465	-8.873	-26.053
	B	21.833	21.833	-3.972	-9.650
	C	21.264	21.264	5.501	13.934
	D	11.491	11.491	7.344	21.768
8	A	14.630	14.630	-10.635	-36.687
	B	25.625	25.625	-4.761	-14.410
	C	24.957	24.957	6.594	20.528
	D	13.487	13.487	8.802	30.570
7	A	16.551	16.551	-12.239	-48.926
	B	28.990	28.990	-5.478	-19.889
	C	28.235	28.235	7.588	28.115
	D	15.258	15.258	10.129	40.699
6	A	16.681	16.681	-13.527	-62.454
	B	34.191	34.191	-6.911	-26.800
	C	32.960	32.960	9.318	37.434
	D	15.149	15.149	11.121	51.820
5	A	18.436	18.436	-14.802	-77.255
	B	37.788	37.788	-8.428	-35.228
	C	36.427	36.427	11.137	48.571
	D	16.742	16.742	12.092	63.913
4	A	20.175	20.175	-16.274	-93.530
	B	41.352	41.352	-9.266	-44.495
	C	39.863	39.863	12.245	60.816
	D	18.322	18.322	13.296	77.208
3	A	28.369	28.369	-20.321	-113.850
	B	56.702	56.702	-11.341	-55.835
	C	54.756	54.756	15.041	75.857
	D	25.820	25.820	16.621	93.829
2	A	28.815	28.815	-24.140	-137.990
	B	60.888	60.888	-13.805	-69.640
	C	58.568	58.568	18.228	94.085
	D	26.099	26.099	19.717	113.545
1	A	25.796	38.694	-20.941	-158.931
	B	29.682	44.523	-8.399	-78.039
	C	29.397	44.095	11.781	105.866
	D	25.472	38.208	17.558	131.104

(b)-Batiment (SS+R+3) :

PORTIQUE LONGITUDINAL N° A

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Neum(t)
4	1	5.665	3.050	-2.069	-2.069
	2	8.536	4.596	0.291	0.291
	3	8.536	4.596	0.000	0.000
3	1	9.459	6.306	-4.570	-6.639
	2	14.254	9.502	0.643	0.934
	3	14.254	9.502	0.000	0.000
2	1	11.409	9.334	-6.745	-13.384
	2	19.822	16.218	0.636	1.570
	3	19.822	16.218	0.000	0.000
1	1	12.843	19.264	-7.955	-21.339
	2	15.797	23.696	1.285	2.855
	3	15.797	23.696	0.000	0.000

PORTIQUE TRANSVERSAL N° 6

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Neum(t)
4	A	10.028	5.400	-7.199	-7.199
	B	11.157	6.008	5.641	5.641
	C	6.550	3.527	1.558	1.558
3	A	16.600	11.067	-15.793	-22.992
	B	18.469	12.312	12.375	18.016
	C	10.842	7.228	3.418	4.976
2	A	22.543	18.444	-24.734	-47.727
	B	27.204	22.258	19.873	37.889
	C	11.868	9.710	4.862	9.838
1	A	18.753	28.129	-27.201	-74.927
	B	20.868	31.302	21.450	59.339
	C	13.907	20.861	5.750	15.588

**SUPERPOSITION
DES
SOLLICITATIONS**

SUPERPOSITION DES SOLLICITATIONS

Les combinaisons des forces sismiques et des charges verticales dans les poteaux, sont données ci-dessous. Les poteaux doivent être dimensionnés pour ces combinaisons de charges sur la base des règlements de béton en vigueur.

- pour la sollicitation du 1er genre courante :

$$G + 1,2 \cdot P$$

G : charge permanente

P : surcharge d'exploitation

conformément au règlement de béton en vigueur en Algérie.

- pour la sollicitation du 2ème genre (d'après le RPA 81 art. 3.3.2.)

$$(a) - G + P + 1,2 E$$

E : seisme horizontale, il peut agir ds un sens

$$(b) - 0,8 G + E$$

comme dans l'autre sens.

. la combinaison (a) donne un effort normal maximal et un moment correspondant (N_{max} , M_{corr}), elle dimensionne le coffrage des sections de béton (contrainte de compression maximale).

. la combinaison (b) donne un effort normal minimum et un moment correspondant (N_{min} , M_{corr}), elle dimensionne les sections d'acier (contrainte de traction maximale).

(a)-Batiment (SS+R+12) :

S E N S L O N G I T U D I N A L :

! COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E !

! Niv !	! Pot !	! Msup(tm) !	! Minf(tm) !	! Ncum(t) !
! 13 !	! 1 !	! 0.074 !	! 0.051 !	! 0.388 !
! 13 !	! 2 !	! 0.019 !	! 0.020 !	! 1.165 !
! 13 !	! 3 !	! 0.020 !	! 0.014 !	! 1.320 !
! 12 !	! 1 !	! 0.057 !	! 0.056 !	! 0.796 !
! 12 !	! 2 !	! 0.023 !	! 0.023 !	! 2.310 !
! 12 !	! 3 !	! 0.016 !	! 0.016 !	! 2.639 !
! 11 !	! 1 !	! 0.056 !	! 0.039 !	! 1.206 !
! 11 !	! 2 !	! 0.023 !	! 0.023 !	! 3.452 !
! 11 !	! 3 !	! 0.016 !	! 0.012 !	! 3.959 !
! 10 !	! 1 !	! 0.106 !	! 0.082 !	! 1.639 !
! 10 !	! 2 !	! 0.062 !	! 0.050 !	! 4.574 !
! 10 !	! 3 !	! 0.032 !	! 0.026 !	! 5.276 !
! 9 !	! 1 !	! 0.082 !	! 0.082 !	! 2.081 !
! 9 !	! 2 !	! 0.050 !	! 0.050 !	! 5.690 !
! 9 !	! 3 !	! 0.026 !	! 0.026 !	! 6.592 !
! 8 !	! 1 !	! 0.082 !	! 0.082 !	! 2.522 !
! 8 !	! 2 !	! 0.050 !	! 0.050 !	! 6.806 !
! 8 !	! 3 !	! 0.026 !	! 0.026 !	! 7.907 !
! 7 !	! 1 !	! 0.082 !	! 0.046 !	! 2.964 !
! 7 !	! 2 !	! 0.050 !	! 0.030 !	! 7.922 !
! 7 !	! 3 !	! 0.026 !	! 0.015 !	! 9.222 !
! 6 !	! 1 !	! 0.144 !	! 0.100 !	! 3.418 !
! 6 !	! 2 !	! 0.095 !	! 0.068 !	! 9.028 !
! 6 !	! 3 !	! 0.047 !	! 0.034 !	! 10.533 !
! 5 !	! 1 !	! 0.100 !	! 0.100 !	! 3.878 !
! 5 !	! 2 !	! 0.068 !	! 0.068 !	! 10.132 !
! 5 !	! 3 !	! 0.034 !	! 0.034 !	! 11.843 !
! 4 !	! 1 !	! 0.100 !	! 0.113 !	! 4.338 !
! 4 !	! 2 !	! 0.068 !	! 0.076 !	! 11.235 !
! 4 !	! 3 !	! 0.034 !	! 0.038 !	! 13.152 !
! 3 !	! 1 !	! 0.085 !	! 0.672 !	! 4.797 !
! 3 !	! 2 !	! 0.057 !	! 0.677 !	! 12.339 !
! 3 !	! 3 !	! 0.028 !	! 0.351 !	! 14.462 !
! 2 !	! 1 !	! 1.245 !	! 0.936 !	! 9.146 !
! 2 !	! 2 !	! 1.255 !	! 0.970 !	! 23.992 !
! 2 !	! 3 !	! 0.650 !	! 0.499 !	! 29.778 !
! 1 !	! 1 !	! 1.247 !	! 0.624 !	! 13.982 !
! 1 !	! 2 !	! 1.292 !	! 0.646 !	! 36.816 !
! 1 !	! 3 !	! 0.665 !	! 0.332 !	! 46.672 !

COMBINAISON			(1.0)G+(1.0)P+(1.2)E			(1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)	
13	1	5.671	3.065	-2.348	-5.523	-2.963	3.125	
	2	7.096	3.831	2.443	-7.057	-3.790	-0.114	
	3	6.664	3.592	1.479	-6.624	-3.563	1.160	
12	1	10.007	6.689	-8.278	-9.892	-6.577	9.871	
	2	12.602	8.410	6.550	-12.557	-8.363	-1.931	
	3	11.827	7.890	3.168	-11.795	-7.858	2.111	
11	1	12.855	10.511	-17.369	-12.744	-10.434	19.782	
	2	16.207	13.264	12.133	-16.161	-13.219	-5.238	
	3	15.210	12.444	5.041	-15.179	-12.420	2.877	
10	1	13.735	13.711	-29.136	-13.523	-13.547	32.415	
	2	19.887	19.875	18.735	-19.764	-19.776	-9.586	
	3	17.862	17.855	7.166	-17.798	-17.804	3.387	
9	1	16.685	16.685	-44.400	-16.522	-16.522	48.562	
	2	24.202	24.202	26.699	-24.102	-24.102	-15.319	
	3	21.746	21.746	9.610	-21.695	-21.695	3.573	
8	1	19.509	19.509	-62.677	-19.346	-19.346	67.721	
	2	28.310	28.310	35.977	-28.210	-28.210	-22.365	
	3	25.441	25.441	12.271	-25.390	-25.390	3.543	
7	1	22.131	22.095	-83.782	-21.968	-22.004	89.710	
	2	32.124	32.105	46.489	-32.025	-32.044	-30.645	
	3	28.871	28.861	15.135	-28.820	-28.831	3.309	
6	1	23.142	23.098	-107.396	-22.853	-22.897	114.233	
	2	37.696	37.669	57.782	-37.505	-37.532	-39.725	
	3	32.564	32.550	18.338	-32.469	-32.483	2.728	
5	1	25.719	25.719	-133.601	-25.518	-25.518	141.357	
	2	41.954	41.954	69.859	-41.817	-41.817	-49.596	
	3	36.256	36.256	21.907	-36.189	-36.189	1.779	
4	1	28.292	28.304	-162.655	-28.091	-28.079	171.331	
	2	46.161	46.169	83.109	-46.024	-46.017	-60.639	
	3	39.895	39.899	25.716	-39.828	-39.824	0.588	
3	1	39.694	40.236	-199.188	-39.525	-38.983	208.781	
	2	63.598	64.170	99.521	-63.484	-62.911	-74.842	
	3	55.341	55.639	30.113	-55.285	-54.987	-1.189	
2	1	41.834	41.538	-239.219	-39.513	-39.809	256.926	
	2	69.227	68.953	128.498	-66.895	-67.168	-82.111	
	3	58.986	58.841	48.116	-57.778	-57.924	9.315	
1	1	34.063	49.942	-272.596	-31.759	-48.791	299.233	
	2	37.773	55.470	157.146	-35.394	-54.281	-87.101	
	3	35.887	53.219	66.405	-34.664	-52.608	22.159	

COMBINAISON			(0.8)G+(0.0)P+(1.0)E			(0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	
13	1	4.723	2.552	-1.970	-4.605	-2.471	2.591	
	2	5.913	3.192	1.997	-5.882	-3.159	-0.134	
	3	5.553	2.993	1.189	-5.521	-2.970	0.923	
12	1	8.337	5.572	-6.925	-8.245	-5.483	8.199	
	2	10.501	7.007	5.382	-10.465	-6.970	-1.686	
	3	9.855	6.574	2.552	-9.829	-6.549	1.671	
11	1	10.711	8.758	-14.514	-10.622	-8.696	16.445	
	2	13.505	11.052	9.996	-13.468	-11.016	-4.472	
	3	12.675	10.369	4.069	-12.649	-10.351	2.265	
10	1	11.443	11.423	-24.335	-11.272	-11.292	26.958	
	2	16.571	16.561	15.460	-16.472	-16.481	-8.141	
	3	14.884	14.879	5.796	-14.832	-14.838	2.647	
9	1	13.901	13.901	-37.070	-13.771	-13.771	40.399	
	2	20.167	20.167	22.060	-20.087	-20.087	-12.956	
	3	18.121	18.121	7.789	-18.080	-18.080	2.758	
8	1	16.255	16.255	-52.315	-16.124	-16.124	56.350	
	2	23.590	23.590	29.754	-23.510	-23.510	-18.865	
	3	21.200	21.200	9.962	-21.159	-21.159	2.689	
7	1	18.440	18.411	-69.917	-18.309	-18.338	74.659	
	2	26.769	26.753	38.476	-26.689	-26.705	-25.802	
	3	24.059	24.050	12.305	-24.018	-24.026	2.450	
6	1	19.280	19.245	-89.611	-19.049	-19.084	95.080	
	2	31.410	31.388	47.850	-31.257	-31.279	-33.405	
	3	27.135	27.124	14.931	-27.059	-27.070	1.922	
5	1	21.429	21.429	-111.463	-21.268	-21.268	117.669	
	2	34.959	34.959	57.878	-34.850	-34.850	-41.667	
	3	30.212	30.212	17.861	-30.159	-30.159	1.087	
4	1	23.573	23.583	-135.690	-23.413	-23.403	142.631	
	2	38.465	38.472	68.883	-38.356	-38.350	-50.907	
	3	33.244	33.248	20.992	-33.191	-33.188	0.051	
3	1	33.076	33.328	-166.150	-32.940	-32.688	173.824	
	2	52.996	53.263	82.523	-52.905	-52.639	-62.780	
	3	46.117	46.255	24.612	-46.072	-45.933	-1.473	
2	1	34.487	34.300	-200.817	-33.302	-33.490	212.637	
	2	57.295	57.121	103.117	-56.139	-56.314	-72.391	
	3	48.950	48.859	34.889	-48.354	-48.445	2.555	
1	1	27.965	41.409	-230.260	-26.886	-40.869	246.264	
	2	31.024	45.998	122.613	-29.948	-45.460	-80.927	
	3	29.672	44.232	44.303	-29.121	-43.957	7.431	

SENS TRANSVERSAL :

! COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E !

! Niv !	! Pot !	! Msup(tm) !	! Minf(tm) !	! Ncum(t) !
! 13 !	! A !	! 1.824 !	! 1.080 !	! 6.652 !
	! B !	! -0.770 !	! -0.356 !	! 13.592 !
	! C !	! 1.117 !	! 0.516 !	! 14.941 !
	! D !	! -2.450 !	! -1.425 !	! 7.536 !
! 12 !	! A !	! 1.215 !	! 1.177 !	! 12.919 !
	! B !	! -0.400 !	! -0.372 !	! 25.614 !
	! C !	! 0.580 !	! 0.540 !	! 27.951 !
	! D !	! -1.603 !	! -1.551 !	! 14.657 !
! 11 !	! A !	! 1.177 !	! 0.790 !	! 19.218 !
	! B !	! -0.372 !	! -0.242 !	! 37.613 !
	! C !	! 0.540 !	! 0.397 !	! 40.915 !
	! D !	! -1.551 !	! -1.025 !	! 21.814 !
! 10 !	! A !	! 2.160 !	! 1.626 !	! 25.685 !
	! B !	! -0.661 !	! -0.534 !	! 49.451 !
	! C !	! 1.084 !	! 0.872 !	! 53.739 !
	! D !	! -2.800 !	! -2.091 !	! 29.103 !
! 9 !	! A !	! 1.626 !	! 1.626 !	! 32.208 !
	! B !	! -0.534 !	! -0.534 !	! 61.255 !
	! C !	! 0.872 !	! 0.872 !	! 66.489 !
	! D !	! -2.091 !	! -2.091 !	! 36.446 !
! 8 !	! A !	! 1.626 !	! 1.626 !	! 38.731 !
	! B !	! -0.534 !	! -0.534 !	! 73.058 !
	! C !	! 0.872 !	! 0.872 !	! 79.240 !
	! D !	! -2.091 !	! -2.091 !	! 43.789 !
! 7 !	! A !	! 1.626 !	! 0.882 !	! 45.253 !
	! B !	! -0.534 !	! -0.323 !	! 84.862 !
	! C !	! 0.872 !	! 0.524 !	! 91.990 !
	! D !	! -2.091 !	! -1.122 !	! 51.132 !
! 6 !	! A !	! 2.789 !	! 1.914 !	! 51.848 !
	! B !	! -1.021 !	! -0.732 !	! 96.625 !
	! C !	! 1.655 !	! 1.183 !	! 104.640 !
	! D !	! -3.547 !	! -2.424 !	! 58.542 !
! 5 !	! A !	! 1.914 !	! 1.914 !	! 58.469 !
	! B !	! -0.732 !	! -0.732 !	! 108.377 !
	! C !	! 1.183 !	! 1.183 !	! 117.255 !
	! D !	! -2.424 !	! -2.424 !	! 65.974 !
! 4 !	! A !	! 1.914 !	! 2.161 !	! 65.089 !
	! B !	! -0.732 !	! -0.816 !	! 120.129 !
	! C !	! 1.183 !	! 1.320 !	! 129.870 !
	! D !	! -2.424 !	! -2.740 !	! 73.407 !
! 3 !	! A !	! 1.622 !	! 1.434 !	! 71.702 !
	! B !	! -0.613 !	! -0.677 !	! 131.884 !
	! C !	! 0.991 !	! 1.117 !	! 142.494 !
	! D !	! -2.057 !	! -1.926 !	! 80.833 !
! 2 !	! A !	! 2.657 !	! 1.991 !	! 78.752 !
	! B !	! -1.255 !	! -0.972 !	! 143.462 !
	! C !	! 2.070 !	! 1.597 !	! 155.490 !
	! D !	! -3.568 !	! -2.665 !	! 89.225 !
! 1 !	! A !	! 2.652 !	! 1.326 !	! 86.558 !
	! B !	! -1.294 !	! -0.647 !	! 156.236 !
	! C !	! 2.127 !	! 1.064 !	! 169.800 !
	! D !	! -3.550 !	! -1.775 !	! 98.510 !

COMBINAISON		(1.0)G+(1.0)P+(1.2)E			(1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
13	A	6.759	3.729	4.579	-3.254	-1.663	8.203
	B	6.454	3.534	12.525	-7.934	-4.214	13.594
	C	8.157	4.308	15.175	-6.011	-3.321	13.537
	D	2.369	1.180	8.769	-7.077	-3.906	5.713
12	A	10.107	7.089	6.361	-7.782	-4.837	18.411
	B	12.470	8.213	22.780	-13.236	-8.924	26.336
	C	13.211	8.954	29.522	-12.101	-7.921	24.076
	D	6.904	4.142	19.132	-9.971	-7.108	8.971
11	A	12.760	10.275	6.016	-10.509	-8.763	30.804
	B	16.363	13.448	32.376	-17.075	-13.911	39.693
	C	16.979	13.849	44.800	-15.947	-13.090	33.598
	D	9.492	8.000	31.348	-12.458	-9.960	10.446
10	A	14.235	13.724	3.980	-10.103	-10.614	45.211
	B	20.682	20.803	40.544	-21.946	-21.825	54.171
	C	21.796	21.593	61.584	-19.722	-19.925	41.345
	D	8.540	9.218	45.178	-13.896	-13.218	10.559
9	A	16.513	16.513	-0.429	-13.403	-13.403	62.098
	B	25.689	25.689	47.067	-26.711	-26.711	70.227
	C	26.351	26.351	80.380	-24.683	-24.683	46.939
	D	11.789	11.789	61.014	-15.789	-15.789	8.770
8	A	19.111	19.111	-6.952	-16.000	-16.000	81.098
	B	30.239	30.239	52.644	-31.261	-31.261	87.229
	C	30.783	30.783	100.488	-29.115	-29.115	51.221
	D	14.184	14.184	78.599	-18.184	-18.184	5.231
7	A	21.416	20.705	-15.400	-18.306	-19.017	102.023
	B	34.277	34.479	57.359	-35.299	-35.097	105.092
	C	34.716	34.383	121.788	-33.047	-33.381	54.311
	D	16.309	17.236	97.778	-20.309	-19.382	0.099
6	A	22.685	21.848	-25.325	-17.350	-18.187	124.564
	B	40.052	40.329	60.317	-42.006	-41.730	124.637
	C	41.135	40.683	145.069	-37.969	-38.421	55.229
	D	14.786	15.860	118.210	-21.571	-20.497	-6.158
5	A	23.954	23.954	-36.755	-20.293	-20.293	148.658
	B	44.645	44.645	61.443	-46.046	-46.046	145.991
	C	44.844	44.844	170.500	-42.581	-42.581	53.930
	D	17.772	17.772	139.830	-22.409	-22.409	-13.561
4	A	26.040	26.277	-49.952	-22.380	-22.143	174.520
	B	48.922	48.842	61.564	-50.323	-50.403	168.351
	C	48.967	49.098	197.259	-46.704	-46.573	51.301
	D	19.667	19.365	162.893	-24.304	-24.607	-22.407
3	A	35.595	35.378	-68.011	-32.491	-32.708	205.230
	B	67.457	67.414	59.198	-68.629	-68.672	193.203
	C	66.656	66.746	227.383	-64.760	-64.669	45.327
	D	29.017	29.193	189.941	-32.952	-32.776	-35.249
2	A	37.051	36.412	-90.417	-32.104	-32.743	240.760
	B	71.899	72.171	53.418	-74.231	-73.959	220.554
	C	72.205	71.751	261.357	-68.358	-68.813	35.554
	D	27.999	28.864	221.408	-34.638	-33.774	-51.100
1	A	33.399	47.654	-108.352	-28.511	-45.210	273.083
	B	34.428	52.832	55.122	-36.809	-54.023	242.415
	C	37.233	53.892	288.688	-33.319	-51.936	34.609
	D	27.297	44.215	251.031	-33.837	-47.485	-63.618

COMBINAISON		(0.8)G+(0.0)P+(1.0)E			(0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)
13	A	5.288	2.885	2.561	-3.056	-1.608	5.581
	B	5.524	3.018	7.873	-6.467	-3.438	8.764
	C	6.587	3.484	9.827	-5.220	-2.874	8.462
	D	2.436	1.277	5.886	-5.435	-2.961	3.339
12	A	8.172	5.665	2.754	-6.735	-4.273	12.796
	B	10.474	6.921	13.941	-10.947	-7.360	16.905
	C	10.890	7.350	19.102	-10.204	-6.712	14.564
	D	6.084	3.771	13.054	-7.979	-5.604	4.587
11	A	10.391	8.400	1.169	-9.000	-7.465	21.826
	B	13.713	11.256	19.466	-14.152	-11.542	25.563
	C	14.038	11.459	29.162	-13.400	-10.990	19.827
	D	8.230	6.878	21.760	-10.062	-8.089	4.341
10	A	11.417	11.101	-1.860	-8.864	-9.180	32.499
	B	17.371	17.446	23.833	-18.153	-18.078	35.189
	C	17.940	17.815	40.506	-16.659	-16.784	23.640
	D	7.694	8.113	31.783	-11.003	-10.584	2.933
9	A	13.426	13.426	-6.878	-11.504	-11.504	45.227
	B	21.517	21.517	26.837	-22.149	-22.149	46.136
	C	21.780	21.780	53.542	-20.749	-20.749	25.674
	D	10.255	10.255	43.466	-12.726	-12.726	-0.071
8	A	15.591	15.591	-13.658	-13.669	-13.669	59.717
	B	25.309	25.309	29.052	-25.941	-25.941	57.872
	C	25.473	25.473	67.671	-24.442	-24.442	26.616
	D	12.251	12.251	56.607	-14.722	-14.722	-4.533
7	A	17.512	17.072	-22.042	-15.590	-16.029	75.810
	B	28.674	28.799	30.549	-29.306	-29.181	70.326
	C	28.750	28.544	82.794	-27.719	-27.925	26.563
	D	14.022	14.594	71.076	-16.493	-15.921	-10.323
6	A	18.329	17.812	-31.672	-15.033	-15.550	93.235
	B	33.587	33.758	30.589	-34.795	-34.624	84.190
	C	33.938	33.659	99.588	-31.982	-32.261	24.721
	D	13.053	13.716	86.576	-17.245	-16.581	-17.064
5	A	19.567	19.567	-42.562	-17.305	-17.305	111.949
	B	37.355	37.355	29.107	-38.221	-38.221	99.563
	C	37.126	37.126	118.181	-35.728	-35.728	21.039
	D	15.310	15.310	103.061	-18.175	-18.175	-24.765
4	A	21.306	21.452	-54.924	-19.044	-18.898	132.136
	B	40.919	40.870	26.785	-41.785	-41.835	115.774
	C	40.562	40.643	137.881	-39.164	-39.083	16.249
	D	16.889	16.702	120.749	-19.754	-19.941	-33.668
3	A	29.328	29.041	-71.336	-27.410	-27.697	156.365
	B	56.340	56.390	22.392	-57.065	-57.015	134.062
	C	55.342	55.270	160.383	-54.171	-54.243	8.669
	D	24.605	24.923	141.758	-27.036	-26.718	-45.900
2	A	30.059	29.658	-92.175	-27.570	-27.971	183.806
	B	60.310	60.484	14.046	-61.466	-61.292	153.326
	C	59.520	59.232	184.712	-57.616	-57.904	-3.458
	D	24.437	24.975	165.384	-27.761	-27.223	-61.707
1	A	26.920	39.255	-109.808	-24.672	-38.132	208.055
	B	29.144	44.254	11.106	-30.220	-44.792	167.183
	C	30.281	44.537	202.582	-28.513	-43.653	-9.151
	D	23.975	37.460	186.857	-26.969	-38.957	-75.350

(b)-Batiment (SS+R+3) :

S E N S T R A N S V E R S A L :

! COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E ! (1.0)G+(1.0)P+(1.2)E ! (1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E !

Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
4	A	0.290	0.272	1.116	12.316	6.736	-7.533	-11.751	-6.223	9.744
	B	1.611	1.486	19.363	14.947	8.605	25.628	-11.829	-5.813	12.090
	C	-4.356	-3.533	10.747	3.612	0.908	12.358	-12.107	-7.556	8.619
3	A	0.306	0.230	3.122	20.209	19.497	-24.594	-19.632	-13.064	30.587
	B	1.671	1.280	42.825	23.733	15.979	62.553	-20.592	-13.570	19.313
	C	-3.974	-2.528	24.619	9.270	6.295	29.516	-16.750	-11.053	17.574
2	A	0.629	0.509	5.834	27.643	22.613	-51.723	-26.460	-21.654	62.821
	B	3.498	2.902	65.319	35.937	29.440	107.568	-29.353	-23.979	16.635
	C	-6.908	-5.148	38.753	7.741	6.808	48.652	-20.742	-16.496	25.042
1	A	0.509	0.255	8.962	22.982	33.994	-81.420	-22.024	-33.515	98.405
	B	2.902	1.451	87.301	27.773	38.928	153.995	-22.311	-36.197	11.580
	C	-5.148	-2.574	52.984	11.844	22.610	68.945	-21.533	-27.455	31.534

! COMBINAISON (0.8)G+(0.0)P+(1.0)E ! (0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E !

Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
4	A	10.226	5.541	-6.358	-9.831	-5.259	8.040
	B	12.197	6.766	18.712	-10.116	-5.249	7.430
	C	3.583	1.700	8.917	-9.517	-5.353	5.801
3	A	16.759	11.186	-21.098	-16.442	-10.948	24.887
	B	19.322	12.974	43.194	-17.616	-11.650	7.162
	C	8.787	5.921	19.519	-12.897	-8.535	9.567
2	A	22.868	18.708	-44.430	-22.218	-18.181	51.024
	B	29.013	23.759	74.699	-25.395	-20.757	-1.079
	C	8.296	7.048	31.690	-15.440	-12.372	12.014
1	A	19.016	28.261	-70.013	-18.489	-27.997	79.842
	B	22.369	32.053	107.517	-19.368	-30.552	-11.162
	C	11.245	19.530	44.799	-16.569	-22.192	13.623

SENS LONGITUDINAL :

COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E ! (1.0)G+(1.0)P+(1.2)E ! (1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E !											
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	
4	1	0.440	0.588	1.144	7.238	4.248	-1.339	-6.358	-3.073	3.627	
	2	-0.041	0.000	2.619	10.202	5.516	2.968	-10.285	-5.516	2.270	
	3	0.000	0.000	2.495	10.243	5.516	2.495	-10.243	-5.516	2.495	
3	1	0.661	0.398	3.766	12.012	7.966	-4.200	-10.690	-7.169	11.733	
	2	0.000	0.000	8.267	17.104	11.403	9.387	-17.104	-11.403	7.147	
	3	0.000	0.000	8.008	17.104	11.403	8.008	-17.104	-11.403	8.008	
2	1	1.088	0.792	6.442	14.779	11.994	-9.619	-12.602	-10.409	22.503	
	2	0.000	0.000	13.862	23.786	19.461	15.745	-23.786	-19.461	11.978	
	3	0.000	0.000	13.522	23.786	19.461	13.522	-23.786	-19.461	13.522	
1	1	0.792	0.396	9.140	16.204	23.513	-16.467	-14.619	-22.721	34.747	
	2	0.000	0.000	19.434	18.956	28.435	22.860	-18.956	-28.435	16.008	
	3	0.000	0.000	19.035	18.956	28.435	19.035	-18.956	-28.435	19.035	

COMBINAISON (0.8)G+(0.0)P+(1.0)E ! (0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E !											
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)				
4	1	6.017	3.520	-1.154	-5.313	-2.580	2.985				
	2	8.503	4.596	2.386	-8.569	-4.596	1.804				
	3	8.536	4.596	1.996	-8.536	-4.596	1.996				
3	1	9.988	6.625	-3.626	-8.930	-5.988	9.652				
	2	14.254	9.502	7.547	-14.254	-9.502	5.680				
	3	14.254	9.502	6.407	-14.254	-9.502	6.407				
2	1	12.279	9.968	-8.231	-10.538	-8.700	18.538				
	2	19.822	16.218	12.659	-19.822	-16.218	9.520				
	3	19.822	16.218	10.817	-19.822	-16.218	10.817				
1	1	13.477	19.581	-14.027	-12.209	-16.947	28.651				
	2	15.797	23.696	18.402	-15.797	-23.696	12.692				
	3	15.797	23.696	15.228	-15.797	-23.696	15.228				

**FERRAILLAGE
DES
POTEAUX**

FERRAILLAGE DES POTEAUX

Par simplification, on ne fait pas état dans le calcul des poteaux des efforts tranchants (art. 15, CCBA 68). Les poteaux sont soumis à des efforts normaux et à des moments fléchissants en tête et à la base dans les deux sens. Ils seront calculés en flexion composée.

On déterminera les armatures sous la combinaison du 1er genre et sous la plus défavorable des combinaisons du 2nd genre, et on adoptera la plus grande section d'acier.

On distingue trois type d'efforts :

- N_{\min} , M_{corr} : pour le calcul des armatures tendues.
- N_{\max} , M_{corr} : pour le calcul des armatures comprimés.
- M_{\max} , N_{corr} .

Le seisme peut agir dans un sens comme dans l'autre sens, on prévoit des armatures symétriques par rapport au c.d.g de la section ($A = A'$). Le calcul est fait suivant la méthode de M. P. CHARON.

- Prescription relatives aux armatures (art. 4.2.3, RPA 81)

- Armatures longitudinales

- . Les armatures longitudinales doivent être à haute adhérence, droite et sans crochets.

On tient compte des prescriptions relatives à la zone II

- . pourcentage minimal des armatures longitudinales est de 1%
- . pourcentage maximal est de 4 %
- . diamètre minimum est de 14 mm.

- Armatures transversales.

Elle sont calculées avec la formule :

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

où T = est l'effort tranchant dans le poteau

- . $T = 2$ fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement mécanique dans la direction considérée est supérieur ou égale à 15
- . $T = 3$ fois l'effort tranchant de calcul si l'élançement mécanique dans la direction est inférieur à 15.

S : étant l'espacement entre les cours successifs d'armatures transversales

$S \leq \min (10 \emptyset, 15 \text{ cm})$ en zone nodale

$S \leq 12 \emptyset$ en zone courante

\emptyset : le plus petit diamètre des armatures longitudinales

La quantité d'armature transversale minimale est donnée par :

$$A_t = 0,004 \cdot S \cdot b_1$$

- Flambement des poteaux

La longueur de flambement d'un poteau est déterminé en fonction de sa longueur l_0 et de la nature des liaisons à son extrémité.

. $l_c = 0,7 \cdot l_0$: pour les poteaux d'un bâtiment à étage multiples et encastres à ses extrémités

. $l_c = 0,9 \cdot l_0$: dans les autres cas

l'élanement d'un poteau est donné par : $\lambda = \frac{l_c}{i}$ avec $i = \sqrt{\frac{I}{B}}$

i : rayon de giration

I : moment d'inertie

B : section du poteau

. pour $\lambda = 35$: le calcul se fera en F.C sans tenir compte du flambement

. pour $35 < \lambda < 50$: le calcul se fera en F.C avec une excentricité accidentelle
. $e = 0,16 (\lambda - 35) e_0$

Dans notre cas :

$\lambda < 35$: pas de flambement

Le calcul d'armatures sous la sollicitation du premier genre (SP_1) donne une section négatif ($A < 0$)

Donc la section d'armature la plus défavorable est déterminée sous les sollicitations du 2nd genre (SP_2) " voir tableaux "

SENS TRANSVERSAL

(a)-Batiment (SS+R+12) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
13	2.561	5.288	206.48	S.P.C	0.000	4.575	206.54
12	2.754	8.172	296.73	S.P.C	0.000	7.217	206.54
11	1.169	10.391	888.88	S.P.C	0.000	9.463	206.54
10	-1.860	11.417	613.82	S.P.C	0.000	8.133	206.54
9	-0.071	12.726	17923.94	S.P.C	0.000	8.832	206.54
8	-4.533	14.722	324.77	S.P.C	0.000	10.737	206.54
7	-10.323	16.493	159.77	S.P.C	0.000	12.641	206.54
6	-17.064	17.245	101.06	S.P.C	0.000	10.608	206.54
5	21.039	35.728	169.82	S.P.C	0.000	15.659	206.54
4	16.249	39.164	241.02	S.P.C	0.000	17.928	206.54
3	8.669	54.243	625.71	S.P.C	0.000	26.381	206.54
2	-3.458	57.904	1674.49	S.P.C	0.000	25.087	206.54
1	-9.151	43.653	477.03	S.P.C	0.000	19.633	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
13	15.175	8.157	53.75	S.P.C	0.000	5.681	206.54
12	29.522	13.211	44.75	S.P.C	10.726	8.736	206.54
11	44.800	16.979	37.90	S.P.C	22.795	10.506	206.54
10	61.584	21.796	35.39	S.P.C	7.157	7.850	206.54
9	80.380	26.351	32.78	S.P.C	17.411	8.711	206.54
8	100.488	30.783	30.63	S.P.C	27.803	9.332	206.54
7	121.788	34.716	28.51	S.P.C	37.817	9.472	206.54
6	145.069	41.135	28.36	S.P.C	10.057	4.071	200.88
5	170.500	44.844	26.30	S.P.C	22.410	2.613	193.81
4	197.259	49.098	24.89	S.P.C	35.176	1.325	188.95
3	227.383	66.746	29.35	S.P.C	46.891	6.566	204.32
2	261.357	72.205	27.63	S.P.C	42.028	-0.064	184.79
1	288.688	53.892	18.67	S.P.C	58.925	-11.522	158.35

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
4	5.801	9.517	164.06	S.P.C	0.000	8.087	206.54
3	7.162	17.616	245.96	S.P.C	14.149	15.594	206.54
2	-1.079	25.395	2353.57	S.P.C	0.000	17.734	206.54
1	-11.162	30.552	273.71	S.P.C	1.962	22.467	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
4	25.628	14.947	58.32	S.P.C	13.382	10.853	206.54
3	62.553	23.733	37.94	S.P.C	41.869	14.825	206.54
2	107.568	35.937	33.41	S.P.C	36.160	11.996	206.54
1	153.995	38.928	25.28	S.P.C	50.689	8.503	206.54

SENS LONGITUDINAL

(a)-Batiment (SS+R+12) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
13	-0.134	5.882	4389.55	S.P.C	0.000	5.454	206.54
12	1.671	9.829	588.21	S.P.C	0.000	8.882	206.54
11	2.265	12.649	558.45	S.P.C	2.289	11.446	206.54
10	2.647	14.838	560.56	S.P.C	0.000	9.979	206.54
9	2.758	18.080	655.55	S.P.C	0.000	12.214	206.54
8	2.689	21.159	786.87	S.P.C	0.000	14.357	206.54
7	2.450	24.026	980.65	S.P.C	0.000	16.372	206.54
6	1.922	27.070	1408.43	S.P.C	0.000	13.435	206.54
5	1.087	30.159	2774.52	S.P.C	0.000	15.086	206.54
4	0.051	33.191	65080.39	S.P.C	0.000	16.731	206.54
3	-1.473	46.072	3127.77	S.P.C	0.000	23.397	206.54
2	2.555	48.445	1896.09	S.P.C	0.000	20.389	206.54
1	7.431	43.957	591.54	S.P.C	0.000	17.937	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
13	3.125	5.523	176.74	S.P.C	0.000	4.723	206.54
12	9.871	9.892	100.21	S.P.C	0.000	7.935	206.54
11	19.782	12.744	64.42	S.P.C	7.146	9.451	206.54
10	32.415	13.547	41.79	S.P.C	0.000	5.608	206.54
9	48.562	16.522	34.02	S.P.C	0.000	5.785	206.54
8	67.721	19.346	28.57	S.P.C	5.359	5.453	206.54
7	89.710	22.004	24.53	S.P.C	13.863	4.643	206.54
6	114.233	22.897	20.04	S.P.C	0.000	-1.684	172.27
5	141.357	25.518	18.05	S.P.C	12.821	-3.804	165.41
4	171.331	28.091	16.40	S.P.C	27.454	-6.264	159.71
3	208.781	39.525	18.93	S.P.C	43.334	-5.096	168.44
2	256.926	39.809	15.49	S.P.C	47.159	-13.610	148.99
1	299.233	48.791	16.31	S.P.C	65.047	-15.013	151.38

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
4	-1.154	6.017	521.40	S.P.C	0.000	5.704	206.54
3	-3.626	9.988	275.46	S.P.C	0.000	9.678	206.54
2	-8.231	12.279	149.18	S.P.C	0.000	9.475	206.54
1	12.692	23.696	186.70	S.P.C	0.000	14.948	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
4	3.627	6.358	175.30	S.P.C	0.000	5.433	206.54
3	11.733	10.690	91.11	S.P.C	0.641	8.453	206.54
2	22.503	12.602	56.00	S.P.C	0.000	6.110	206.54
1	34.747	22.721	65.39	S.P.C	2.227	11.674	206.54

- Ferraillage adopté:

Notre projet consiste à faire une étude comparative, pour cela le ferraillage a été adopté sans tenir compte des prescriptions du RPA 81 (Amin (RPA) ; Amax (RPA)).

A cause de l'effet sismique, qui peut être inversé, on adopte un ferraillage symétrique dans chaque section des poteaux .

. Batiment (SS + R + 12):

Niv.	Sens transversal		Sens longitudinal	
	Ac = At (cm ²)	A total	Ac = At (cm ²)	A total
13.	4,575	9,150	5,454	10,908
12	10,726	21,452	8,882	17,764
11	22,795	45,590	11,446	22,892
10	8,133	16,266	9,979	19,958
9	17,411	34,822	12,214	24,428
8	27,803	55,606	14,357	28,714
7	37,817	75,634	16,372	32,744
6	10,608	21,216	13,435	26,870
5	22,410	44,820	15,086	30,172
4	35,176	70,352	27,454	54,908
3	46,891	93,782	43,334	86,668
2	42,028	84,056	47,159	94,318
1	58,915	117,830	65,047	130,094

. Batiment (SS + R + 3):

Niv.	Sens transversal		Sens longitudinal	
	Ac = At (cm ²)	A total	Ac = At (cm ²)	A total
4	13,382	26,764	5,704	11,408
3	41,869	83,738	9,678	19,356
2	36,160	72,320	9,475	18,950
1	50,689	101,378	14,948	29,896

2^e PARTIE

STRUCTURES AVEC
ISOLATEURS PARASISMIQUES

INTRODUCTION

INTRODUCTION

L'implantation d'industries à haut risque requiert une analyse approfondie des conditions sismiques du site retenu; le niveau de seismicité est pour certains bâtiments un facteur déterminant dans le dimensionnement des structures.

Il existe plusieurs procédés permettant de réduire les effets dynamiques horizontaux sur les structures.

Dans ce but un système comportant des appuis antisismiques a été mis au point. Celui-ci est constitué de blocs d'elastomere frêtté associés à des plaques de frottement.

1. Sûreté et seismes :

En fonction d'une part, de la connaissance des sollicitations sismiques possibles, d'autre part, du comportement des structures sous sollicitations dynamiques, le moyen de protection le plus largement utilisé à ce jour consiste à renforcer les structures.

Il en résulte les inconvénients suivants :

- . Surcoût de la construction.
- . nécessité d'une adaptation, au cas par cas, des structures aux conditions sismique du site.
- . réserve de résistance des structures insuffisante dans le cas d'intensités sismiques supérieures à celle retenue comme critère d'étude.

2. Les appuis antisismiques :

- Description du procédé:

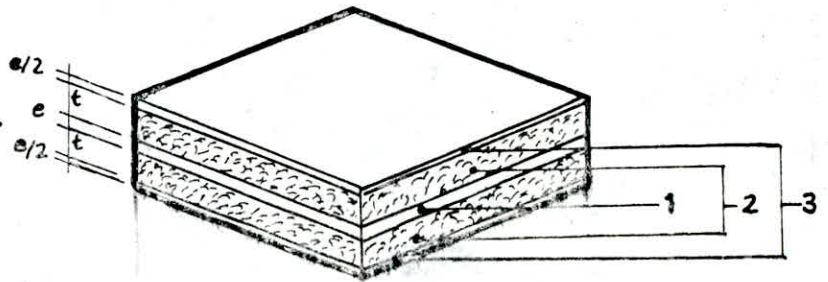
Développé sur le principe des appuis de pont, il consiste à interposer entre le sol et la structure à protéger un filtre qui l'isole, ne laissant passer que des effets déterminés par ses propres caractéristiques.

Les appuis antisismiques sont ainsi placés aux sommets des poteaux de sous sol en béton erigés sur la fondation, ils supportent le plancher supérieur (du RDC) sur lequel est construite la structure à protéger. Les sommets des poteaux du ss sont liés par des poutres qui permettent la distribution des efforts horizontaux aux différents appuis et assurent la liaison et la stabilité.

L'appui proprement dit comprend :

- . Un bloc d'élastomère (polychloropène) frêtté par des tôles horizontales et fixé en sa partie inférieure au poteau.
- . Une plaque de frottement solidaire du bloc d'élastomère scellée au plancher supérieur.

- 1- Frette intermédiaire (tôle).
- 2- Feuilletts d'élastomère.
- 3- Frettes extérieures (tôle)



L'espace d'environ 3m de haut crée entre la fondation et le plancher supérieur permet un accès facile aux appuis pour inspection et éventuellement changement.

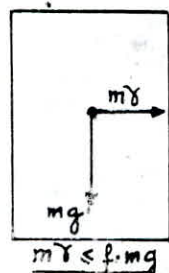
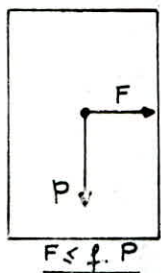
- Mode de fonctionnement:

Chacun des deux éléments décrit ci-dessus a une fonction propre:

. le bloc d'élastomère agit comme un ressort horizontal à faible amortissement . Sa présence transforme le mode de vibration flexionrotation des structures en un mode de translation caractérisé par une certaine fréquence.

Par contre, du fait des frettes horizontales, la raideur verticale de ce ressort est élevée et la réponse verticale des structures n'est pratiquement pas modifiée.

. La plaque de frottement limite l'effort horizontal total F agissant sur structure. Cette limite est égale à la force verticale P multipliée par le coefficient de frottement f des plaques.



f : coefficient de frottement

F : force de glissement

P : poids

m : masse

g : accélération de la pesanteur

γ : accélération horizontale.

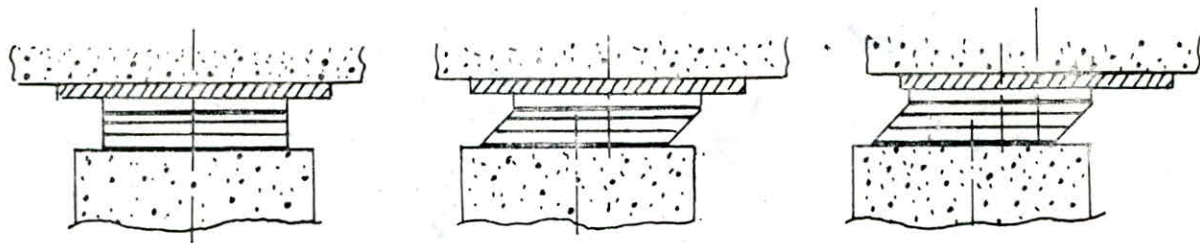
(Relation entre l'accélération et le coefficient de frottement.)

- Comportement dynamique de la structure fondée sur appuis antisismiques:

Lors d'un séisme de faible intensité ($\gamma < 0,2g$), la structure oscille essentiellement

selon son premier mode de vibration en déformant l'elastomère et revient finalement à sa position initiale.

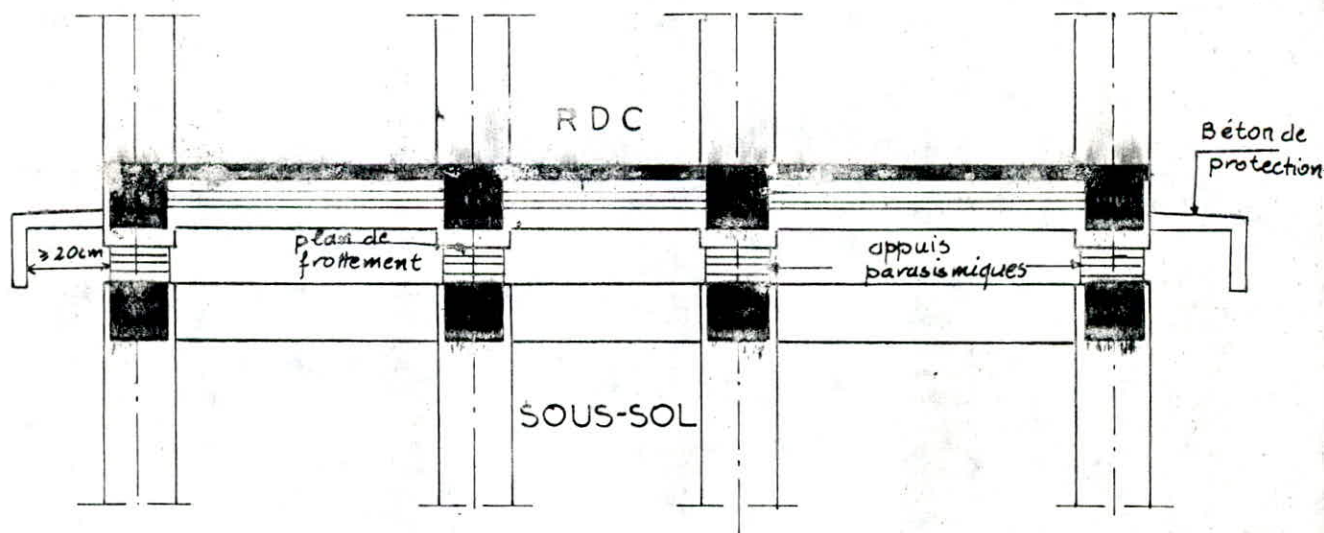
Pour certains types d'appuis antisismiques munis de deux plaques de frottement superposées, la structure oscille et de temps en temps glisse sur ses plaques de frottement lors d'un seisme d'intensité plus élevée (0,25 à 0,6g). A la fin du seisme, il peut subsister un déplacement permanent de quelques centimètres.



repos

distorsion

distorsion + glissement



POSITION DES APPUIS ANTISISMQUES

DIMENSIONNEMENT DYNAMIQUE DES APPLIS

L'interposition d'appuis élastiques sous une structure a pour but de limiter l'accélération transmise à celle-ci.

Il faut d'autre part, que les déplacements "a" restent acceptables, en particulier compte-tenu des conditions de voisinage de structures indépendantes.

Notre calcul s'effectue suivant le spectre de réponse réglementaire (RPA) et non pas suivant un accélérogramme.

Le dimensionnement d'un appui anti-sismique constituant avec la structure supportée un oscillateur simple de masse M de la structure. D'après le RPA 81, la force sismique engendrée dans une structure quelconque est donnée par :

$$F = A D B Q W = A D B Q M \cdot g$$

$$F = M \gamma$$

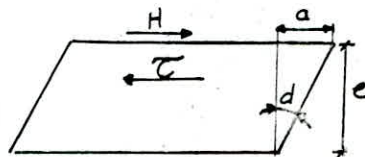
$$\text{d'où } \gamma = A D B Q g$$

Pour un oscillateur infiniment rigide, $B = \frac{2}{3}$ et $Q = 1$

Pour un bâtiment de groupe d'usage 2, zone III : $A = 0,25$.

d'où

$$\boxed{\gamma = \frac{D}{6} g}$$



Sous l'action d'un effort horizontal H, un appui d'épaisseur totale "e" se distord avec un déplacement relatif "a" entre feuillets extrêmes, et, on a :

$$\tau = \frac{H}{S} \quad \text{où } \tau : \text{ la contrainte de cisaillement sous } H.$$

S : section en plan de l'appui.

L'angle de distorsion de l'appui est :

$$d = \frac{\tau}{G} = \frac{a}{e} \quad \text{où } G : \text{ module de cisaillement de l'appui.}$$

$$\text{Soit } \tau = \frac{G \cdot a}{e} = \frac{H}{S} \implies \boxed{H = G \cdot S \cdot \frac{a}{e}}$$

Qu'on écrit encore :

$H = K a$ avec $K = \frac{G \cdot S}{e}$, rigidité horizontale de l'appui. Verticalement, la masse M engendre des contraintes :

$$\sigma = \frac{Mg}{S}$$

Un appui non amorti, ainsi chargé, présente une fréquence propre telle que :

$$\omega^2 = \frac{K}{M}$$

$$\omega^2 = \frac{G}{\sigma} \cdot \frac{a}{e}$$

et dans le mouvement sinusoïdal correspondant, il est soumis à l'accélération horizontale maximale.

$$\gamma = a\omega^2.$$

$$\text{Soit en valeur relative : } \frac{\gamma}{g} = \frac{a\omega^2}{g} \Rightarrow \frac{\gamma}{g} = \frac{G}{\sigma} \cdot d.$$

(a) Batiment (SS+ R + 12) :

Pour un dimensionnement plus économique et un taux de travail plus élevé de l'appui, on fixe la période à $T = 1,75$ sec.

Pour un sol ferme :

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,3}{T}} = 0,828 \rightarrow \gamma = \frac{D}{6} \cdot g = 0,138 g.$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 3,59 \text{ rd/s.}$$

L'accélération maximale horizontale (correspondant à un déplacement max) :

$$\gamma = a\omega^2 \rightarrow a = \frac{\gamma}{\omega^2} = 0,105 \text{ m} \rightarrow a = 10,5 \text{ cm.}$$

La contrainte verticale :

$$\sigma = \frac{g}{\gamma} = G \cdot d = \frac{G \cdot d}{0,138}$$

Le module de cisaillement de l'appui est $G = 110 \text{ N/cm}^2$
l'angle de distorsion admissible est $d = 1$.

$$\sigma = \frac{G \cdot d}{0,138} = 797,02 \text{ N/cm}^2.$$

Le poids total du bâtiment est $M = 4306 \text{ t}$.

On a 24 poteaux, la charge revenant à chaque poteau est :

$$F = \frac{M}{24} = 179,4 \text{ t} = 1760 \text{ kN.}$$

La section en plan de l'isolateur est :

$$S = \frac{F}{\sigma} = 2208,2 \text{ cm}^2, \text{ soit } S = (47 \times 47) \text{ cm}^2.$$

On prend $S = 50 \times 50 \text{ cm}^2$

La distorsion de l'appui $d \leq d_{adm} \rightarrow \frac{a}{e} \leq d_{adm}$

e : épaisseur totale de l'appui :

$$e \geq \frac{a}{d_{adm}} = 10,5 \text{ cm} \rightarrow \text{on prend } e = 12 \text{ cm}$$

Les dimensions de l'appui sont : $(50 \times 50 \times 12) \text{ cm}^3$

- Fonctionnement réel de l'appui :

$$\sigma = \frac{F}{S} = 704 \text{ N/cm}^2.$$

L'appui non amorti, ainsi chargé, présente une fréquence propre telle que :

$$\omega^2 = \frac{G \cdot g}{S \cdot e} = 12,77 \text{ (rd/s)}^2 \rightarrow \omega = 3,575 \text{ rd/s.}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1,76 \text{ sec} = \text{à la période fixée précédemment.}$$

$$\text{d'où } D = 0,826 \rightarrow \gamma = \frac{D}{6} g = 0,138g$$

$$a = \frac{\gamma}{\omega^2} = 10,6 \text{ cm.}$$

En diagonale on a une réduction de $10,6 / \sqrt{2} = 7,51 \text{ cm}$.

la section réduite (utile) : $S' = (50 - 7,51)^2 = 1805,31 \text{ cm}^2$.

Le taux du travail (sans busculement) avec déplacement diagonal de $7,51 \text{ cm}$:

$$\sigma = \frac{F}{S'} = \frac{1760 \cdot 10^3}{1805,31} = 975 \text{ N/cm}^2$$

$$\text{donc } \sigma < \bar{\sigma}_{adm} = 1000 \text{ N/cm}^2$$

(b) Batiment (SS + R + 3) :

On fixe la période de l'appui antisismique à $T = 1,5 \text{ sec}$

$$T = 1,5 \text{ sec} \Rightarrow D = 0,894$$

$$\gamma = \frac{D}{6} g = 0,149 g$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 4,19 \text{ rd/s}$$

$$\left. \begin{array}{l} \gamma = \frac{D}{6} g = 0,149 g \\ \omega = \frac{2\pi}{T} = 4,19 \text{ rd/s} \end{array} \right\} \Rightarrow a = \frac{\gamma}{\omega^2} = 8,3 \text{ cm}$$

$$d \leq d_{adm} \rightarrow e \geq \frac{a}{d_{adm}} = 8,3 \text{ cm, on prend } e = 10 \text{ cm.}$$

la contrainte verticale :

$$\sigma = \frac{d \cdot G}{0,149} = 738 \text{ N/cm}^2$$

Poids total du bâtiment est $M = 1007 \text{ t}$

On a 18 poteaux, la charge revenant à chaque poteau est :

$$F = \frac{M}{18} = 55,9 \text{ t} = 549 \text{ KN}$$

La section de l'appui antisismique est :

$$S = \frac{F}{\sigma} = 744 \text{ cm}^2 \longrightarrow S = (27,28 \times 27,28) \text{ cm}^2$$

On prend $S = (30 \times 30) \text{ cm}$. et $e = 10 \text{ cm}$.

-Fonctionnement réel de l'appui :

$$\sigma = \frac{F}{S} = 610 \text{ N/cm}^2$$

$$\omega^2 = \frac{G \cdot a}{\sigma \cdot e} = 17,69 \text{ (rd/s)}^2 \longrightarrow \omega = 4,20 \text{ rd/s.}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 1,494 \text{ sec} \approx T \text{ fixée}$$

$$T = 1,494 \text{ sec} \quad D = 0,896 \rightarrow \gamma = 0,149g.$$

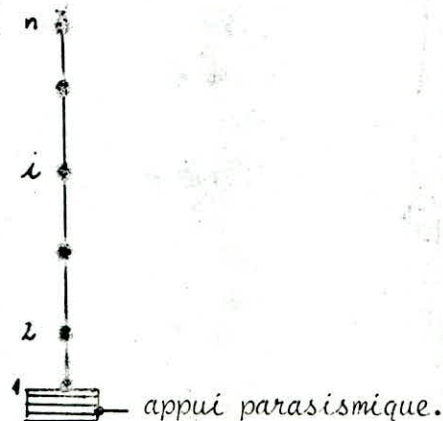
$$a = \frac{\gamma}{\omega^2} = 8,3 \text{ cm}$$

Section réduite : $a/\sqrt{2} = 5,87 \text{ cm} \rightarrow S' = (30 - 5,87)^2 = 582,3 \text{ cm}^2$

$$\sigma = \frac{F}{S'} = 942,8 \text{ N/cm}^2 < \sigma_{adm} = 1000 \text{ N/cm}^2$$

Modélisation de la structure :

La présence des appuis parasismiques avec leurs propres rigidités, conduit à considérer un degré de liberté supplémentaire à la base (au niveau des appuis), pour l'ensemble de la structure.



- Calcul de la rigidité de l'appui parasismique

(a) - Batiment (SS + R + 12);

Les dimensions de l'appuit sont : $S = (50 \times 50) \text{ cm}^2$ et $e = 12 \text{ cm}$

la rigidité est donnée par :

$$K = \frac{G.S}{e} = \frac{110 \times (50 \times 50)}{2} = 22916,67 \text{ N/cm}$$

Pour 24 appuis on : $K = 24 \times 22916,67 = 55.10^3 \text{ KN/m}$

$$\underline{K = 55.10^3 \text{ KN/m}}$$

la masse concentrée au niv des appuis est $m_a = 286 \text{ t}$

(b) - Batiment (SS + R + 3) :

$S = (30 \times 30) \text{ cm}^2$ et $e = 10 \text{ cm}$.

$$K = \frac{110 (30 \times 30)}{10} = 9900 \text{ N/cm}$$

Pour 18 appuis $\underline{K = 17820 \text{ KN/m}}$.

la masse concentrée au niveau des appuis est $m_a = 215 \text{ t}$

RESULTS

SENS TRANSVERSAL

SENS LONGITUDINAL

(a)-Batiment (SS+R+12) :

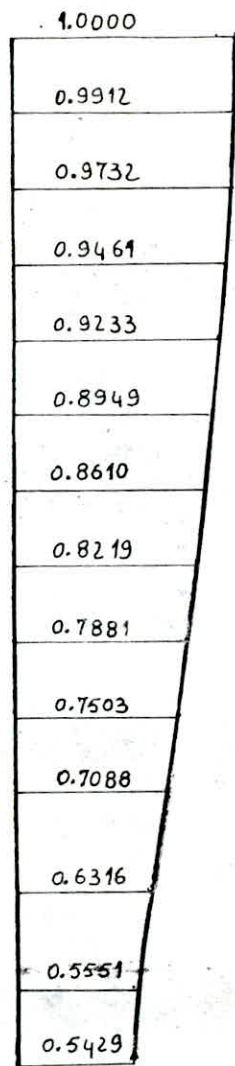
Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
14	1.0000	1.0000	1.0000
13	0.9912	0.9095	0.7281
12	0.9732	0.7324	0.2479
11	0.9461	0.4855	-0.3033
10	0.9233	0.2998	-0.5955
9	0.8949	0.0952	-0.7754
8	0.8610	-0.1154	-0.8089
7	0.8219	-0.3187	-0.6898
6	0.7881	-0.4572	-0.4957
5	0.7503	-0.5719	-0.2239
4	0.7088	-0.6567	0.0830
3	0.6316	-0.7398	0.5815
2	0.5551	-0.7448	0.8700
1	0.5429	-0.7350	0.8762
T(s)	2.2076	0.6893	0.3976
η (%)	96.573	2.907	0.426

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
14	1.0000	1.0000	1.0000
13	0.9916	0.9091	0.7236
12	0.9744	0.7314	0.2366
11	0.9485	0.4837	-0.3192
10	0.9274	0.3028	-0.6021
9	0.9010	0.1033	-0.7728
8	0.8695	-0.1025	-0.7994
7	0.8330	-0.3020	-0.6771
6	0.8021	-0.4367	-0.4867
5	0.7674	-0.5496	-0.2223
4	0.7291	-0.6350	0.0761
3	0.6579	-0.7235	0.5639
2	0.5873	-0.7376	0.8504
1	0.5748	-0.7289	0.8591
T(s)	2.1632	0.6588	0.3776
η (%)	97.136	2.451	0.341

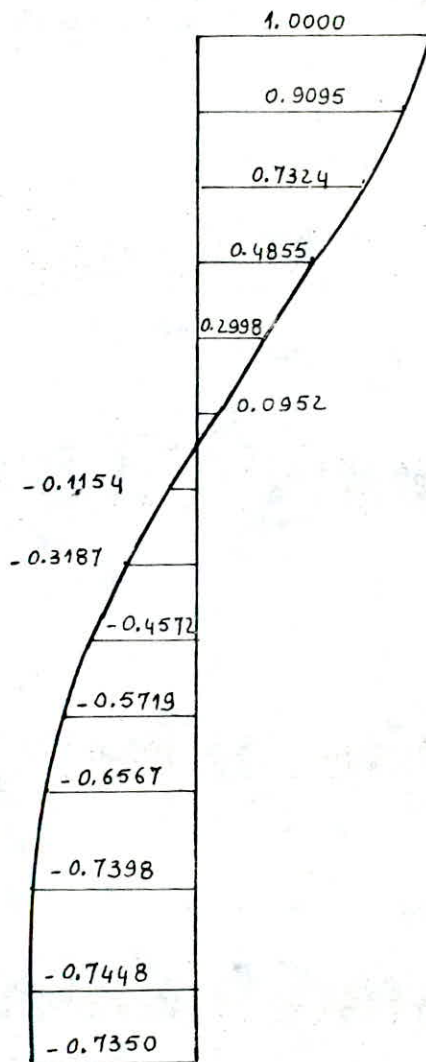
(b)-Batiment(SS+R+3) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
5	1.0000	1.0000	1.0000
4	0.9754	0.4943	-0.9407
3	0.9254	-0.2744	-0.9606
2	0.8803	-0.6409	0.2761
1	0.8385	-0.7409	0.8810
T(s)	1.7276	0.3813	0.1946
η (%)	99.611	0.357	0.022

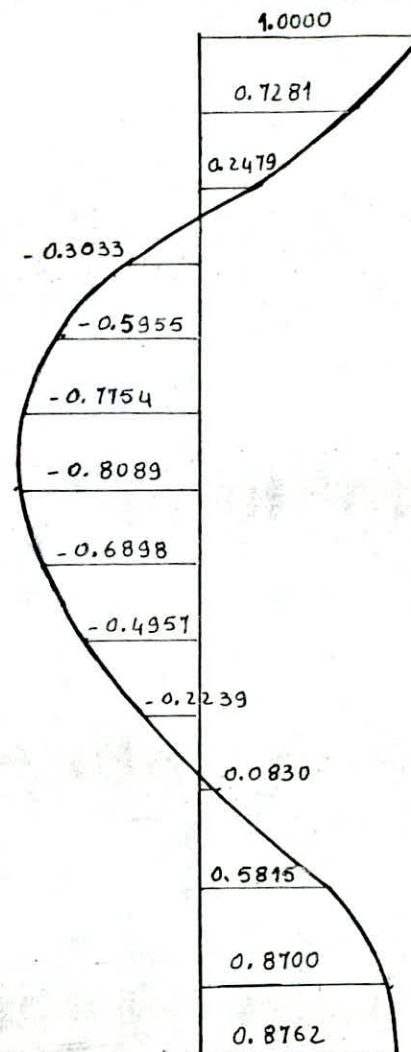
Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE
5	1.0000	1.0000	-0.9519
4	0.9678	0.4990	0.8030
3	0.9027	-0.2650	1.0000
2	0.8332	-0.7023	-0.3290
1	0.7841	-0.7827	-0.7772
T(s)	1.7610	0.4468	0.2329
η (%)	99.241	0.704	0.039



1^{er} MODE

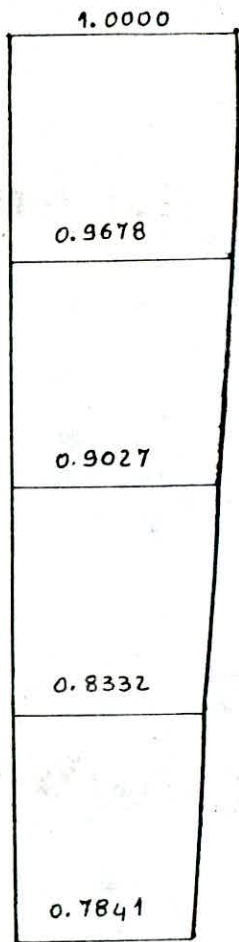


2^e MODE

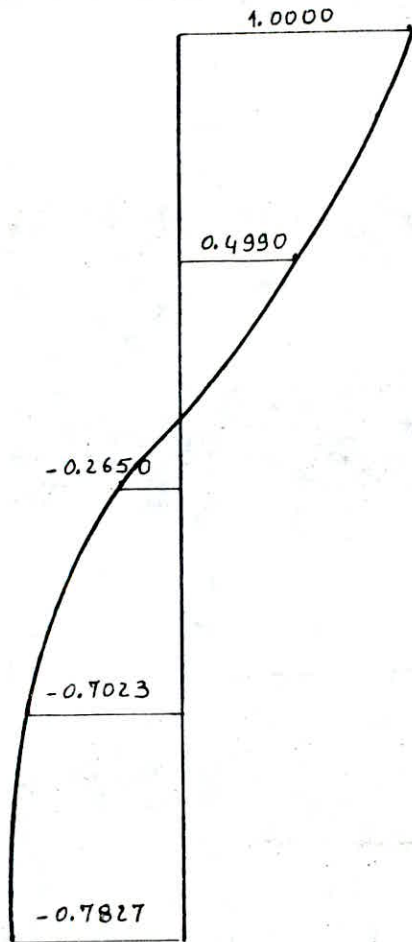


3^e MODE

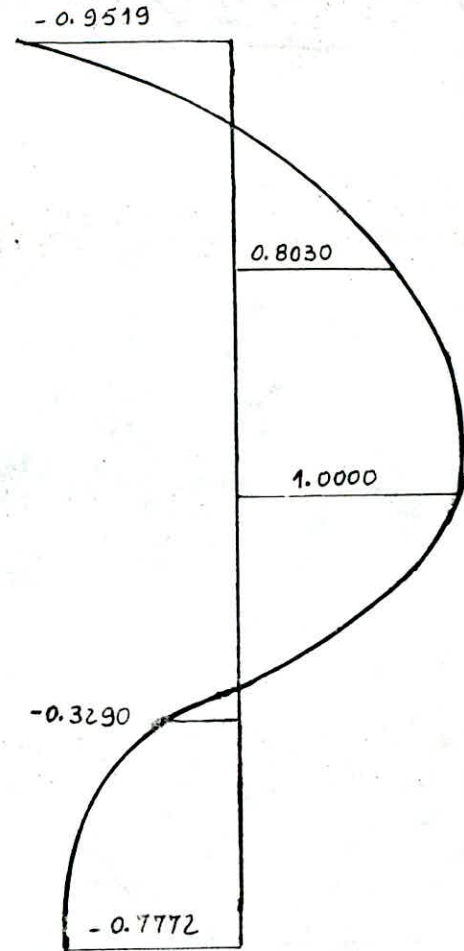
SENS TRANSVERSAL
BATIMENT:(SS+R+12)



1^{er} MODE



2^e MODE



3^e MODE

SENS LONGITUDINAL

BATIMENT:(SS+R+3)

FORCES SISMQUES: PRESCRIPTIONS 'RP01' (tonnes)

SENS TRANSVERSAL

SENS LONGITUDINAL

(a)-Batiment (SS+R+12) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante	Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante
14	30.647	-11.985	7.587	33.770	14	30.322	-11.404	7.043	33.152
13	31.975	-11.474	5.814	34.466	13	31.649	-10.913	5.364	33.904
12	31.394	-9.239	1.980	32.785	12	31.099	-8.779	1.754	32.362
11	31.131	-6.247	-2.470	31.848	11	30.879	-5.922	-2.414	31.535
10	31.077	-3.946	-4.962	31.717	10	30.882	-3.792	-4.657	31.461
9	30.121	-1.253	-6.461	30.831	9	30.003	-1.294	-5.978	30.620
8	28.980	1.518	-6.740	29.792	8	28.954	1.283	-6.183	29.635
7	28.987	4.396	-6.023	29.931	7	29.070	3.963	-5.488	29.847
6	28.983	6.575	-4.513	30.060	6	29.184	5.976	-4.114	30.072
5	27.595	8.225	-2.038	28.866	5	27.922	7.521	-1.978	28.978
4	27.438	9.942	0.795	29.194	4	27.924	9.147	0.677	29.392
3	27.507	12.599	6.269	30.898	3	28.346	11.725	5.643	31.190
2	23.816	12.496	9.240	28.439	2	24.932	11.777	8.385	28.820
1	16.696	8.839	6.670	20.035	1	17.489	8.341	6.072	20.305

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante	Niv	1° MODE	2° MODE	3° MODE	Resultante
5	24.286	-5.630	1.224	24.960	5	24.667	-7.072	1.648	25.714
4	24.908	-2.926	-1.210	25.108	4	25.101	-3.710	-1.461	25.416
3	25.176	1.731	-1.317	25.270	3	24.943	2.100	-1.939	25.106
2	24.591	4.150	0.389	24.942	2	23.639	5.712	0.655	24.329
1	18.792	3.849	0.995	19.208	1	17.846	5.108	1.241	19.604

-Batiment (SS + R + 12) :

• Sens transversal :

• $L = 13,70m$ $b = 6,85m$

• Moment en consol : $\sum F_i \cdot X_i = 9470,12 \text{ tm}$

• Effort tranchant $H = \sum F_i = 422,632 \text{ t}$

• $Z = 3,06m$.

• Mt résistant : $b \cdot \sum W_i = 6,85 \times 4592 = 31455,2 \text{ tm}$

• $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{31455,2}{10763,37} = 2,92 > 1,5$

• Sens longitudinal :

• $L = 21,60 \text{ m}$ $b = 10,80 \text{ m}$

• Moment en consol : $\sum F_i \cdot X_i = 9386,646m$

• Effort tranchant : $H = 421,274 \text{ t}$.

• $Z = 3,06m$

• Moment résistant : $b \cdot \sum W_i = 10,80 \times 4592 = 49593,6 \text{ tm}$.

• $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{49593,6}{10675,74} = 4,64 > 1,5$.

Pas de risque de renversement dans les deux sens.

-Batiment (SS + R + 3) :

• Sens transversal :

• $L = 9,2m$ $b = 4,6m$

• Moment en consol : $\sum F_i \cdot X_i = 925,87 \text{ tm}$.

• Effort tranchant : $H = \sum F_i = 119,488 \text{ t}$.

• $Z = 3,65m$.

• Moment résistant : $b \cdot \sum W_i = 4,6 \times 1222 = 5621,2 \text{ tm}$.

• $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{5621,2}{1362,00} = 4,13 > 1,5$

• Sens longitudinal :

• $L = 24,45m$ $b = 12,225m$

• Moment en consol : $\sum F_i \cdot X_i = 925,80 \text{ tm}$

• Effort tranchant : $H = \sum F_i = 119,169 \text{ t}$

• $Z = 3,65m$

• Moment résistant : $b \sum W_i = 12,225 \times 1222 = 14938,95 \text{ t.m}$

• $\frac{\text{Moment résistant}}{\text{Moment de renversement}} = \frac{14938,95}{1360,77} = 10,98 > 1,5$

Pas de risque de renversement dans les deux sens.

VERIFICATION DES DEPLACEMENTS RELATIFS

(a)-Batiment (SS+R+12) :

SENS TRANSVERSAL :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
14	33.770	261.650	0.129	0.258	< 2.29	O.K
13	68.236	261.650	0.261	0.522	< 2.29	O.K
12	101.020	261.650	0.386	0.772	< 2.29	O.K
11	132.868	414.136	0.321	0.642	< 2.29	O.K
10	164.585	414.136	0.397	0.795	< 2.29	O.K
9	195.417	414.136	0.472	0.944	< 2.29	O.K
8	225.209	414.136	0.544	1.088	< 2.29	O.K
7	255.140	545.206	0.468	0.936	< 2.29	O.K
6	285.200	545.206	0.523	1.046	< 2.29	O.K
5	314.067	545.206	0.576	1.152	< 2.29	O.K
4	343.261	320.624	1.071	2.141	< 2.93	O.K
3	374.159	350.286	1.068	2.136	< 2.93	O.K
2	402.597	2339.923	0.172	0.344	< 2.29	O.K

SENS LONGITUDINAL :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
14	33.152	285.385	0.116	0.232	< 2.29	O.K
13	67.056	285.385	0.235	0.470	< 2.29	O.K
12	99.419	285.385	0.348	0.697	< 2.29	O.K
11	130.953	465.089	0.282	0.563	< 2.29	O.K
10	162.414	465.089	0.349	0.698	< 2.29	O.K
9	193.034	465.089	0.415	0.830	< 2.29	O.K
8	222.669	465.089	0.479	0.958	< 2.29	O.K
7	252.517	621.850	0.406	0.812	< 2.29	O.K
6	282.589	621.850	0.454	0.909	< 2.29	O.K
5	311.566	621.850	0.501	1.002	< 2.29	O.K
4	340.959	364.943	0.934	1.869	< 2.93	O.K
3	372.149	400.446	0.929	1.859	< 2.93	O.K
2	400.969	2403.397	0.167	0.334	< 2.29	O.K

(b)-Batiment (SS+R+3) :

SENS TRANSVERSAL :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
5	24.960	125.051	0.200	0.399	< 2.74	O.K
4	50.068	125.051	0.400	0.801	< 2.74	O.K
3	75.338	209.269	0.360	0.720	< 2.74	O.K
2	100.280	300.393	0.334	0.668	< 2.74	O.K

SENS LONGITUDINAL :

Niv	Ti(t)	Ri(t/cm)	d(cm)=Ti/Ri	d/2B	dadm(cm)	Verif
5	25.714	91.935	0.280	0.559	< 2.74	O.K
4	51.130	91.935	0.556	1.112	< 2.74	O.K
3	76.236	129.335	0.589	1.179	< 2.74	O.K
2	100.564	240.443	0.418	0.836	< 2.74	O.K

REPARTITION DE LA CHARGE SISMIQUE

(a)-Batiment (SS+R+12) :

 PORTIQUE LONGITUDINAL "A" :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
2	100.242	8.818	109.060
3	93.037	8.811	101.848
4	85.239	8.048	93.288
5	77.891	7.365	85.256
6	70.647	6.680	77.327
7	63.129	5.969	69.098
8	55.667	5.208	60.876
9	48.258	4.515	52.774
10	40.604	3.799	44.402
11	32.738	3.063	35.801
12	24.854	2.279	27.134
13	16.764	1.537	18.301
14	8.288	0.760	9.048

 PORTIQUE TRANSVERSAL "G" :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
2	67.100	9.420	76.519
3	62.360	8.468	70.827
4	57.210	7.779	64.989
5	52.344	7.113	59.457
6	47.533	6.459	53.993
7	42.523	5.778	48.302
8	37.535	5.126	42.661
9	32.569	4.448	37.017
10	27.431	3.746	31.177
11	22.145	3.024	25.169
12	16.837	2.321	19.157
13	11.373	1.567	12.940
14	5.628	0.776	6.404

(b)-Batiment (SS+R+3) :

 PORTIQUE LONGITUDINAL "A" :

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
2	33.522	1.547	35.069
3	25.412	0.935	26.347
4	17.043	0.731	17.774
5	8.571	0.368	8.939

 PORTIQUE TRANSVERSAL "G"

Niv	F'ki(t)	F*ki(t)	Fki(t)
2	16.713	3.084	19.797
3	12.556	2.393	14.949
4	8.345	1.557	9.902
5	4.160	0.776	4.936

(a)-Batiment (SS+R+12) :

PORTIQUE LONGITUDINAL N° A

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Ncum(t)
14	1	2.607	1.404	-1.275	-1.275
	2	3.296	1.775	0.596	0.596
	3	3.095	1.666	0.074	0.074
13	1	4.868	3.245	-3.066	-4.341
	2	6.155	4.103	1.433	2.029
	3	5.778	3.852	0.179	0.253
12	1	6.615	5.413	-4.821	-9.162
	2	8.364	6.844	2.253	4.282
	3	7.853	6.425	0.281	0.534
11	1	7.278	7.278	-6.427	-15.589
	2	10.588	10.588	2.885	7.167
	3	9.522	9.522	0.426	0.960
10	1	9.027	9.027	-8.471	-24.060
	2	13.131	13.131	3.694	10.861
	3	11.809	11.809	0.609	1.569
9	1	10.729	10.729	-10.263	-34.323
	2	15.607	15.607	4.475	15.336
	3	14.036	14.036	0.738	2.306
8	1	12.376	12.376	-11.243	-45.566
	2	18.003	18.003	5.234	20.570
	3	16.191	16.191	0.863	3.169
7	1	13.055	13.055	-12.053	-57.619
	2	21.345	21.345	5.751	26.321
	3	18.459	18.459	1.069	4.238
6	1	14.610	14.610	-12.895	-70.513
	2	23.887	23.887	6.245	32.566
	3	20.658	20.658	1.286	5.524
5	1	16.108	16.108	-13.785	-84.299
	2	26.337	26.337	6.934	39.500
	3	22.776	22.776	1.427	6.951
4	1	22.794	22.794	-17.425	-101.724
	2	36.565	36.565	8.783	48.283
	3	31.830	31.830	1.771	8.722
3	1	24.230	24.230	-21.313	-123.037
	2	40.546	40.546	10.615	58.898
	3	34.780	34.780	2.197	10.920
2	1	20.966	31.449	-17.967	-141.004
	2	23.306	34.959	10.335	69.233
	3	22.473	33.709	1.653	12.572

! Niv !	! Pot !	! Ms(tm) !	! Mi(tm) !	! N(t) !	! Ncum(t) !
14	A	2.656	1.430	-0.961	-0.961
	B	3.817	2.055	-0.284	-0.284
	C	3.759	2.024	0.434	0.434
	D	2.506	1.349	0.811	0.811
13	A	4.954	3.303	-2.311	-3.272
	B	7.120	4.746	-0.682	-0.966
	C	7.011	4.674	1.044	1.479
	D	4.674	3.116	1.949	2.759
12	A	6.724	5.501	-3.629	-6.901
	B	9.662	7.905	-1.071	-2.037
	C	9.514	7.784	1.640	3.119
	D	6.343	5.189	3.060	5.819
11	A	7.159	7.159	-4.801	-11.702
	B	12.539	12.539	-1.845	-3.883
	C	12.212	12.212	2.642	5.761
	D	6.599	6.599	4.004	9.824
10	A	8.867	8.867	-6.290	-17.992
	B	15.532	15.532	-2.816	-6.698
	C	15.127	15.127	3.900	9.661
	D	8.175	8.175	5.206	15.030
9	A	10.528	10.528	-7.613	-25.606
	B	18.441	18.441	-3.408	-10.106
	C	17.961	17.961	4.720	14.381
	D	9.706	9.706	6.301	21.331
8	A	12.134	12.134	-8.895	-34.501
	B	21.253	21.253	-3.982	-14.088
	C	20.699	20.699	5.515	19.896
	D	11.185	11.185	7.362	28.693
7	A	12.455	12.455	-10.012	-44.513
	B	25.528	25.528	-5.121	-19.209
	C	24.609	24.609	6.903	26.798
	D	11.310	11.310	8.230	36.923
6	A	13.922	13.922	-11.118	-55.630
	B	28.536	28.536	-6.330	-25.539
	C	27.508	27.508	8.365	35.164
	D	12.643	12.643	9.083	46.006
5	A	15.331	15.331	-12.330	-67.961
	B	31.424	31.424	-7.021	-32.560
	C	30.292	30.292	9.277	44.441
	D	13.923	13.923	10.073	56.079
4	A	21.759	21.759	-15.526	-83.486
	B	43.491	43.491	-8.664	-41.224
	C	41.999	41.999	11.491	55.932
	D	19.805	19.805	12.699	68.778
3	A	22.882	22.882	-18.849	-102.336
	B	48.351	48.351	-10.786	-52.010
	C	46.509	46.509	14.241	70.173
	D	20.725	20.725	15.395	84.173
2	A	21.895	32.842	-17.101	-119.436
	B	25.193	37.790	-6.729	-58.739
	C	24.951	37.427	9.476	79.648
	D	21.620	32.430	14.354	98.527

LES EFFORTS DANS LES POTEAUX SOUS (E)

(b)-Batiment (SS+R+3) :

PORTIQUE LONGITUDINAL N° A :

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Ncum(t)
5	1	2.642	1.423	-0.965	-0.965
	2	3.981	2.144	0.136	0.136
	3	3.981	2.144	0.000	0.000
4	1	4.849	3.233	-2.291	-3.256
	2	7.307	4.871	0.322	0.459
	3	7.307	4.871	0.000	0.000
3	1	5.910	4.835	-3.482	-6.738
	2	10.268	8.401	0.328	0.786
	3	10.268	8.401	0.000	0.000
2	1	7.399	11.098	-4.372	-11.110
	2	9.101	13.651	0.726	1.511
	3	9.101	13.651	0.000	0.000

PORTIQUE TRANSVERSAL N° 6 :

Niv	Pot	Ms(tm)	Mi(tm)	N(t)	Ncum(t)
5	A	4.235	2.280	-3.040	-3.040
	B	4.711	2.537	2.382	2.382
	C	2.766	1.489	0.658	0.658
4	A	7.841	5.227	-7.266	-10.306
	B	8.723	5.816	5.693	8.075
	C	5.121	3.414	1.572	2.230
3	A	10.980	8.983	-11.930	-22.236
	B	13.250	10.841	9.587	17.663
	C	5.780	4.729	2.343	4.573
2	A	10.126	15.189	-13.961	-36.197
	B	11.268	16.903	10.992	28.655
	C	7.510	11.264	2.969	7.542

(b)-Batiment (SS+R+12) :

S E N S L O N G I T U D I N A L :

!COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E !

! Niv !	! Pot !	! Msup(tm)!	! Minf(tm)!	! Ncum(t) !
	1	0.074	0.051	0.388
14	2	0.019	0.020	1.165
	3	0.020	0.014	1.320
	1	0.057	0.056	0.796
13	2	0.023	0.023	2.310
	3	0.016	0.016	2.639
	1	0.056	0.039	1.206
12	2	0.023	0.023	3.452
	3	0.016	0.012	3.959
	1	0.106	0.082	1.639
11	2	0.062	0.050	4.574
	3	0.032	0.026	5.276
	1	0.082	0.082	2.081
10	2	0.050	0.050	5.690
	3	0.026	0.026	6.592
	1	0.082	0.082	2.522
9	2	0.050	0.050	6.806
	3	0.026	0.026	7.907
	1	0.082	0.046	2.964
8	2	0.050	0.030	7.922
	3	0.026	0.015	9.222
	1	0.144	0.100	3.418
7	2	0.095	0.068	9.028
	3	0.047	0.034	10.533
	1	0.100	0.100	3.878
6	2	0.068	0.068	10.132
	3	0.034	0.034	11.843
	1	0.100	0.113	4.338
5	2	0.068	0.076	11.235
	3	0.034	0.038	13.152
	1	0.085	0.672	4.797
4	2	0.057	0.677	12.339
	3	0.028	0.351	14.462
	1	1.245	0.936	9.146
3	2	1.255	0.970	23.992
	3	0.650	0.499	29.778
	1	1.247	0.624	13.982
2	2	1.292	0.646	36.816
	3	0.665	0.332	46.672

COMBINAISON			(1.0)G+(1.0)P+(1.2)E			(1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Neum(t)	
14	1	3.202	1.735	-1.141	-3.055	-1.634	1.918	
	2	3.975	2.150	1.879	-3.936	-2.110	0.450	
	3	3.734	2.014	1.409	-3.694	-1.985	1.231	
13	1	5.898	3.950	-4.413	-5.784	-3.839	6.005	
	2	7.408	4.947	4.744	-7.363	-4.901	-0.125	
	3	6.950	4.639	2.943	-6.918	-4.607	2.336	
12	1	7.994	6.534	-9.788	-7.883	-6.456	12.201	
	2	10.060	8.235	8.590	-10.014	-8.190	-1.685	
	3	9.440	7.722	4.599	-9.408	-7.699	3.318	
11	1	8.840	8.816	-17.068	-8.628	-8.652	20.347	
	2	12.767	12.755	13.175	-12.644	-12.655	-4.026	
	3	11.458	11.452	6.428	-11.394	-11.401	4.125	
10	1	10.914	10.914	-26.791	-10.751	-10.751	30.953	
	2	15.807	15.807	18.723	-15.708	-15.708	-7.343	
	3	14.197	14.197	8.474	-14.146	-14.146	4.709	
9	1	12.956	12.956	-38.666	-12.793	-12.793	43.710	
	2	18.778	18.778	25.209	-18.679	-18.679	-11.597	
	3	16.869	16.869	10.675	-16.817	-16.817	5.139	
8	1	14.933	14.897	-52.628	-14.770	-14.806	58.555	
	2	21.653	21.634	32.606	-21.554	-21.573	-16.762	
	3	19.454	19.444	13.025	-19.403	-19.414	5.419	
7	1	15.811	15.767	-68.481	-15.522	-15.566	75.318	
	2	25.710	25.683	40.613	-25.519	-25.546	-22.556	
	3	22.199	22.185	15.619	-22.104	-22.118	5.447	
6	1	17.632	17.632	-86.230	-17.432	-17.432	93.987	
	2	28.733	28.733	49.210	-28.596	-28.596	-28.947	
	3	24.823	24.823	18.471	-24.756	-24.756	5.214	
5	1	19.430	19.443	-105.988	-19.230	-19.217	114.665	
	2	31.672	31.680	58.635	-31.536	-31.528	-36.165	
	3	27.365	27.369	21.493	-27.298	-27.294	4.811	
4	1	27.437	27.979	-130.999	-27.268	-26.726	140.592	
	2	43.935	44.508	70.278	-43.821	-43.248	-45.600	
	3	38.225	38.522	24.928	-38.168	-37.870	3.995	
3	1	30.237	29.941	-157.936	-27.916	-28.212	175.642	
	2	49.821	49.548	93.871	-47.489	-47.762	-47.484	
	3	42.340	42.195	41.819	-41.132	-41.277	15.612	
2	1	26.311	38.315	-181.281	-24.008	-37.163	207.918	
	2	29.156	42.545	118.102	-26.778	-41.356	-48.057	
	3	27.578	40.756	59.369	-26.356	-40.145	29.195	

COMBINAISON (0.8)G+(0.0)P+(1.0)E				(0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E			
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
	1	2.666	1.444	-0.964	-2.548	-1.363	1.585
14	2	3.312	1.791	1.527	-3.281	-1.759	0.336
	3	3.111	1.678	1.130	-3.079	-1.655	0.981
	1	4.913	3.290	-3.704	-4.822	-3.201	4.978
13	2	6.173	4.121	3.876	-6.136	-4.085	-0.181
	3	5.791	3.865	2.364	-5.765	-3.840	1.858
	1	6.660	5.444	-8.197	-6.571	-5.382	10.127
12	2	8.383	6.862	7.043	-8.346	-6.826	-1.520
	3	7.866	6.435	3.701	-7.841	-6.416	2.633
	1	7.363	7.344	-14.278	-7.193	-7.213	16.901
11	2	10.637	10.628	10.826	-10.538	-10.548	-3.508
	3	9.548	9.542	5.181	-9.496	-9.501	3.261
	1	9.092	9.092	-22.395	-8.962	-8.962	25.725
10	2	13.171	13.171	15.413	-13.091	-13.091	-6.309
	3	11.830	11.830	6.842	-11.789	-11.789	3.705
	1	10.794	10.794	-32.306	-10.664	-10.664	36.341
9	2	15.647	15.647	20.781	-15.567	-15.567	-9.891
	3	14.056	14.056	8.632	-14.015	-14.015	4.019
	1	12.441	12.413	-43.955	-12.311	-12.340	48.697
8	2	18.043	18.027	26.907	-17.963	-17.979	-14.233
	3	16.211	16.203	10.547	-16.170	-16.179	4.208
	1	13.171	13.136	-57.182	-12.940	-12.975	62.651
7	2	21.422	21.400	33.543	-21.269	-21.291	-19.098
	3	18.497	18.486	12.665	-18.421	-18.433	4.188
	1	14.690	14.690	-71.988	-14.530	-14.530	78.193
6	2	23.942	23.942	40.671	-23.833	-23.833	-24.460
	3	20.685	20.685	14.998	-20.631	-20.631	3.950
	1	16.188	16.199	-88.468	-16.028	-16.018	95.409
5	2	26.391	26.398	48.488	-26.282	-26.276	-30.512
	3	22.803	22.806	17.473	-22.749	-22.746	3.571
	1	22.861	23.114	-109.325	-22.726	-22.474	117.000
4	2	36.611	36.877	58.154	-36.519	-36.253	-38.412
	3	31.853	31.991	20.292	-31.808	-31.669	2.847
	1	24.823	24.635	-133.081	-23.637	-23.825	144.901
3	2	41.124	40.949	74.261	-39.968	-40.142	-43.535
	3	35.078	34.987	29.642	-34.482	-34.573	7.803
	1	21.506	31.719	-154.164	-20.427	-31.179	170.168
2	2	23.844	35.228	90.076	-22.768	-34.690	-48.390
	3	22.748	33.846	38.439	-22.197	-33.571	13.294

S E N S T R A N S V E R S A L :

! COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E !					
! Niv !	! Pot !	! Msup(tm)!	! Minf(tm)!	! Neum(t) !	
! 14 !	! A !	! 1.824 !	! 1.080 !	! 6.652 !	
	! B !	! -0.770 !	! -0.356 !	! 13.592 !	
	! C !	! 1.117 !	! 0.516 !	! 14.941 !	
	! D !	! -2.450 !	! -1.425 !	! 7.536 !	
! 13 !	! A !	! 1.215 !	! 1.177 !	! 12.919 !	
	! B !	! -0.400 !	! -0.372 !	! 25.614 !	
	! C !	! 0.580 !	! 0.540 !	! 27.951 !	
	! D !	! -1.603 !	! -1.551 !	! 14.657 !	
! 12 !	! A !	! 1.177 !	! 0.790 !	! 19.218 !	
	! B !	! -0.372 !	! -0.242 !	! 37.613 !	
	! C !	! 0.540 !	! 0.397 !	! 40.915 !	
	! D !	! -1.551 !	! -1.025 !	! 21.814 !	
! 11 !	! A !	! 2.160 !	! 1.626 !	! 25.685 !	
	! B !	! -0.661 !	! -0.534 !	! 49.451 !	
	! C !	! 1.084 !	! 0.872 !	! 53.739 !	
	! D !	! -2.800 !	! -2.091 !	! 29.103 !	
! 10 !	! A !	! 1.626 !	! 1.626 !	! 32.208 !	
	! B !	! -0.534 !	! -0.534 !	! 61.255 !	
	! C !	! 0.872 !	! 0.872 !	! 66.489 !	
	! D !	! -2.091 !	! -2.091 !	! 36.446 !	
! 9 !	! A !	! 1.626 !	! 1.626 !	! 38.731 !	
	! B !	! -0.534 !	! -0.534 !	! 73.058 !	
	! C !	! 0.872 !	! 0.872 !	! 79.240 !	
	! D !	! -2.091 !	! -2.091 !	! 43.789 !	
! 8 !	! A !	! 1.626 !	! 0.882 !	! 45.253 !	
	! B !	! -0.534 !	! -0.323 !	! 84.862 !	
	! C !	! 0.872 !	! 0.524 !	! 91.990 !	
	! D !	! -2.091 !	! -1.122 !	! 51.132 !	
! 7 !	! A !	! 2.789 !	! 1.914 !	! 51.848 !	
	! B !	! -1.021 !	! -0.732 !	! 96.625 !	
	! C !	! 1.655 !	! 1.183 !	! 104.640 !	
	! D !	! -3.547 !	! -2.424 !	! 58.542 !	
! 6 !	! A !	! 1.914 !	! 1.914 !	! 58.469 !	
	! B !	! -0.732 !	! -0.732 !	! 108.377 !	
	! C !	! 1.183 !	! 1.183 !	! 117.255 !	
	! D !	! -2.424 !	! -2.424 !	! 65.974 !	
! 5 !	! A !	! 1.914 !	! 2.161 !	! 65.089 !	
	! B !	! -0.732 !	! -0.816 !	! 120.129 !	
	! C !	! 1.183 !	! 1.320 !	! 129.870 !	
	! D !	! -2.424 !	! -2.740 !	! 73.407 !	
! 4 !	! A !	! 1.622 !	! 1.434 !	! 71.702 !	
	! B !	! -0.613 !	! -0.677 !	! 131.884 !	
	! C !	! 0.991 !	! 1.117 !	! 142.494 !	
	! D !	! -2.057 !	! -1.926 !	! 80.833 !	
! 3 !	! A !	! 2.657 !	! 1.991 !	! 78.752 !	
	! B !	! -1.255 !	! -0.972 !	! 143.462 !	
	! C !	! 2.070 !	! 1.597 !	! 155.490 !	
	! D !	! -3.568 !	! -2.665 !	! 89.225 !	
! 2 !	! A !	! 2.652 !	! 1.326 !	! 86.558 !	
	! B !	! -1.294 !	! -0.647 !	! 156.236 !	
	! C !	! 2.127 !	! 1.064 !	! 169.800 !	
	! D !	! -3.550 !	! -1.775 !	! 98.510 !	

COMBINAISON		(1.0)G+(1.0)P+(1.2)E			(1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
14	A	4.940	2.750	5.237	-1.435	-0.683	7.545
	B	3.841	2.126	12.719	-5.320	-2.806	13.400
	C	5.583	2.922	14.878	-3.437	-1.935	13.835
	D	0.653	0.256	8.214	-5.361	-2.982	6.268
13	A	7.108	5.089	8.459	-4.783	-2.838	16.313
	B	8.161	5.340	23.399	-8.926	-6.051	25.717
	C	8.968	6.125	28.574	-7.858	-5.092	25.024
	D	4.075	2.256	17.363	-7.142	-5.222	10.741
12	A	9.194	7.357	10.129	-6.942	-5.845	26.691
	B	11.239	9.255	33.590	-11.950	-9.718	38.479
	C	11.933	9.720	42.942	-10.900	-8.962	35.456
	D	6.128	5.247	27.880	-9.094	-7.207	13.914
11	A	10.656	10.145	10.553	-6.524	-7.035	38.638
	B	14.414	14.535	42.699	-15.679	-15.558	52.017
	C	15.691	15.489	58.377	-13.618	-13.820	44.552
	D	5.241	5.919	39.657	-10.597	-9.919	16.080
10	A	12.196	12.196	9.244	-9.086	-9.086	52.425
	B	18.127	18.127	50.609	-19.149	-19.149	66.685
	C	18.987	18.987	75.252	-17.318	-17.318	52.067
	D	7.810	7.810	52.928	-11.809	-11.809	16.856
9	A	14.189	14.189	6.347	-11.079	-11.079	67.800
	B	21.619	21.619	57.809	-22.641	-22.641	82.064
	C	22.388	22.388	93.111	-20.719	-20.719	58.598
	D	9.647	9.647	67.512	-13.647	-13.647	16.318
8	A	16.115	15.404	1.911	-13.005	-13.716	84.713
	B	24.992	25.194	64.320	-26.014	-25.812	98.131
	C	25.673	25.340	111.924	-24.005	-24.338	64.175
	D	11.423	12.349	83.370	-15.422	-14.496	14.507
7	A	17.613	16.776	-3.796	-13.278	-13.115	103.035
	B	29.657	29.933	69.426	-31.610	-31.334	115.528
	C	31.114	30.662	132.307	-27.947	-28.399	67.991
	D	10.180	11.254	100.334	-16.965	-15.891	11.718
6	A	18.537	18.537	-10.805	-14.876	-14.876	122.708
	B	33.542	33.542	73.070	-34.943	-34.943	134.364
	C	34.141	34.141	154.411	-31.878	-31.878	70.018
	D	12.853	12.853	118.342	-17.490	-17.490	7.927
5	A	20.238	20.464	-15.269	-16.567	-16.330	143.836
	B	37.008	36.928	75.886	-38.409	-38.489	154.029
	C	37.482	37.613	177.609	-35.219	-35.088	70.951
	D	14.389	14.086	137.538	-19.026	-19.328	2.948
4	A	27.663	27.446	-31.574	-24.560	-24.776	168.793
	B	51.603	51.560	76.732	-52.776	-52.819	175.669
	C	51.347	51.437	203.573	-49.451	-49.360	69.237
	D	21.798	21.974	159.880	-25.557	-25.557	-5.188
3	A	29.932	29.293	-47.631	-24.985	-25.624	197.974
	B	56.856	57.128	74.574	-59.187	-58.915	199.398

COMBINAISON		(0	(0.0)P+(1.0)E	(0.8)G+(0.0)F+(-1.0)E			
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
14	A	3.773	2.069	3.110	-1.540	-0.792	5.032
	B	3.346	1.845	8.035	-4.288	-2.265	8.602
	C	4.442	2.329	9.579	-3.075	-1.719	8.710
	D	1.006	0.507	5.423	-4.005	-2.191	3.802
13	A	5.673	3.999	4.503	-4.236	-2.607	11.047
	B	6.883	4.527	14.457	-7.356	-4.966	16.389
	C	7.353	4.993	18.312	-6.668	-4.355	15.354
	D	3.726	2.199	11.580	-5.621	-4.032	6.061
12	A	7.419	5.968	4.596	-8.028	-5.034	18.398
	B	9.442	7.762	20.477	-9.832	-8.048	24.552
	C	9.833	8.019	27.613	-9.195	-7.550	21.376
	D	5.426	4.584	18.870	-7.259	-5.795	7.231
11	A	8.435	8.119	3.617	-5.882	-6.198	27.021
	B	12.148	12.223	25.628	-12.929	-12.854	33.393
	C	12.853	12.728	37.834	-11.571	-11.697	26.313
	D	4.945	5.364	27.182	-8.254	-7.835	7.534
10	A	9.828	9.828	1.182	-7.906	-7.906	37.167
	B	15.216	15.216	29.788	-15.848	-15.848	43.185
	C	15.643	15.643	49.269	-14.612	-14.612	29.948
	D	6.939	6.939	36.728	-9.410	-9.410	6.668
9	A	11.489	11.489	-2.576	-9.568	-9.568	48.635
	B	18.126	18.126	33.356	-18.757	-18.757	53.568
	C	18.477	18.477	61.524	-17.445	-17.445	32.763
	D	8.470	8.470	47.368	-10.941	-10.941	4.706
8	A	13.094	12.655	-7.617	-11.173	-11.612	61.384
	B	20.937	21.062	36.350	-21.569	-21.444	64.526
	C	21.215	21.009	74.574	-20.184	-20.390	34.783
	D	9.950	10.522	59.070	-12.421	-11.849	1.684
7	A	14.103	13.586	-13.731	-10.806	-11.324	75.294
	B	24.924	25.095	38.181	-26.132	-25.961	76.598
	C	25.587	25.308	89.953	-23.630	-23.910	35.357
	D	9.214	9.878	71.679	-13.407	-12.743	-2.168
6	A	15.053	15.053	-20.937	-12.791	-12.791	90.324
	B	28.103	28.103	38.795	-28.968	-28.968	89.874
	C	28.207	28.207	104.773	-26.809	-26.809	34.446
	D	11.210	11.210	85.154	-14.076	-14.076	-6.858
5	A	16.462	16.608	-29.354	-14.200	-14.054	106.567
	B	30.991	30.941	38.720	-31.856	-31.906	103.840
	C	30.991	31.073	121.506	-29.593	-29.512	32.624
	D	12.490	12.303	99.620	-15.355	-15.542	-12.539
4	A	22.718	22.431	-40.972	-20.801	-21.088	126.001
	B	43.129	43.179	37.003	-43.854	-43.804	119.451
	C	42.585	42.513	140.458	-41.413	-41.485	28.594
	D	18.589	18.907	116.707	-21.020	-20.702	-20.849
3	A	24.126	23.726	-56.520	-21.637	-22.038	148.151
	B	47.773	47.947	31.676	-48.929	-48.755	135.696
	C	47.461	47.173	160.799	-45.557	-45.845	20.454
	D	19.063	19.602	136.011	-22.387	-21.849	-32.335
2	A	23.019	33.404	-70.312	-20.771	-32.280	168.560
	B	24.655	37.521	30.405	-25.731	-38.059	147.884
	C	25.835	37.869	176.364	-24.067	-36.985	17.067
	D	20.123	31.682	154.281	-23.117	-33.179	-42.774

(b)-Batiment (SS+R+3) :

SENS TRANSVERSAL :

COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E												(1.0)G+(1.0)P+(1.2)E			(1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E		
Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)							
5	A	0.290	0.272	1.116	5.364	2.993	-2.542	-4.799	-2.480	4.753							
	B	1.611	1.486	19.363	7.212	4.440	21.717	-4.095	-1.648	16.001							
	C	-4.356	-3.533	10.747	-0.929	-1.537	11.278	-7.567	-5.111	9.699							
4	A	0.306	0.230	3.122	9.698	6.489	-9.370	-9.121	-6.056	15.363							
	B	1.671	1.280	42.825	12.039	8.183	50.623	-8.893	-5.774	31.243							
	C	-3.974	-2.528	24.619	2.405	1.718	26.222	-9.885	-6.476	20.869							
3	A	0.629	0.509	5.834	13.767	11.259	-21.134	-12.584	-10.301	32.232							
	B	3.498	2.902	65.319	19.192	15.740	83.297	-12.608	-10.278	40.906							
	C	-6.908	-5.148	38.753	0.436	0.831	42.334	-13.437	-10.520	31.359							
2	A	0.509	0.255	8.962	12.631	18.467	-34.943	-11.672	-17.987	51.928							
	B	2.902	1.451	87.301	16.253	21.649	117.173	-10.791	-18.918	48.402							
	C	-5.148	-2.574	52.984	4.167	11.095	59.289	-13.856	-15.939	41.189							

COMBINAISON (0.8)G+(0.0)P+(1.0)E												(0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E		
N	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)							
5	A	4.432	2.421	-2.199	-4.037	-2.139	3.881							
	B	5.752	3.295	15.453	-3.671	-1.779	10.689							
	C	-0.201	-0.338	8.017	-5.733	-3.316	6.702							
4	A	7.999	5.346	-8.411	-7.682	-5.108	12.200							
	B	9.576	6.473	33.253	-7.871	-5.154	17.103							
	C	3.066	2.107	16.773	-7.176	-4.721	12.313							
3	A	11.305	9.247	-18.939	-10.655	-8.720	25.533							
	B	15.059	12.341	54.473	-11.441	-9.340	19.147							
	C	2.208	2.067	26.425	-9.353	-7.391	17.279							
2	A	10.389	15.321	-31.282	-9.863	-15.057	41.111							
	B	12.769	17.653	76.832	-9.768	-16.152	19.523							
	C	4.848	9.933	36.753	-10.172	-12.595	21.669							

S E N S L O N G I T U D I N A L :

COMBINAISON : (1.0)G+(1.2)P+(0.0)E ! (1.0)G+(1.0)P+(1.2)E ! (1.0)G+(1.0)P+(-1.2)E !

Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
5	1	0.440	0.588	1.144	3.610	2.295	-0.014	-2.730	-1.119	2.302
	2	-0.041	0.000	2.619	4.736	2.572	2.782	-4.819	-2.572	2.456
	3	0.000	0.000	2.495	4.777	2.572	2.495	-4.777	-2.572	2.495
4	1	0.661	0.398	3.766	6.480	4.278	-0.141	-5.150	-3.481	7.674
	2	0.000	0.000	8.267	8.768	5.845	8.816	-8.768	-5.845	7.718
	3	0.000	0.000	8.008	8.768	5.845	8.008	-8.768	-5.845	8.008
3	1	1.088	0.792	6.442	8.180	6.595	-1.643	-6.004	-5.010	14.528
	2	0.000	0.000	13.862	12.322	10.081	14.804	-12.322	-10.081	12.919
	3	0.000	0.000	13.522	12.322	10.081	13.522	-12.322	-10.081	13.522
2	1	0.792	0.396	9.140	9.671	13.714	-4.192	-8.086	-12.922	22.472
	2	0.000	0.000	19.434	10.921	16.381	21.248	-10.921	-16.381	17.621
	3	0.000	0.000	19.035	10.921	16.381	19.035	-10.921	-16.381	19.035

COMBINAISON : (0.8)G+(0.0)P+(1.0)E ! (0.8)G+(0.0)P+(-1.0)E !

Niv	Pot	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)	Msup(tm)	Minf(tm)	Ncum(t)
5	1	3.994	1.893	-0.050	-2.290	-0.952	1.880
	2	3.948	2.144	2.231	-4.014	-2.144	1.959
	3	3.981	2.144	1.996	-3.981	-2.144	1.996
4	1	5.378	3.551	-0.243	-4.320	-2.914	6.269
	2	7.307	4.871	7.071	-7.307	-4.871	6.156
	3	7.307	4.871	6.407	-7.307	-4.871	6.407
3	1	6.781	5.469	-1.584	-5.039	-4.201	11.892
	2	10.268	8.401	11.875	-10.268	-8.401	10.304
	3	10.268	8.401	10.817	-10.268	-8.401	10.817
2	1	8.033	11.415	-3.798	-6.765	-10.781	18.422
	2	9.101	13.651	17.059	-9.101	-13.651	14.036
	3	9.101	13.651	15.228	-9.101	-13.651	15.228

SECTEUR TRANSVERSAL

(a)-Batiment (SS+R+12) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
14	3.110	3.773	121.32	S.P.C	0.000	3.107	206.54
13	4.503	5.673	125.98	S.P.C	0.000	4.693	206.54
12	4.596	7.419	161.42	S.P.C	0.000	6.295	206.54
11	3.617	8.435	233.20	S.P.C	0.000	5.426	206.54
10	1.182	9.828	831.47	S.P.C	0.000	6.676	206.54
9	-2.576	11.489	446.00	S.P.C	0.000	8.267	206.54
8	1.684	12.421	737.59	S.P.C	0.000	8.415	206.54
7	-2.168	13.407	618.40	S.P.C	0.000	7.003	206.54
6	-6.858	14.076	205.25	S.P.C	0.000	7.866	206.54
5	-12.539	15.542	123.95	S.P.C	0.000	9.242	206.54
4	-20.849	21.020	100.82	S.P.C	0.000	12.935	206.54
3	20.454	45.345	224.14	S.P.C	0.000	17.309	206.54
2	17.067	36.985	216.70	S.P.C	0.000	13.902	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
14	14.878	5.583	37.53	S.P.C	0.000	3.338	206.54
13	28.574	8.968	31.39	S.P.C	1.455	4.808	206.54
12	42.942	11.933	27.79	S.P.C	11.575	5.922	206.54
11	58.377	15.691	26.88	S.P.C	0.000	4.063	206.54
10	75.252	18.987	25.23	S.P.C	6.612	4.312	206.54
9	93.111	22.388	24.04	S.P.C	15.143	4.500	206.54
8	111.924	25.673	22.94	S.P.C	23.740	4.495	206.54
7	132.307	31.114	23.52	S.P.C	6.218	0.372	184.22
6	154.411	34.141	22.11	S.P.C	16.908	-0.936	179.38
5	177.609	37.613	21.18	S.P.C	27.935	-2.121	176.17
4	203.473	51.437	25.28	S.P.C	37.826	1.734	190.29
3	232.663	57.734	24.81	S.P.C	31.152	-2.708	176.49
2	257.227	45.890	17.84	S.P.C	45.787	-11.028	155.91

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
5	-2.199	4.432	201.55	S.P.C	0.000	4.367	206.54
4	-8.411	7.999	95.10	S.P.C	0.000	8.425	206.54
3	17.279	9.353	54.13	S.P.C	0.000	4.467	206.54
2	19.523	16.152	82.73	S.P.C	0.000	8.919	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
5	21.717	7.212	33.21	S.P.C	0.000	4.006	206.54
4	50.623	12.039	23.78	S.P.C	13.842	5.108	206.54
3	83.297	19.192	23.04	S.P.C	8.720	3.494	206.54
2	117.173	21.649	18.48	S.P.C	27.336	0.943	188.07

SENE LONGITUDINAL

(SS+R+12) :

	N(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
	0.336	3.281	976.49	S.P.C	0.000	2.992	206.54
	-0.181	6.136	3390.06	S.P.C	0.000	5.695	206.54
	-1.520	8.346	549.08	S.P.C	0.000	7.902	206.54
	3.261	9.501	291.35	S.P.C	0.000	6.207	206.54
	3.705	11.789	318.19	S.P.C	0.000	7.741	206.54
	4.019	14.015	348.72	S.P.C	0.000	9.248	206.54
6	4.208	16.179	384.48	S.P.C	0.000	10.726	206.54
7	4.188	18.433	440.14	S.P.C	0.000	8.826	206.54
6	3.950	20.631	522.30	S.P.C	0.000	9.961	206.54
5	3.571	22.749	637.05	S.P.C	0.000	11.071	206.54
4	2.847	31.808	1117.25	S.P.C	0.000	15.720	206.54
3	7.803	34.573	443.07	S.P.C	0.000	13.892	206.54
2	13.294	33.571	252.53	S.P.C	0.000	12.860	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
14	1.918	3.055	159.28	S.P.C	0.000	2.589	206.54
13	6.005	5.784	96.32	S.P.C	0.000	4.611	206.54
12	12.201	7.883	64.61	S.P.C	0.000	5.792	206.54
11	20.347	8.652	42.52	S.P.C	0.000	3.623	206.54
10	30.953	10.751	34.73	S.P.C	0.000	3.840	206.54
9	43.710	12.793	29.27	S.P.C	0.000	3.766	206.54
8	58.555	14.806	25.29	S.P.C	0.000	3.429	206.54
7	75.318	15.566	20.67	S.P.C	0.000	-0.859	174.41
6	93.987	17.432	18.55	S.P.C	0.000	-2.138	167.12
5	114.665	19.230	16.77	S.P.C	1.154	-3.712	161.00
4	140.592	27.268	19.40	S.P.C	11.831	-2.780	170.03
3	175.642	28.212	16.06	S.P.C	11.393	-8.487	150.66
2	207.918	37.163	17.87	S.P.C	24.349	-8.618	156.01

(b)-Batiment (SS+R+3) :

Niv	Nmin(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
5	-0.050	2.994	5988.00	S.P.C	0.000	2.774	206.54
4	-0.243	5.378	2213.17	S.P.C	0.000	5.002	206.54
3	-1.584	6.781	428.09	S.P.C	0.000	4.887	206.54
2	-3.798	11.415	300.55	S.P.C	0.000	8.358	206.54

Niv	Nmax(t)	Mcor(tm)	E0(cm)	sect	Ac(cm ²)	At(cm ²)	SIGbadm
5	2.782	4.736	170.24	S.P.C	0.000	4.037	206.54
4	8.816	8.768	99.46	S.P.C	0.000	7.025	206.54
3	14.804	12.322	83.23	S.P.C	0.000	6.815	206.54
2	22.472	12.922	57.50	S.P.C	0.000	6.336	206.54

- Ferrailage adopté :

. Batiment (SS + R + 12) :

Niv.	Sens transversal		Sens longitudinal	
	Ac=At (cm ²)	A tot (cm ²)	Ac=At (cm ²)	Atot (cm ²)
14	3,107	6,214	2,992	5,984
13	4,693	9,386	5,695	11,390
12	11,575	23,150	7,902	15,804
11	5,426	10,852	6,207	12,414
10	6,676	13,352	7,741	15,482
9	15,143	30,286	9,248	18,496
8	23,740	47,480	10,726	21,452
7	7,003	14,006	8,826	17,652
6	16,908	33,816	9,961	19,922
5	27,935	55,870	11,071	22,142
4	37,826	75,652	15,720	31,440
3	31,152	62,304	13,892	17,784
2	45,787	91,574	24,349	48,698

. Batiment (SS + R + 3) :

Niv	Sens transversal		Sens longitudinal	
	Ac=At (cm ²)	A total (cm ²)	Ac = At (cm ²)	A total
5	4,367	8,734	2,774	5,548
4	13,842	27,684	5,002	10,004
3	8,720	17,440	4,887	9,774
2	17,336	54,672	8,358	16,716

/ FERRAILLAGE DES POUTRES SOLIDAIRES AUX SOMMETS DES PÔTEAUX DU SOUS-SOL /

Les poutres considérées ne sont soumises qu'à leur poids propre.

Les moments dans les poutres (en travées et aux appuis) seront calculés suivant la méthode de caquot. Les résultats sont groupés dans les tableaux suivants :

(a) - Batiment (SS + R + 12) :

- Sens transversal :

Travée	q (t/ml)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_t (t.m)
A - B	0,375	0,44	0,47	0,35
B - C	0,375	0,30	0,31	0,16
C - D	0,375	0,59	0,56	0,44

- Sens longitudinal :

Travée	q (t/ml)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_t (t.m)
1 - 2	0,375	0,25	0,30	0,19
2 - 3	0,375	0,47	0,49	0,33
3 - 4	0,375	0,58	0,49	0,39

(b) - Batiment (SS + R + 3) :

- Sens transversal :

Travée	q (t/ml)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_t (t.m)
A - B	0,3	0,07	0,47	0,05
B - C	0,3	0,86	0,74	0,83

- Sens longitudinal :

Travée	q (t/ml)	M_w (t.m)	M_e (t.m)	M_t (t.m)
1 - 2	0,375	0,37	0,45	0,34
2 - 3	0,375	0,45	0,45	0,30
3 - 4	0,375	0,45	0,45	0,30

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.

• Méthode de calcul :

1- Calculer le "moment résistant - béton Mrb" :

$$M_{rb} = \mu_{rb} \cdot \sigma_b \cdot b \cdot h^2 \cdot \bar{\sigma} \quad \text{avec } \mu_{rb} = \frac{1}{2} \bar{\alpha} \left(1 - \frac{\bar{\alpha}}{3} \right) \quad \text{où } \bar{\sigma} = \frac{15 \sigma_b'}{15 \sigma_b' + \sigma_a}$$

• Si M Mrb $\begin{cases} \lambda = 0,11 \\ A = \frac{M}{\bar{\sigma} h \sigma_a} \end{cases}$ avec $\bar{\sigma} = 1 - \frac{\bar{\alpha}}{3}$

• Si M Mrb $\begin{cases} \lambda' = \frac{M - M_{rb}}{\sigma_a' \cdot (h - d')} \\ A = \frac{M_{rb}}{\bar{\sigma} h \cdot \sigma_a} + \lambda' \cdot \frac{\sigma_a'}{\sigma_a} \end{cases}$ avec $\sigma_a' = 15 \sigma_b' \frac{\bar{\alpha} - \delta'}{\bar{\alpha}}$; $(\delta' = \frac{d'}{h})$

$$\sigma_b' = 137,7 \text{ kg/cm}^2, \quad \sigma_a = 2800 \text{ kg/cm}^2$$

• Batiment (SS + R + 12) :

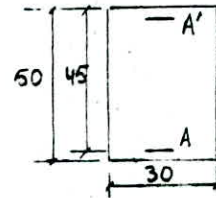
• Sens transversal :

• En travée :

$$M = 0,44 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,41 \text{ cm}^2) \end{cases}$$

• Aux appuis :

$$M = 0,59 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,55 \text{ cm}^2) \end{cases}$$



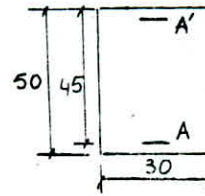
• Sens longitudinal :

• En travée :

$$M = 0,39 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,46 \text{ cm}^2) \end{cases}$$

• Aux appuis :

$$M = 0,58 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,67 \text{ cm}^2) \end{cases}$$



• Batiment (SS + R + 3) :

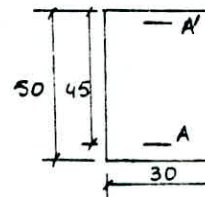
• Sens transversal :

• En travée :

$$M = 0,83 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,77 \text{ cm}^2) \end{cases}$$

• Aux appuis :

$$M = 0,86 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,80 \text{ cm}^2) \end{cases}$$



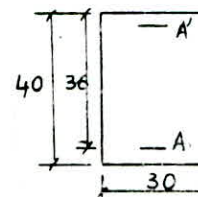
• Sens longitudinal :

• En travée :

$$M = 0,34 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,3 \text{ cm}^2) \end{cases}$$

• Aux appuis :

$$M = 0,45 \text{ t.m} \quad \begin{cases} (A' = 0) \\ (A = 0,42 \text{ cm}^2) \end{cases}$$



Ayant adopté d'une part le ferrailage des poteaux des structures sans appuis antisismiques, d'autre part le ferrailage des poteaux et des poutres solidaires aux sommets des poteaux du sous-sol, on cherche à estimer la variation du volume d'acier ds les deux cas étudiés.

$$\text{Volume total d'acier : } V = m \frac{\sum_{i=1}^n A}{2} = 1 \text{ tote} \times h_i$$

où .m: nombre de poteau en plan

.n: nombre d'étage

.A_{tot}: section totale d'armature du poteau à l'étage "i"

.h_i: hauteur de l'étage "i".

I- STRUCTURES SANS APPUIS ANTISISMICIQUES :

- Batiment (SS + R + 12) :

. $V = 5,435 \text{ m}^3$ _____ sens transversal

. $V = 4,407 \text{ m}^3$ _____ sens longitudinal

. $V_{\text{tot}} = 9,842 \text{ m}^3$.

- Batiment (SS + R + 3) :

. $V = 1,867 \text{ m}^3$ _____ sens transversal

. $V = 0,523 \text{ m}^3$ _____ sens longitudinal

. $V_{\text{tot}} = 2,390 \text{ m}^3$.

II- STRUCTURES SUR APPUIS ANTISISMICIQUES :

- Batiment (SS + R + 12) :

+ Poteaux :

. $V = 3,764 \text{ m}^3$ _____ sens transversal

. $V = 2,094 \text{ m}^3$ _____ sens longitudinal.

+ Poutres :

. $V = 7,43 \cdot 10^{-3}$ _____ sens transversal

. $V = 9,64 \cdot 10^{-3}$ _____ sens longitudinal

. $V_{\text{tot}} = 5,875 \text{ m}^3$

- Batiment (SS + R + 3) :

+ Poteaux :

. $V = 0,713 \text{ m}^3$ _____ sens transversal

. $V = 0,276 \text{ m}^3$ _____ sens longitudinal

+ Poutres :

. $V = 8,20 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ _____ sens transversal

. $V = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ _____ sens longitudinal

$$V_{\text{tot}} = 1,002 \text{ m}^3$$

- Variation du volume d'acier :

- Batiment (SS + R + 12) :

. $V_{\text{tot}} (\text{avec appuis}) = 60\% V_{\text{tot}} (\text{sans appuis})$

On constate qu'on a une réduction de 40% du volume total d'acier.

- Batiment (SS + R + 3) :

. $V_{\text{tot}} (\text{avec appuis}) = 42\% V_{\text{tot}} (\text{sans appuis})$.

On constate qu'on a une réduction de 58% du volume total d'acier.

CONCLUSION

La présence des appuis antisismiques a fait que le volume d'aciers a diminué de 40% pour le bâtiment élancé et de 58% pour le bâtiment à faible hauteur.

Le pourcentage différent de la diminution du volume d'acier pour les deux structures, est dû au fait que le spectre de réponse d'accélération du règlement parasismique Algérien (RPA 81), présente pour de fortes périodes des faibles variations, et pour des faibles périodes, des grandes variations.

Il convient donc de dire, que la diminution des forces sismiques sera d'autant plus grande pour les bâtiments à faibles hauteurs que les bâtiments élancés, lorsqu'on utilise les appuis antisismiques.

Les structures étaient calculées en comportement élastique linéaire, mais compte-tenu d'une réduction forfaitaire, définie par le coefficient de ductilité, qui réduit les efforts en raison du comportement réel avec déformation plastique.

Pour les structures étudiées, la présence des appuis antisismiques a conduit à une diminution sensible des efforts dans les poteaux, d'où diminution des armatures, ainsi que diminution des dégradations secondaires (remplissage, mobilier...).

En ce qui concerne les déplacements réels, l'utilisation d'une méthode exacte (méthode d'intégration pas à pas, ou autres) est nécessaire pour connaître ces déplacements avec précision, surtout les déplacements de la base pour garantir la sécurité des appuis antisismiques.

Nous souhaitons d'étendre l'étude sur d'autres types de bâtiments, en faisant varier le nombre de niveau ainsi que les bâtiments contreventés par voiles.

BIBLIOGRAPHIE

- Dynamique des structures. Tome 1. (R.W. CLOUGH et J. PENZIEN).
- Calcul dynamique des structures en zone sismique (A. CAPRA et V. DAVITTOVICI)
- Calcul des structures parasismiques (TZENOV et BONNEVILLE).
- Conception et calcul des structures soumises aux seismes (DAOUDI-SALHI-RILI).
- Règlement parasismique Algerien -RPA 81 (V.83)-.
- Dynamique des structures et sismologie de l'Ingénieur (L. DOBRESCU et A. DOBRESCU).
- Calcul des ouvrages en B.A (BELAZOUGUI).
- Règles CCBA68.
- Calcul et vérification des ouvrages en B.A (P.CHARON).
- Les appuis antisismiques (F.JOLIVET).
- Evolution des appuis en élastomère en vue de leur rôle de protection parasismique (P.XERCAVINS).

