

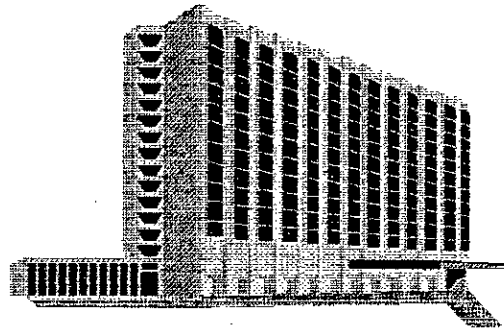
9/99
REPUBLIQUE ALGEREINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

المدرسة الوطنية المتعددة التخصصات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT : *GENIE CIVIL.*
EL-HARRACH _ ALGER.

PROJET DE FIN D'ETUDE.



THEME

ETUDE D'UN BATIMENT TOUR (R+14)
CONTREVENTE PAR VOILES.

PROPOSE PAR : M^{ER} GUECEM : Génie sider.

DIRIGE PAR : M^{ME} CHEIKH.

ETUDIE PAR : M^{elle} BENSALMA LEILA

PROMOTION 1999.

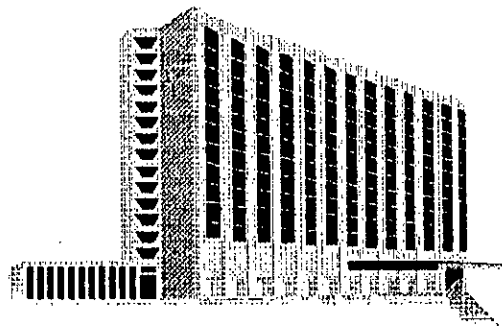
REPUBLIQUE ALGEREINNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE.



ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
DEPARTEMENT : *GENIE CIVIL.*
EL-HARRACH _ ALGER.

PROJET DE FIN D'ETUDE.



THEME

ETUDE D'UN BATIMENT TOUR (R+14+S.S)
CONTREVENTE PAR VOILES.

PROPOSE PAR :

M^{ER} GUECEM : Génie sider.

DIRIGE PAR :

M^{ME} CHEIKH.

ETUDIE PAR :

M^{elle} BENSALMA LEILA

PROMOTION 1999.

REMERCIEMENT

J'EXPRIME MA SINCERE RECONNAISSANCE ET MA PROFONDE GRATITUDE A MON PERE QUI A FAIT TOUT CE QUI ETAIT DANS SON POUVOIR AFIN DE SIMPLIFIER LA REALISATION DE MON PROJET

JE TIENS A REMERCIER EN PARTICULIER MA PROMOTRICE M^{ME} CHIKH ET M^{ER}. GUECEM " GENIE SIDER" POUR LEURS CONSEILS PRECIEUX ET POUR LEURS AIDES PERMANENTES

TOUS MES REMERCIEMENTS VONT AUSSI AUX :

- *ENSEIGNANTS QUI ONT PARTICIPE A MA FORMATION*
- *AUX PERSONNELS DE LA BIBLIOTHEQUE*

DEDICACES

A MES CHERS PARENTS

A MES FRERES ET SCEURS, EN PARTICULIER

FAMINE

A MES SCEURS QUI J'AI CONNU A "ENP" ET A "EL-ALIA"

HAKIMA ; SAIDA ; SAADIA ; NAIMA ; DALILA ; FAIZA

A TOUS CEUX QUI ME SONT TRES CHERS A
MON CŒUR

JE DEDIE CE MODESTE
TRAVAIL

BENSALMA
LEILA

ملخص :

يقوم هذا العمل على الدراسة السكونية والشاملة لعمارة ذات طابع سكني متكونة من (R+14) مساهمة بواسطة حدران مسلحة في منطقة ذات درجة زلزالية متوسطة. لقد تمت دراسة هذه العمارة مشروع وفقا لقانون احكامات المساحة (BAEL 91) مع الاحتساب الواسع من القوانين الواردة بالقانون الجزائري لمقاومة الزلازل "RPA 88".

RESUME

CE TRAVAIL CONSISTE A L'ETUDE D'UN BATIMENT TOUR A USAGE D'ABITATION (R+14+S.S) CONTREVENTE PAR VOILES, IMPLANTE SUR UNE ZONE DE MOYENNE SEISMITE

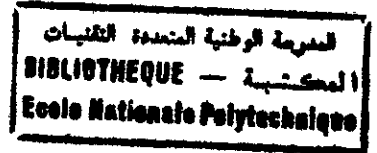
NOTRE ETUDE EST REALISEE CONFORMEMENT AUX REGLEMENTS DONNES PAR LES «B.A.E.L 91», TOUT EN RESPECTANT LES RECOMMANDATIONS IMPOSEES PAR LE RAGLEMENT PARASISMIQUE ALGERIEN «R.P.A 88»

ABSTRACT :

THE AIM OF THIS WORK CONSIST ON A COMPLET AND STATIC STUDY OF HABITATION BUILDING (R+14+S.S) CONTREVENTED SHEAR WALLS, ACCEDING TO THE CODE OF PRACTICE OF RENFORCED CANCREAT(B.A.E.L 91),THE RECOMMENDATION OF THE ALGERIAN CODE (R.P.A 88) ARE ALSO TAKEN INTO ACCOUNT

OVER PROJECT BUILT IN A MEDIUME SISMIC AREA II

SOMMAIRE



CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'OUVRAGE

- I. INTRODUCTION 2
- II. CARACTERISTIQUES 2

CHAPITRE II : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

- I. BETON 6
- II. ACIER 7

CHAPITRE III : BASES DE CALCUL AUX ETATS LIMITES

- I. NOTION D'ETAT LIMITE 9
- II. ETAT LIMITE ULTIME 9
- III. ETAT LIMITE DE SERVICE 10

CHAPITRE IV : POIDS DU BATIMENT

- I. PREDIMENSIONNEMENT 11
- II. CHARGES ET SURCHARGES 12
- III. POIDS DU BATIMENT 14

CHAPITRE V : FERRAILLAGE DES ELEMENTS

- I. DALLES 18
- II. ESCALIER 25

CHAPITRE VI : CARACTERISTIQUE DES VOILES

- I. INERTIES DES REFENDS 30
- II. CENTRE DE MASSE ET CENTRE DE TORSION 35

CHAPITRE VII : ETUDE DYNAMIQUE

- I. OBJECTIF DE L'ETUDE DYNAMIQUE 37
- II. MODILISATION 37
- III. CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES DE MODELE 37
- IV. DETERMINATION DES VECTEURS PROPRES 38

CHAPITRE VIII : ETUDE SISMIQUE

- I. ETUDE SISMIQUE 54

CHAPITRE IX : *ETUDE DES VOILES SOUS CHARGEMENT*

<i>I.</i>	<i>REPARTITION DES EFFORTS HORIZONTALES</i>	59
<i>II.</i>	<i>ETUDE DES VOILES SOUS CHARGEMENT</i>	61
	<i>1. SOUS CHARGE HORIZONTALE</i>	61
	<i>2. SOUS CHARGE VERTICALE</i>	69
	<i>3. COMBINAISON DES CHARGES</i>	69

CHAPITRE X : *FERRAILLAGE DES VOILES*

<i>I.</i>	<i>FERRAILLAGE DES LINTEAUX</i>	76
<i>II.</i>	<i>FERRAILLAGE DES TRUMEAUX</i>	84

CHAPITRE XI : *FONDATIONS*

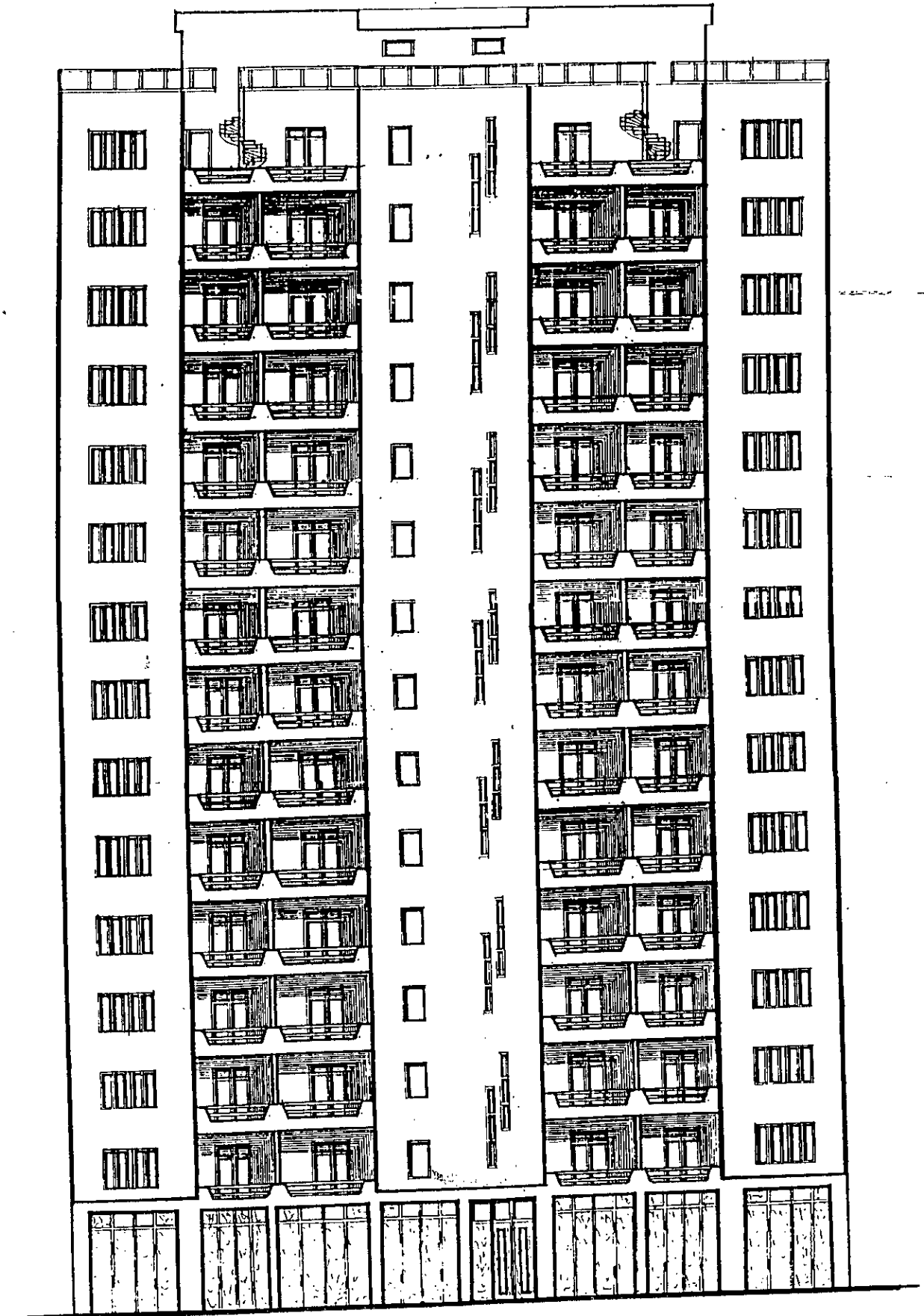
<i>I.</i>	<i>DEFINITION</i>	95
<i>II.</i>	<i>CHOIX DU TYPE DE FONDATION</i>	95
<i>III.</i>	<i>JUSTIFICATION DE CHOIX</i>	95
<i>IV.</i>	<i>PRINCIPE DE CALCUL DE RADIER</i>	96

CHAPITRE XII *ANNEXE*

<i>I.</i>	<i>ABRQUE UTILISE DANS LE CALCUL DES ELEMENTS DE REFENDS</i>
<i>II.</i>	<i>PROGRAMME DE LA MEYHDE DE STODOLA</i>

C
H
A
P
I
T
R
E

PRESENTATION
DE
L'OUVRAGE.



PRESENTATION DE L'OUVRAGE

I. INTRODUCTION :

L'étude qui nous a été confiée porte sur le calcul des éléments résistants en béton armé d'une tour R+14+S-S à usage d'habitation. Cette tour sera implantée à *BEJAIA*, zone de moyenne sismicité «zone II d'après les RPA 88 ».

II. CARACTERISTIQUES :

La tour comporte un sous-sol dont la hauteur est de 4 m. Réalisé en voiles périphériques qui constituent le cuvelage étanche, il forme l'encastrement rigide de l'édifice.

Les planchers sont constitués par des dalles pleines en béton armé assurant une grande rigidité horizontale. Celui du sous-sol est calculé comme un radier puisqu'il joue le rôle de fondation pour la structure.

La structure est contreventée par voiles dans les deux directions assurant une stabilité du bâtiment lors d'un séisme ou bien d'un vent, et une bonne résistance aux sollicitations dues aux charges verticales.

L'accès entre étages est assuré par deux ascenseurs du R.D.C. jusqu'au 14^{ème} étage, plus deux (2) cages d'escaliers, Au 14^{ème} étage, on a des escaliers tournant.

Pour la maçonnerie : on a des briques de 25 cm pour les panneaux extérieurs, de 10 cm pour les murs intérieurs, de 15 cm pour les loggias.

1. DIMENSIONS DE L'OUVRAGE :

Largeur totale	27,80 m
Longueur totale	30,06 m
Hauteur d'étage	3,01 m
Hauteur de bâtiment	48,16 m

2. DECROCHEMENT :

La forme en plan du bâtiment étudié, symétrique, proche d'un rectangle, présente des parties en retrait :

Sur sa largeur : 1,50 m

Sur sa longueur : 2,75 m

Et un décrochement en élévation (14^{ème} étage) : 3.66 m

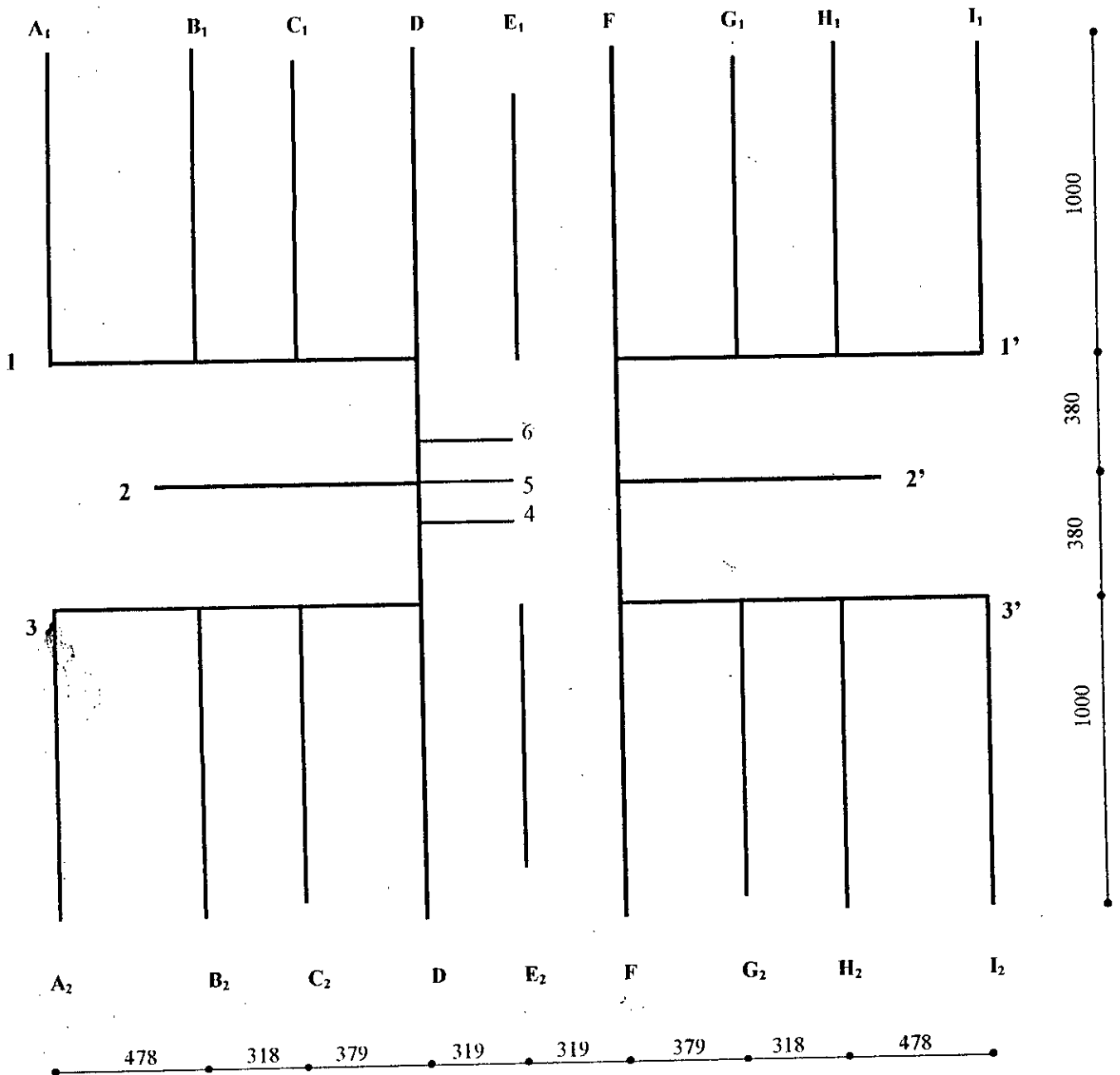


Fig I-1 : VUE EN PLAN DE L'ETAGE COURANT

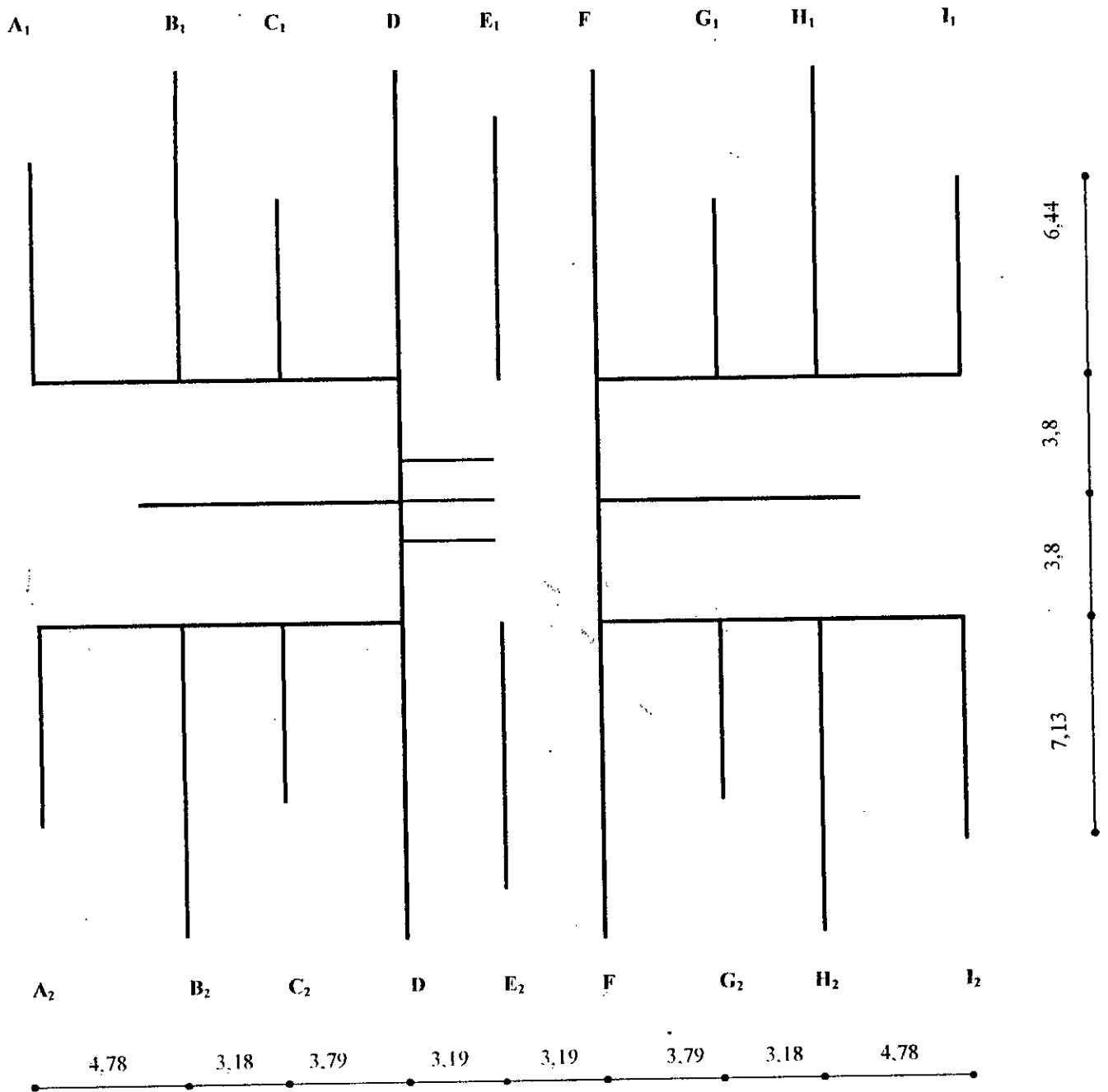


Fig 1-2 : VUE EN PLAN DE NIVEAU 14

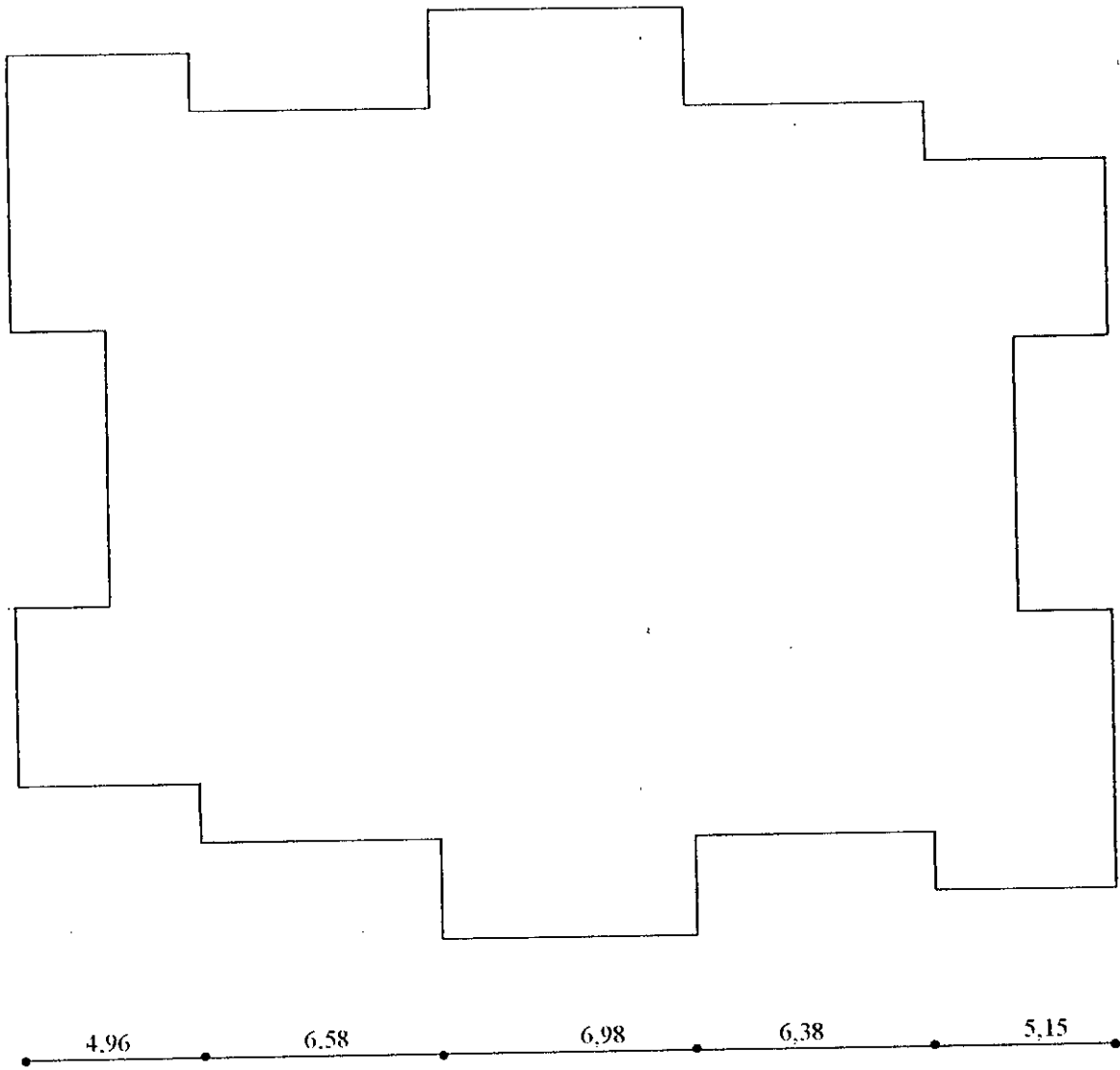


Fig I-3 : VUE EN PLAN DE LA TERRASSE

C
H
A
P
I
T
R
E

| CARACTERISTIQUES
|
| DES
MATERIAUX.

CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX

I. BETON :

I-1 DEFINITION :

Le béton est un matériau artificiel obtenu en mélangeant convenablement : ciment, liant, agrégats (gravier et sables), et eau.

Les qualités d'un béton sont celles qui permettent :

- La mise en place facile du béton "ouvrabilité",
- L'obtention d'une résistance mécanique élevée à la compression,
- Une imperméabilité et une absence de réaction chimique sur l'acier,
- Un retrait minimum.

I-2 RESISTANCES MECANIQUES DU BETON :

Le béton est caractérisé par sa résistance à la compression et à la traction mesurée en général à 28 jours d'âge.

A) RESISTANCE CARACTERISTIQUES :

f_{c28} : résistance caractéristique du béton à la compression à 28 jours en (MPa)

- Résistance caractéristique du béton à la compression à J jours :

$$f_{cj} = 0,685 f_{c28} \log (J+1) \quad (\text{MPa}).$$

Si $J \geq 60$ jours : $f_{cj} = 1,1 f_{c28}$.

- Résistance caractéristique à la traction :

$$f_{tj} = 0,6 + 0,06 f_{cj} \quad (\text{MPa}).$$

B) DIAGRAMMES, CONTRAINTES - DEFORMATIONS :

A – ÉTAT LIMITE ULTIME : On utilise le diagramme parabole – rectangle «P-R», la parabole a un sommet pour $\zeta = 2 \%$. C'est le domaine de «la compression pure», le palier horizontal « $2 \% \leq \zeta \leq 3,5 \%$ ». On a une compression avec flexion.

f_{bu} : Contrainte de compression à ELU.

γ_b : Coefficient de sécurité.

$$\gamma_b = 1,15 \quad \text{Situation accidentelle.}$$

$$\gamma_b = 1,5 \quad \text{Situation durable.}$$

$$f_{bu} = 0,85 \times f_{c28} / \gamma_b$$

Le coefficient 0,85 a pour objet de tenir compte du fait que la résistance du béton est fonction décroissante de la durée d'application de la charge.

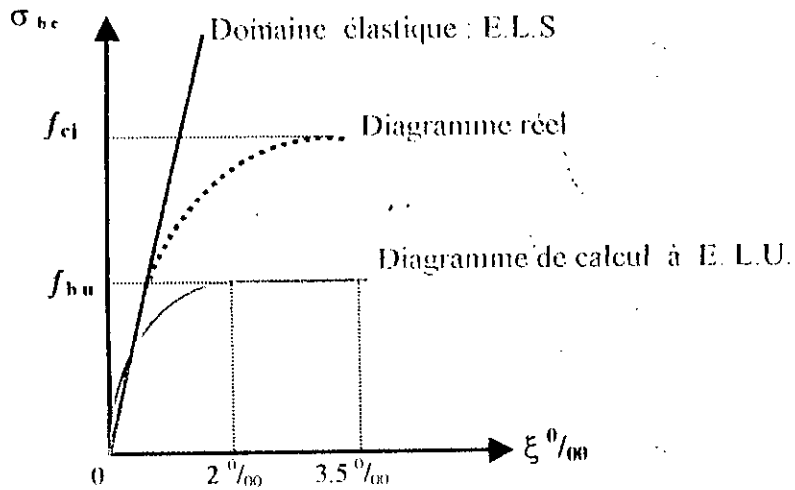


Fig II-1 : DIAGRAMME CONTRAINTE-DEFORMATION « ELU »

Remarque

Dans le cas d'une section partiellement comprimée, on peut utiliser un diagramme rectangulaire simplifié défini ci après :

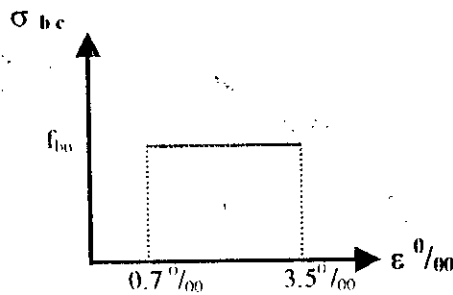


Fig II-2 : DIAGRAMME RECTANGULAIRE SIMPLIFIE

B - ETAT LIMITE DE SERVICE : Le béton a un comportement linéaire élastique.

$$\sigma_s = E_s \zeta_s$$

II. ACIER :

Les armatures doivent être conformes aux tests réglementaires, pour cet ouvrage on utilise des armatures à haute adhérence de type 1 de nuance FeE 40.

I-I DIAGRAMMES, CONTRAINTES - DEFORMATIONS :

ELU

ζ_s : Allongement relatif de l'acier, limité à $10‰$

E_s : Module d'élasticité longitudinale prise égale à $2,10^5$ MPa.

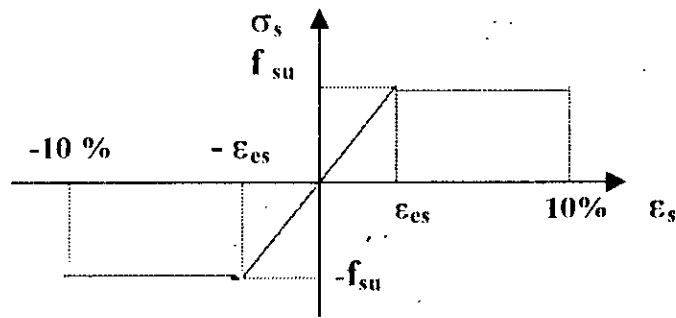
f_c : Limite d'élasticité garantie

γ_s : Coefficient de sécurité.

$\gamma_s = 1$ Situation accidentelle.

$\gamma_s = 1,15$ Situation durable.

$f_{su} = f_c / \gamma_s$ contraint admissible à l'ELU



Fig(II-3) : Diagrammes contraintes - déformations

ELS : L'acier a un comportement linéaire élastique.

$$\sigma_s = E_s \zeta_s$$

I-2 CONTRAINTE ADMISSIBLE :

$$\sigma_s \leq \text{Min} (2/3 f_e, 150 \eta) \quad \text{fissuration préjudiciable.}$$

$$\sigma_s \leq \text{Min} (1/2 f_e, 110 \eta) \quad \text{fissuration très préjudiciable.}$$

η : coefficient de fissuration de l'acier : $\eta = 1$ pour les ronds lisses (R.L)

$\eta = 1,6$ pour les aciers à haute adhérence (H.A)

Remarque

Dans le cas d'une fissuration peu nuisible le calcul à l'ELU est suffisant mais il faut vérifier la condition de non-fragilité.

*C
H
A
P
I
T
R
E*



*BASES DE CALCUL
AUX
ETATS LIMITES.*

BASES DE CALCUL AUX ETATS LIMITES

I. NOTION D'ETAT LIMITE : « REGLEMENT BAEL »

Un état limite est un état au-delà duquel la structure, (ou un élément de la structure) est mise hors service, c'est à dire ne répond plus aux fonctions pour lesquelles elle a été conçue.

Les états limites se classent en deux catégories :

A – ETATS LIMITES ULTIMES

Ils sont relatifs à la stabilité ou à la capacité portante :

- Perte d'équilibre statique « basculement »,
- Perte de résistance « rupture »,
- Perte de la stabilité de forme « flambement ».

B – ETATS LIMITES DE SERVICE :

Au-delà desquels ne sont plus satisfaites les conditions normales d'exploitation et de durabilité qui comprennent :

- Etat limite de déformation « flèches »
- Etat limite de compression du béton,
- Etat d'ouverture de fissures pour la sécurité des ouvrages.

II. ETATS LIMITES ULTIMES :

II-1 Hypothèse de calcul : (BAEL A 4.3,2)

- 1 – Hypothèse de BERNOULLI : Conservation des sections planes,
- 2 – Béton tendu négligé,
- 3 – Pas de glissement relatif entre l'acier et le béton,
- 4 – Limitations de déformation relatives,

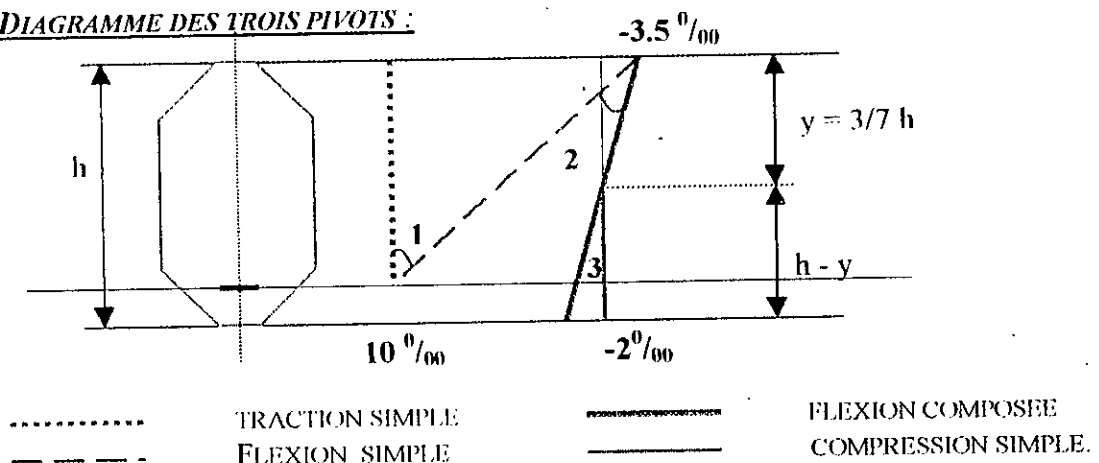
Raccourcissement ultime du béton : $\zeta_{bu} = 3,5 \cdot 10^{-3}$ en flexion.

$\zeta_{bu} = 2 \cdot 10^{-3}$ en compression simple.

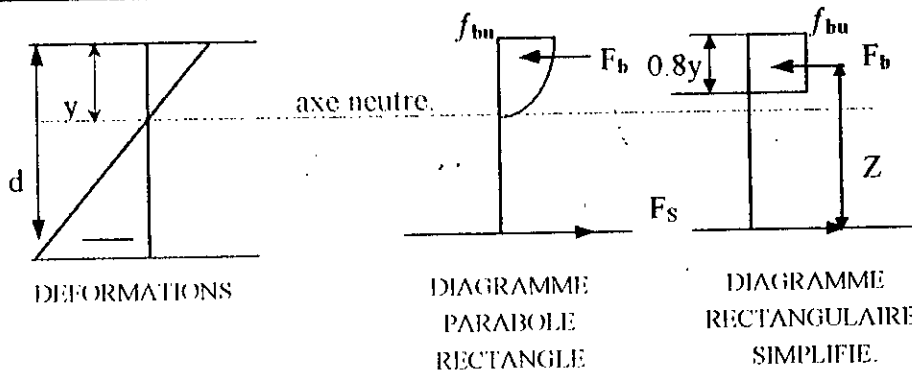
Allongement ultime des armatures : $\zeta_s = 10 \cdot 10^{-3}$.

5 – Les diagrammes linéaires de déformations passent par l'un des trois (3) pivots A, B ou C. (BAEL A 4.3,3)

II-2 DIAGRAMME DES TROIS PIVOTS :



II-3 DIAGRAMMES, CONTRAINTES - DEFORMATIONS : (BAEL A 4.3,4 1)



III. ETATS LIMITES DE SERVICE : (BAEL A 4.5)

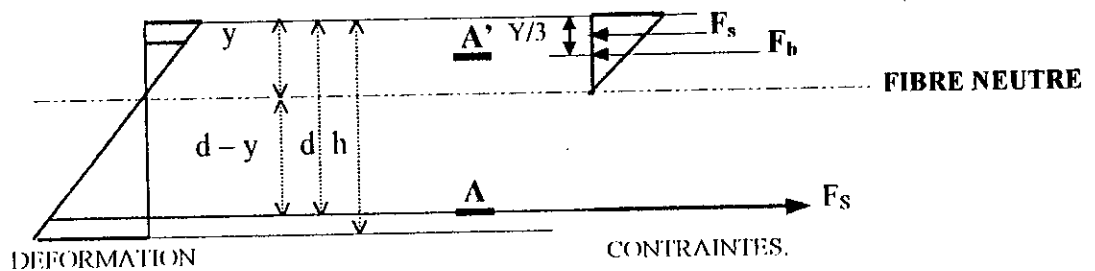
III-1 HYPOTHESES DE CALCUL :

Le béton et l'acier sont considérés comme des matériaux linéairement élastiques :

$$\sigma = E \cdot \zeta$$

- ✓ Le rapport $n = E_s / E_b$ « coefficient d'équivalence » est pris égal à « 15 »
- ✓ Pas de glissement relatif entre l'acier et le béton,
- ✓ Béton tendu négligé,
- ✓ Conservation des sections planes,
- ✓ Non prise en compte du retrait et de fluage,

III-2 DIAGRAMMES, CONTRAINTES - DEFORMATIONS :



C
H
A
P
I
T
R
E

POIDS

DU

BATIMENT.

PREDIMENSIONNEMENT

I. DALLES :

Les planchers à adopter sont des dalles pleines en béton armé. Ils sont plus efficaces vue leur rigidité qui permet de transmettre convenablement et totalement les charges aux voiles.

Pour le prédimensionnement on vérifie les conditions suivantes :

1. Isolation phonique $e \geq 16\text{cm}$
2. Résistance au feu $e \geq 11\text{cm}$
3. Résistance à la flexion

Dalle sur 2 appuis	$l/30 \leq e \leq l/20$
Dalle sur 3 appuis	$l/35 \leq e \leq l/30$
Dalle sur 4 appuis	$l/50 \leq e \leq l/40$

Considérons un panneau dalle : plus grande portée $L = 4.78\text{m}$

- | | | |
|---------------|---|--------------------------------|
| Pour 2 appuis | $15.93\text{ cm} \leq e \leq 23.9\text{ cm}$ | |
| Pour 3 appuis | $13.65\text{ cm} \leq e \leq 15.93\text{ cm}$ | $\Rightarrow e = 20\text{ cm}$ |
| Pour 4 appuis | $09.56\text{ cm} \leq e \leq 11.95\text{ cm}$ | |

II. VOILES :

D'après l'article 4.3.1 des RPA l'épaisseur minimale est de 15cm pour les constructions des groupes d'usage I - II en zone sismique II-III, de plus l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage h_e et des conditions de rigidité aux extrémités

$$a \geq \max (h_e/25, h_e/22, h_e/20)$$

$$a \geq \max (12.04, 13.68, 15.05) \quad \Rightarrow \quad a = 18\text{ cm}$$

III. ESCALIER :

Hauteur de la volée : 1.5 m

Emmarchement : d'après les conditions de dégagement rapide des escaliers, l'embranchement doit être de 1m à 1.5m pour un escalier collectif $\Rightarrow E = 1.25\text{ m}$

Portée horizontale de la volée : $h_v = 2.7\text{ m}$

Nombre de marches : $64n^2 - (64 + 2H + L)n + 2H = 0 \Rightarrow n = 10\text{ marches}$

Hauteur de la marche : $h = h_v/10 = 15\text{ cm}$

Giron : $g = l/(n-1) = 30\text{ cm}$

Vérification de la condition de Blondele :

$$60 \leq g + 2h \leq 65\text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \text{vérifiée}$$

Inclinaison de la paillasse par rapport à l'horizontale :

$$= \arctg (h/g) = \arctg (15/30) = 26.56^\circ$$

Portée de la paillasse : $l = L / \cos\alpha = 3.02\text{ m}$

$$\text{Epaisseur de la paillasse} : l/30 \leq e \leq l/20 \quad \Rightarrow \quad e = 12\text{ cm}$$

CHARGES ET SURCHARGES**I. PANCHER TERRASSE ACCESSIBLE : « NIVEAU 14 »**

Revêtement « 2 cm »	0,02 x 2200 =	44
Mortier de pose (2 cm)	0,02 x 2600 =	40
Couche de sable (2 cm)	0,02 x 1500 =	30
Etanchéité multicouche	=	10
Forme de pente	0,15 x 2000 =	300
Isolation thermique « 4cm »	0,04 x 400 =	16
Dalle pleine « 20 cm »	0,2 x 2500 =	500
Enduit plâtre « 1,5 cm »	0,015 x 1200 =	18
	G_{T14} =	958 kg /m²
	Q_{T14} =	150 kg /m²

II. PANCHER TERRASSE NON ACCESSIBLE : « NIVEAU 14 »

Gravillons « 5 cm »	0,05 x 1500 =	75
Etanchéité multicouche	=	10
Forme de pente	0,15 x 2000 =	300
Isolation thermique	0,04 x 400 =	16
Dalle pleine « 20 cm »	0,2 x 2500 =	500
Enduit plâtre	0,015 x 1200 =	18
	G_{T13} =	919 kg /m²
	Q_{T13} =	100 kg /m²

III. PANCHER TERRASSE COURANT :

Revêtement carrelage « 2 cm »	44
Mortier de pose « 2 cm »	40
Lit de sable « 2 cm »	30
Dalle pleine 20 cm	500
Enduit plâtré 1,5 cm	18
	G = 632 kg /m²
	Q = 175 kg /m²

IV. LOGGIAS :

Revêtement granito	44
Mortier	40
Sable sec	30
Dalle pleine 15 cm	375
Enduit plâtré	30
	G_i = 573 kg /m²
	Q_i = 350 kg /m²

V. ACROTERE :

$$G = S \cdot \delta \cdot l$$

$$= [0,1 \times 0,7 + (0,1)^2] \cdot 2500 = 200 \text{ kg/m.}$$

VI. ESCALIER :

Carrelage granito « 2 cm »	44 kg/m ²
Mortier de pose	40 kg/m ²
Lit de sable	30 kg/m ²
Paillasse 0,12 x 2500 / cos α	335,42 kg/m ²
Marche 2200 x 0,15 / 2	165 kg/m ²
Enduit plâtré	24 kg/m ²

VII. PALIER

Revêtement granito	44
Mortier de pose	40
Lit de sable sec	30
Dalle pleine 15 cm	400
	514 kg / m ² .

POIDS DU BATIMENT**I. POIDS DE PLANCHER :**

	NIVEAU	SURFACE BRUTE.	SURFACE D'OUVERTURE	SURFACE NETTE	POIDS (kN / m ²)	POIDS (kN)
PLANCHER TERRASSE ACCESSIBLE	46,44	835,665	406,822	428,843	9,58	4108,315
	43,43	0,000	0,000	79,196	9,58	931,137
PLANCHER TERRASSE NON ACCESSIBLE	49,45	150,22	0,000	150,22	9,19	1380,52
	43,43	61,375	0,000	61,375	9,19	564,038
PLANCHER COURANT	46,44	150,22	0,000	150,22	6,32	949,39
	43,43	835,665	225,201	58,464	6,32	3668,532
	40,42	835,665	131,426	704,238	6,32	4450,79

II. POIDS DES VOILES :

- ETAGE COURANT (1ER —→ 13^{EME} ETAGE)

N° (VOILE)	L (m)	S _n (m ²)	S ₀ (m ²)	S ₁ (m ²)	EP (m)	POIDS (kN)
A ₁	10,00	30,10	3,36	26,74	0,18	120,33
A ₂	10,00	30,10	3,36	26,74	0,18	120,33
B ₁	10,00	30,10	4,42	25,68	0,18	115,56
B ₂	10,00	30,10	2,43	27,67	0,18	124,52
C ₁	9,6	28,89	2,43	26,46	0,18	119,07
C ₂	9,6	28,89	8,62	20,27	0,18	91,22
D	27,8	83,67	7,95	75,72	0,20	378,6
E ₁	8,5	25,58	0	25,58	0,18	115,11
E ₂	8,5	83,67	0	25,58	0,18	115,11
F	27,8	25,58	7,95	75,72	0,20	378,6
G ₁	9,6	28,89	8,62	20,27	0,18	91,22
G ₂	9,6	28,89	2,43	26,46	0,18	119,07
H ₁	10,00	30,10	2,43	27,67	0,18	124,52
H ₂	10,00	30,10	4,42	25,68	0,18	115,56
I ₁	10,00	30,10	3,36	26,74	0,18	120,33
I ₂	10,00	30,10	3,36	26,74	0,18	120,33
1	11,74	35,34	0,3	35,04	0,20	175,20
2	8,20	24,68	2,65	22,03	0,20	110,15
3	11,74	35,34	6,4	28,94	0,20	144,7
1'	11,74	35,34	0,3	35,04	0,20	175,20
2'	8,20	24,68	2,65	22,03	0,20	110,15
3'	11,74	35,34	6,4	28,94	0,20	144,7
4	2,75	8,27	0	8,27	0,15	31,01
5	2,75	8,27	0	8,27	0,15	31,01
6	2,75	8,27	0	8,27	0,15	31,01

POIDS D'ENDUIT : $706,550 \times 0,15 \times 2 = 211,96$ kN

P = 3534,55 kN

• NIVEAU 14^{EME} ETAGE

N° (VOILE)	l _i (m)	S _{ii} (m ²)	S _{ni} (m ²)	S _N (m ²)	EP (m)	POIDS (kN)
A ₁	7,23	21,76	3,36	18,4023	0,18	82,810
A ₂	6,54	19,685	1,68	18,0054	0,18	81,024
B ₁	10,00	30,01	4,42	25,59	0,18	115,155
B ₂	10,00	30,01	2,431	27,589	0,18	124,105
C ₁	5,8	17,759	3,311	14,45	0,18	65,016
C ₂	6,1	18,361	5,41	12,950	0,18	58,28
D	27,28	83,678	11,175	72,50	0,20	362,512
E ₁	8,5	25,585	0	25,585	0,18	115,132
E ₂	8,5	25,585	0	25,585	0,18	115,132
F	27,28	83,678	11,175	72,502	0,20	362,512
G ₁	6,1	18,361	5,41	12,950	0,18	58,28
G ₂	6,1	18,361	3,311	15,05	0,18	67,727
H ₁	10,00	30,01	2,431	27,580	0,18	124,105
H ₂	10,00	30,01	4,42	25,59	0,18	115,155
I ₁	6,54	19,685	1,68	18,00	0,18	81,024
I ₂	7,23	21,76	3,36	18,40	0,18	82,81
I	11,74	35,337	0,3	35,03	0,20	175,187
2	8,2	24,682	2,652	22,03	0,20	110,15
3	11,74	35,337	8,009	27,33	0,20	136,64
1'	11,74	35,337	8,009	27,33	0,20	136,64
2'	8,2	24,682	2,652	22,03	0,20	110,15
3'	11,74	35,337	0,3	35,03	0,20	175,187
4	2,75	8,277	0	8,277	0,15	31,04
5	2,75	8,277	0	8,277	0,15	31,04
6	2,75	8,277	0	8,277	0,15	31,04

POIDS TOTAL :

ENDUIT PLATRE : $621,3354 \times 2 \times 15 \times 10^{-2} = 186,400 \text{ KN.}$

$P = 3134,256 \text{ kN}$

III. POIDS DE L'ESCALIER :

POIDS DE L'ESCALIER : $g = g_1 + g_2$

$$g_1 = \underbrace{25e / \cos\alpha}_{\substack{\uparrow \\ \text{Le poids de la marche.}}} + \underbrace{22h/2}_{\substack{\uparrow \\ \text{Poids de la paillese.}}}$$

$$g_2 = \underbrace{P_1}_{\substack{\uparrow \\ \text{Poids de revêtement de la paillese.}}} + \underbrace{P_1 H/D}_{\substack{\uparrow \\ \text{Poids de revêtement de la contre marche.}}} + \underbrace{P_3 \cos\alpha}_{\substack{\uparrow \\ \text{Revêtement de la marche.}}}$$

$$g_1 = 25 \times 0,12 / \cos 26,56 + 22 \times 0,15 / 2 = 5 \text{ kN/m}^2.$$

$$g_2 = 0,48 + 0,48 \times (0,15/0,3) + 0,24 / \cos 26,56 = 1,53 \text{ kN/m}^2$$

$$g = 6,53 \text{ kN/m}^2$$

POIDS DE LA VOLEE : $6,53 \times 1,25 \times 2,7 = 22,05 \text{ kN}.$

POIDS DU PALIER : $25 \times 0,12 + 1,55 = 4,53 \text{ kN/m}^2,$
 $4,25 \times 1,5 \times 3,18 = 41,61 \text{ kN}.$

IV. POIDS DE L'ESCALIER TOURNANT :

Poids d'une marche $1 (0,3 + 0,25)(0,2) \times 22/2 = 1,21 \text{ kN}.$

Poids de toutes les marches : $1,21 \times 15 = 18,15 \text{ kN}.$

Poids du noyau : $\pi (0,15)^2 / 4 \times 3,01 \times 25 = 1,33 \text{ kN}.$

$$P_{ET} = 19,48 \text{ kN}$$

V. POIDS DES BALCONS :

$$5,23 \times 6,97 \times 1,2 \times 4 = 174,97 \text{ KN}$$

$$5,23 \times 7,6 \times 1,2 \times 2 = 95,39 \text{ KN}$$

Garde de corps :

$$6,97 \times 0,15 \times 4 \times 1,35 \times 1 \text{ m} = 5,43 \text{ KN}$$

$$7,6 \times 0,15 \times 2 \times 1,35 \times 1 \text{ m} = 2,964 \text{ KN}$$

$$P_b = 278,75 \text{ kN}$$

VI. POIDS DE LA MACONNERIE :

14^{ème} étage : 58,248 kN

1^{er} → 13^{ème} étage : 110,871 kN.

VII. POIDS DU BATIMENT :• **CHARGES PERMANENTES :**

NIVEAU	48.16	45.15	41.14	39.13→6.02	3.01
P.T (non accessible)	1380.52	-----	564.038	-----	-----
P.T (accessible)	-----	4108.315	931.137	-----	-----
PLANCHER COURANT	-----	949.380	3668.532	4450.790	-----
MAÇONNERIE	-----	29.12	84.560	110.870	55.435
VOILES	634.460	2201.58	3334.403	3534.550	3685.91
ESCALIER	-----	38.960	126.280	174.640	174.640
BALCON	-----	-----	-----	278.75	278.75
ACROTERE	110.400	159.115	-----	-----	-----

• **SURCHARGES D'EXPLOITATION :**

NIVEAU	48.16	45.15	41.14	39.13→6.02	3.01
P.T (non accessible)	150.220	-----	61.370	-----	-----
P.T (accessible)	-----	643.264	145.790	-----	-----
PLANCHER COURANT	-----	262.885	1015.812	1232.42	3521.190
ESCALIER	-----	4.125	44.855	81.460	81.460
BALCON	-----	-----	-----	180.936	180.636

*C
H
A
P
I
T
R
E*

*FERRAILLAGE
DES
ELEMENTS.*

CALCUL DES PANNEAUX DALLES

Les dalles sont caractérisées par deux dimensions L_x, L_y mesurées entre les nus des appuis qui sont prépondérants devant leurs épaisseurs, le calcul des dalles se fait avec des différentes méthodes, notre choix opte pour la méthode exposée dans le B.A.E.L.

I. DALLES SIMPLEMENT APPUYEES ET SOUMISES UNIQUEMENT A DES CHARGES REPARTIES ($\alpha \leq 0,4$) :

On a évalué les moments en tenant compte de la flexion que suivant la petite dimension, on est ramené à l'étude d'une poutre de section rectangulaire de largeur 1 m, de hauteur totale h_0 et de portée L_x .

$$M_0 = qL_x^2 / 8 \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Travée } M_t = 0,8 M_0 \\ \text{Appui } M_a = 0,5 M_0 \end{array} \right.$$

II. DALLES RECTANGULAIRES UNIFORMEMENT CHARGEE ($0,4 \leq \alpha \leq 1$)

Les moments fléchissant développés au centre de panneaux ont pour valeurs :

$$\text{Dans le sens de la petite portée} \quad M_x = \mu_x q L_x^2$$

$$\text{Dans le sens de la grande portée} \quad M_y = \mu_y M_x$$

Les valeurs μ_x, μ_y sont données en fonction de rapport $\alpha = L_x / L_y$ et du coefficient de poisson δ

N.B. μ_y est toujours au moins égal à 0,25.

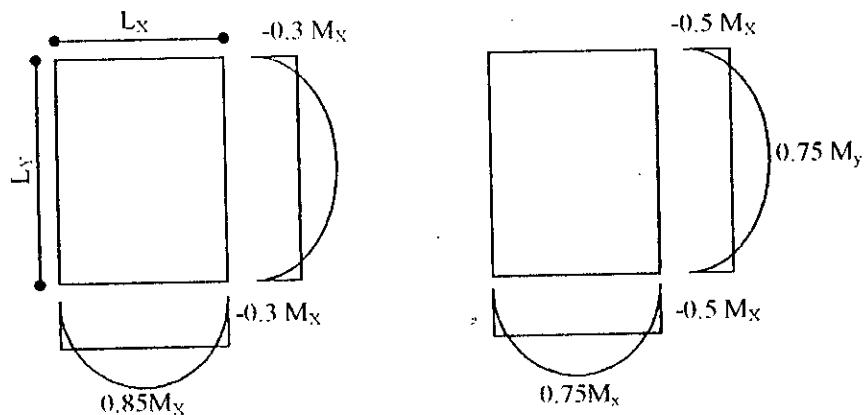


FIG V-1 : MOMENT FLECHISSANT DANS LES DALLES

L_x/L_y	0.478		0.35		0.42		0.37		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ_x	0.1026	0.0944	-----	-----	0.108	0.107	-----	-----	
M_x	18.91	25.32	10.20	14.09	12.72	17.22	10.26	14.18	
	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI
M_{tu}	-----	21.52	-----	10.57	-----	12.91	-----	10.63	-----
M_{ts}	-----	16.08	-----	7.65	-----	9.55	-----	7.69	-----
M_{au}	7.592	-----	12.66	-----	8.61	-----	8.61	-----	7.09
M_{as}	5.673	-----	9.455	-----	6.36	-----	6.36	-----	5.13
γ	1.34	1.34	1.34	1.38	1.35	1.35	1.35	1.38	1.38
μ_{tu}	0.279	0.279	0.279	0.93	0.283	0.283	0.283	0.293	0.293
μ_{bu}	0.0165	0.0468	0.027	0.023	0.0187	0.028	0.0187	0.023	0.0154
α	0.021	0.06	0.034	0.029	0.028	0.035	0.028	0.029	0.019
Z	17.85	17.56	17.74	17.79	17.79	17.74	17.79	17.79	17.85
A_{su}	1.22	3.52	2.05	1.70	1.39	2.09	1.39	1.72	1.14
A_{ss}	1.56	4.44	2.61	2.61	1.75	2.59	1.71	2.06	1.35

TAB (V-1) : FERRAILLAGE DES DALLES D'UN ETAGE COURANT «SENS TRANSVERSAL »

L_x/L_y	0.478		0.46		0.46		0.42		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ	6,60	6,33	11,90	16,45	11,9	16,45	3,816	4,305	
M	0,349	0,25	0,1051	0,1022	0,1051	0,1022	3,816	4,305	
	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI
M_{tu}	-----	5,38	-----	12,33	-----	12,33	-----	3,659	-----
M_{ts}	-----	5,61	-----	8,93	-----	8,93	-----	3,243	-----
M_{au}	7.592	-----	12.66	-----	8,23	-----	8.61	-----	8.61
M_{as}	5.673	-----	9.455	-----	5,95	-----	6.36	-----	6.36
γ	1.34	0,95	1.34	1,38	1,38	1,38	1.35	1,128	1.35
μ_{tu}	0.279	0,149	0.279	0,293	0,293	0,293	0.283	0,207	0.283
μ_{bu}	0.0165	0,0117	0.027	0,026	0,0179	0,026	0.0187	0,0079	0.0187
α	0.021	0,0147	0.034	0,034	0,0225	0,034	0.028	0,01	0.028
Z	17.85	17,89	17.74	17,75	17,83	17,75	17.79	17,92	17.79
A_{su}	1.22	0,86	2.05	1,99	1.32	1,99	1.39	0,586	1.39

TAB (V-2) : FERRAILLAGE DES DALLES D'UN ETAGE COURANT «SENS LONGITUDINAL »

l_x/l_n	0.66		0.46		0.46		0.73		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ	0.5351	0.3757	0.1022	0.1051	0.1022	0.1051	0.6188	0.478	
M_x	10.728	9.59	16.35	23.042	16.35	23.042	11.088	10.7119	
	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI
M_{tu}	-----	8.153	-----	17.28	-----	17.28	-----	9.105	-----
M_{ts}	-----	9.119	-----	12.26	-----	12.26	-----	9.42	-----
M_{au}	7.66	-----	12.78	-----	11.52	-----	11.52	-----	7.09
M_{as}	6.015	-----	10.025	-----	8.175	-----	8.175	-----	5.13
γ	1.275	0.894	1.274	1.409	1.409	1.409	1.409	0.966	1.38
μ_{tu}	0.257	0.127	0.257	0.302	0.302	0.302	0.302	0.151	0.293
μ_{bu}	0.016	0.017	0.0278	0.037	0.025	0.037	0.025	0.019	0.0154
α	0.021	0.022	0.0352	0.0479	0.032	0.0479	0.032	0.023	0.019
Z	17.84	17.83	17.74	17.65	17.77	17.65	17.77	17.83	17.85
A_{su}	1.23	1.31	2.07	2.81	1.86	2.81	1.86	1.46	1.14
A_{ss}	1.56	2.37	2.61	3.19	2.13	3.19	2.13	3.19	1.35

TAB (V-3) : FERRAILLAGE DES DALLES DE LA TERRASSE «SENS LONGITUDINAL »

l_x/l_y	0.66		0.54		0.44		0.37		0.73		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ	0.0792	0.0737	0.0948	0.0908	0.1075	0.1049	-----	-----	0.0708	0.0646	
M_x	20.05	25.56	10.62	13.941	17.11	22.877	14.093	19.093	17.92	22.41	
	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI
M_{tu}	----	21.73	----	10.455	----	17.158	----	14.48	----	19.048	----
M_{ts}	----	17.04	----	7.966	----	12.83	----	10.57	----	15.23	----
M_{au}	7.668	-----	12.87	-----	11.438	-----	11.438	-----	9.155	-----	9,524
M_{as}	6.015	-----	10.025	-----	8.55	-----	8.55	-----	7.040	-----	7,615
γ	1.275	1.275	1.275	1.312	1.337	1.337	1.337	1.37	1.370	1.25	1,25
μ_{tu}	0.257	0.257	0.257	0.269	0.278	0.278	0.278	0.289	0.289	0.248	0,248
μ_{bu}	0.016	0.047	0.0278	0.022	0.025	0.037	0.025	0.031	0.0199	0.0414	0,0207
α	0.021	0.0606	0.0352	0.0287	0.032	0.047	0.032	0.040	0.025	0.053	0,026
Z	17.84	17.56	17.74	17.79	17.77	17.65	17.77	17.71	17.81	17.62	17,81
A_{su}	1.23	3.36	2.07	1.68	1.85	2.79	1.85	2.35	1.47	3.11	1,39
A_{ss}	1.56	4.43	2.61	2.07	2.22	3.34	2.22	2.75	2.83	3.96	1,91

TAB (V-4) : FERRAILLAGE DES DALLES DE LA TERRASSE «SENS TRANSVERSAL »

L_x/L_y	0.66		0.54		0.44		0.37		0.73		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ	0.0792	0.0737	0.0948	0.0908	0.1075	0.1049	-----	-----	0.0708	0.0646	
M_x	14.60	18.77	7.73	10.23	12.46	16.80	10.26	14.18	13.05	16.457	
	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI
M_{tu}	----	15.95	----	7.672	----	12.60	----	10.63	----	13.98	----
M_{ts}	----	12.41	----	5.80	----	9.345	----	7.69	----	11.09	----
M_{nu}	5.63	-----	9.38	----	8.40	-----	8.40	----	8.22	-----	6,93
M_{ns}	4.38	-----	7.30	----	6.23	-----	6.23	----	6.525	-----	5,545
γ	1.285	1.285	1.285	1.322	1.348	1.348	1.348	1.38	1.26	1.26	1,23
μ_{tu}	0.261	0.261	0.261	0.273	0.282	0.282	0.282	0.293	0.252	0.252	0,252
μ_{bu}	0.012	0.034	0.02	0.016	0.018	0.027	0.018	0.023	0.017	0.0304	0,015
α	0.015	0.044	0.0258	0.021	0.023	0.034	0.023	0.029	0.023	0.038	0,018
Z	17.89	17.68	17.81	17.84	17.83	17.74	17.83	17.79	17.83	17.72	17,86
A_{su}	0.90	2.59	1.51	1.23	1.35	2.04	1.35	2.06	1.32	2.26	1,01
A_{ss}	1.25	3.23	1.90	1.51	1.62	2.43	1.62	2.00	1.69	2.88	1,38

Tab (V-5) : Ferrailage des dalles de 14^{ème} étage «sens longitudinal »

L_x/L_y	0.66		0.46		0.46		0.73		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ	0.5351	0.3757	0.1022	0.1051	0.1022	0.1051	0.6188	0.478	
M_x	7.81	7.044	11.90	16.45	11.90	16.45	8.075	7.866	
	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI	TRAVÉE	APPUI
M_{tu}	----	5.984	----	12.33	----	12.33	----	6.686	----
M_{ts}	----	6.64	----	8.93	----	8.93	----	6.860	----
M_{nu}	5.63	-----	9.38	----	8.225	-----	8.40	-----	6,93
M_{ns}	4.38	-----	7.30	----	5.95	-----	6.23	-----	5,545
γ	1.285	0.9011	1.285	1.38	1.38	1.38	1.348	0.974	1,23
μ_{tu}	0.261	0.129	0.261	0.293	0.93	0.293	0.282	0.154	0,252
μ_{bu}	0.012	0.013	0.02	0.026	0.018	0.026	0.018	0.015	0,015
α	0.015	0.016	0.0258	0.034	0.022	0.034	0.023	0.018	0,018
$Z_{(cm)}$	17.89	17.88	17.81	17.75	17.83	17.75	17.83	17.86	17,86
A_{su}	0.90	0.96	1.51	1.99	1.32	1.99	1.35	1.075	1,01
A_{ss}	1.140	1.720	1.900	2.320	1.549	2.320	1.622	1.786	1,38

Tab (V-6) : Ferrailage des dalles de 14^{ème} étage «sens transversal »

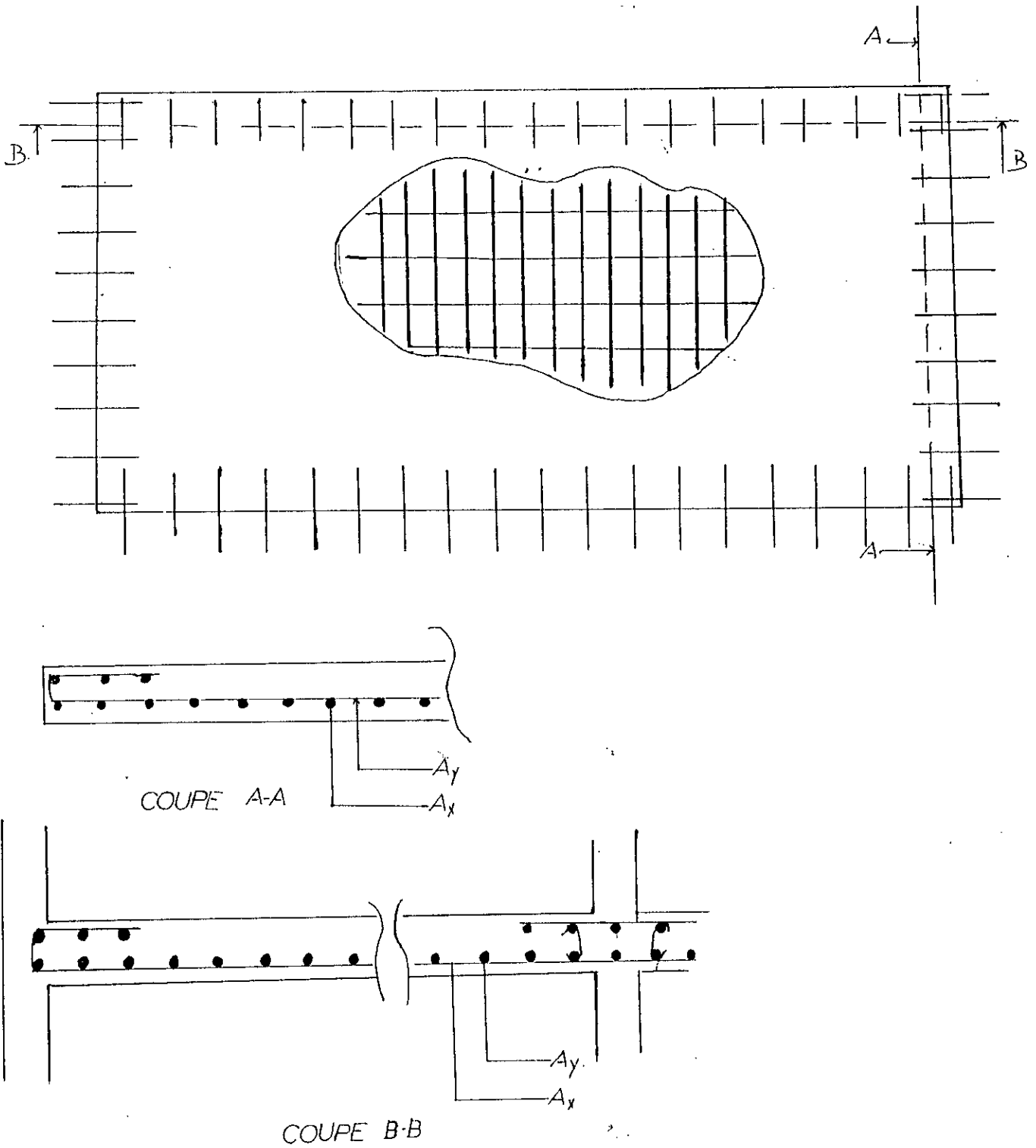


FIG. (IV-2) : FERRAILLAGE D'UNE DALLE DE RIVE D'UN ETAGE COURANT

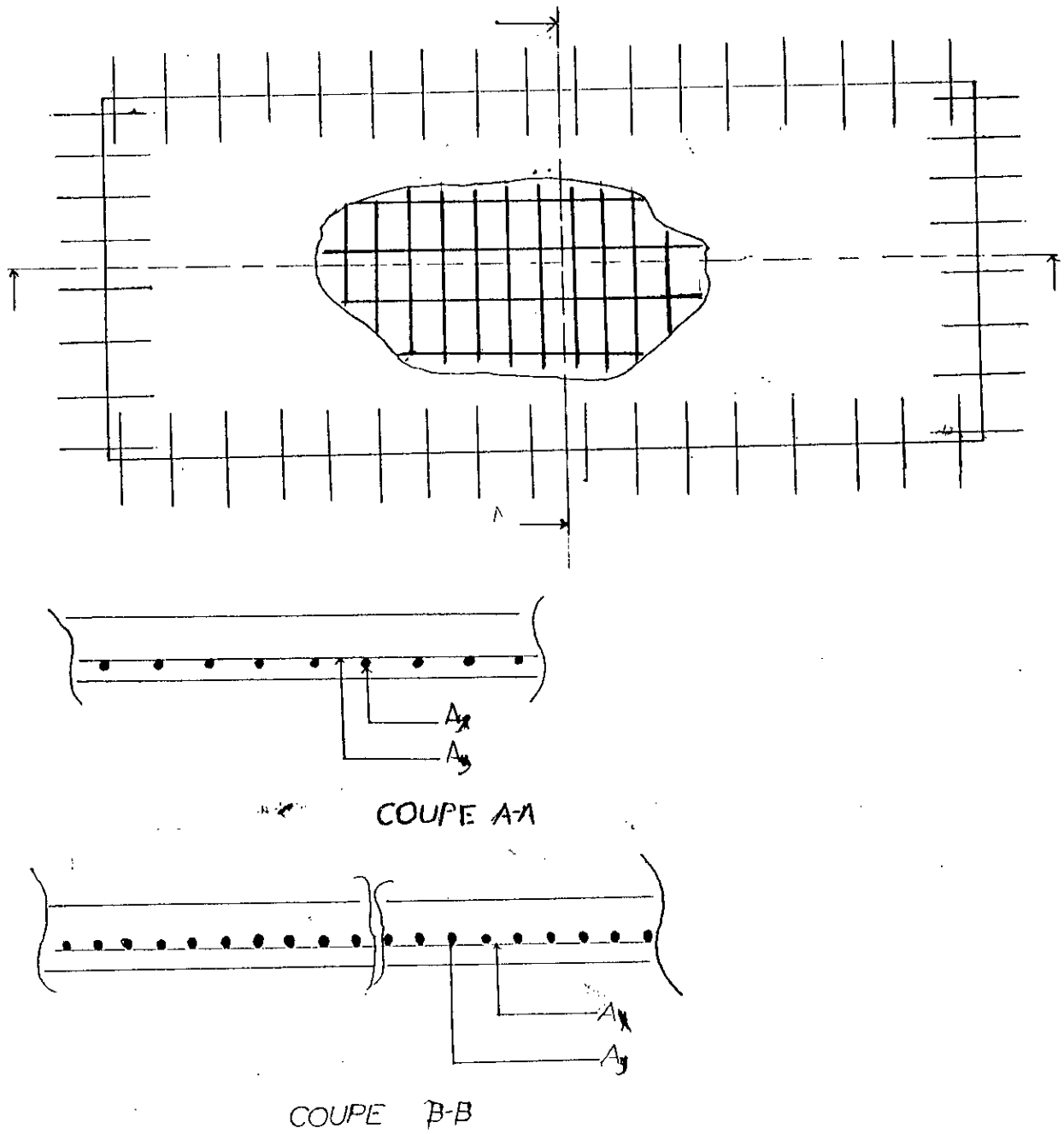


FIG. (IV-3) : FERRAILLAGE D'UNE DALLÉ CONTINUE D'UN ETAGE COURANT

FERRAILLAGE DE L'ESCALIER

Les escaliers de notre bâtiment sont à volées préfabriquées en béton armé reposant directement sur les dalles des étages et de palier intermédiaire coulé sur place.

I. FERRAILLAGE DE LA PAILLASSE :

- EVALUATION DES CHARGES :**

Largeur de la paillasse : $B = 1,25 \text{ m}$

$$G = 6,53 \times 1,25 = 8,163 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2,5 \times 1,25 = 3,125 \text{ kN/m}$$

- COMBINAISONS D' ACTIONS :**

$$\text{ELU : } g_u = 1,35G + 1,5Q = 15,71 \text{ kN/m}$$

$$\text{ELS : } g_s = G + Q = 11,29 \text{ kN/m}$$

- CALCUL DES SOLICITATIONS :**

Moments de flexion à mi-travée :

$$M_{u\max} = 15,71 (2,7)^2 / 8 = 14,32 \text{ kNm}$$

$$M_{s\max} = 11,29 (2,7)^2 / 8 = 10,29 \text{ kNm}$$

Effort tranchant :

$$V_u = 15,71 (2,7) / 2 = 21,21 \text{ kN}$$

$$V_s = 11,29 (2,7) / 2 = 15,24 \text{ kN}$$

- ARMATURES LONGITUDINALS :**

$$h = 12 \text{ cm,}$$

$$d = 0,9 h = 10,8 \text{ cm}$$

$$b_0 = 1,00 \text{ m,}$$

$$\sigma = M_u / M_s = 1,39 \Rightarrow \delta_{lu} = 0,296$$

$$\delta_{bu} = M_u / d^2 b f_{bu} = 214,32 / (0,108)^2 (14,17) = 0,086$$

$$\delta_{bu} < \delta_{lu} \Rightarrow A_s^* = 0$$

$$\alpha = 1,25 (1 - \sqrt{1 - 2 \delta_{bu}}) = 0,113 \quad 50,259 \text{ (Pivot A)}$$

$$Z = 10,8 (1 - 0,4\alpha) = 10,31 \text{ cm.}$$

$$A_s = [M_u / Z] \times 1,25 = 5,5 \text{ cm}^2$$

$$7\text{HA}10 \text{ (} 5,5 \text{ cm}^2 \text{)}$$

Espacement :

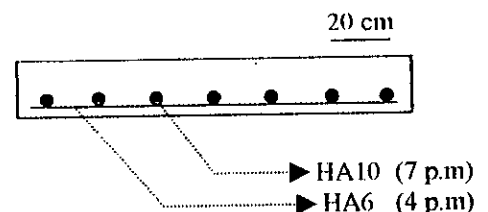
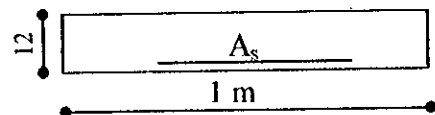
$$e_{\max} = \min(3h, 33 \text{ cm}) = 33 \text{ cm}$$

$$e = (1,25 - 0,05) / 6 = 20 \text{ cm} < e_{\max}$$

ARMATURES DE REPARTITION :

$$A_r = A_s / 4 = 3,99 / 4 = 0,99 \text{ cm}^2$$

$$4\text{HA}6 \rightarrow 1,13 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$



- **VERIFICATION DE LA CONDITION DE NON-FRAGILITE :**

$$\Lambda_{\min} = 0,23 b_0 d f_t / f_c$$

$$\Lambda_{\min} = 0,23 * 0,108 * 2,1/400 = 1,304 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

- **FERRAILLAGE TRANSVERSAL :**

Il faut vérifier les deux conditions suivantes pour ne pas avoir des armatures transversales

- Pas de reprise de bétonnage

- $M_u < 0,05 f_{c28}$.

Donc :

On n'a pas de reprise de bétonnage car la volée est préfabriquée.

$$M_u = V_u / (b_0 d) = 21,21 / 1,108 = 196,32 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = 0,196 \text{ MPa} < 1,25 \text{ MPa}.$$

Alors : On ne dispose pas d'armatures transversales.

- **VERIFICATION DES CONTRAINTES :**

$$\text{Moment statique : } (b/2) y^2 + 15 A_s (4 - d) = 0$$

$$\Rightarrow 62,5 y^2 + 82,5 y - 891 = 0 \Rightarrow y = 3,17 \text{ cm}.$$

$$\text{Moment d'inertie : } I = (b/3) y^3 + n A_s (d - y)^2 = 6130,186 \text{ cm}^4.$$

$$\delta_{bc} = (M_{ser} / I) y = 5,315 \text{ MPa} < \delta_b^2 = 15 \text{ MPa}.$$

$$\delta_s = (15 M_{ser} / I) \cdot (d - y) = 191,926 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa}$$

Calcul des aciers de levage

Boucle pour 1 m²

$$S \text{ volées} = 1,25 \times 3,08 = 3,85 \text{ m}^2$$

\Rightarrow 4 boucles.

Le poids sera majoré de 20 %

$$P = 6,53 \times 1,25 \times 3,08 \times 1,2 = 30,16 \text{ kN}.$$

$$A_s = P / \delta_s = 30,16 * 10^{-3} / 240 = 1,25 \text{ cm}^2$$

Ferraillage transversal :

$$V_u = 1,4V = 1,4 \times 21,21 = 29,68 \text{ kN}$$

$$M_u = V_u / (b_0 d) = 29,68 / 1,25 \times (0,075) = 0,316 \text{ MPa} < 1,25 \text{ MPa}$$

II. FERRAILLAGE DE LA POUTRE PALIERE :

Poids propre :

$$\begin{cases} G1 = 0,3 * 0,18 * 2,5 = 1,35 \text{ kN / m} \\ G2 = V_u / b_2 = 21,21 / 1,25 = 16,968 \text{ kN / m} \\ G3 = 0,3 * 0,25 * 1 = 0,75 \text{ kN / m} \end{cases}$$

$$\begin{cases} q_{u1} = 1,35 G + 1,5 Q = 2,94 \text{ kN / m} \\ q_{u2} = 16,96 \text{ kN / m} \end{cases}$$

Calcul des sollicitations :

On considère en premier lieu que la poutre est simplement appuyée :

$$\begin{cases} M_{01} = 2,94 * (3,00)^2 / 8 = 3,3 \text{ kNm} \\ M_{02} = 16,96 * (1,25)^2 / 2 = 10,6 \text{ kNm} \end{cases}$$

$$M_0 = 3,3 + 1,06 = 13,9 \text{ kNm}$$

En tenant compte de l'encastrement partiel on aura :

Sur appui : $M_a = 0,3 M_0 = 4,17 \text{ kNm}$

En travée : $M_T = 0,85 M_0 = 13,21 \text{ kNm}$

Ferraillage :

$$n = 18 \text{ cm} \quad d = 16,2 \quad b = 30 \text{ cm.}$$

Sur appui :

$$\mu_{bu} = 4,17 / (0,3)(0,162)^2 (14,17) = 0,032$$

$$\alpha = 0,04 \Rightarrow Z = 17,71 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 0,71 \text{ cm}^2 \quad 4\text{Ø}5 (0,78 \text{ cm}^2)$$

$$A_{\min} = 0,23 * (0,3) (0,162) (2,1 / 400) = 0,58 \text{ cm}^2$$

En travée :

$$\mu_{bu} = 0,095 \Rightarrow \alpha = 0,125 \Rightarrow Z = 17,08 \text{ cm}$$

$$A_s = 2,20 \text{ cm}^2 \quad 3\text{Ø}10 (2,35 \text{ cm}^2)$$

Armatures transversales :

$$V_u = q_{u1} L/2 + q_{u2} L = 25,61 \text{ kN}$$

$$M_u = 25,61 / 0,3 (0,162) = 0,586 \text{ MPa.}$$

$$A_t / b_0 S_t > b_0 / 0,8 f_c * \tau_u \Rightarrow A_t = 4,94 \text{ cm}$$

III. FERRAILLAGE DU PALIER :

Le palier est appuyé à ses deux extrémités (2 voiles), pour rendre compte de l'encastrement, on prendra une bande de 1 m.

$$G = 5,28 \text{ kN/m}$$

$$Q = 2,5 \text{ kN/m}$$

$$q_{u1} = 1,35 G + 1,5 Q = 10,87 \text{ kN/m}$$

$$q = G + Q = 7,78 \text{ kN/m}$$

Calcul des sollicitations :

$$M_u = q_u L^2 / 8 = 13,83 \text{ kNm}$$

$$M_s = q_s L^2 / 8 = 9,89 \text{ kNm}$$

$$V_u = q_u L / 2 = 17,33 \text{ kN}$$

Moment en travée :

$$M_{Tu} = 0,75 M_u = 10,37 \text{ kNm}$$

$$M_{Ts} = 7,41 \text{ kNm}$$

Moment sur appui

$$M_{au} = 0,5 M_u = 6,915 \text{ kNm}$$

$$M_{as} = 0,5 M_s = 4,94 \text{ kNm}$$

FerrailageEn travée :

$$\delta = 1,39 \Rightarrow \mu_m = 0,299$$

$$\mu_{bu} = 0,0401 \Rightarrow \alpha = 0,051 \Rightarrow Z = 13,22 \text{ cm}$$

$$A_s = 2,25 \text{ cm}^2 \Rightarrow 3\text{Ø}10 / \text{m.}$$

Sur appui :

$$\delta = 1,39 \Rightarrow \mu_m = 0,299$$

$$\mu_{bu} = 0,026 \Rightarrow \alpha = 0,032 \Rightarrow Z = 13,32 \text{ cm}$$

$$A_{sa} = 1,49 \text{ cm}^2 \quad 3\text{Ø}8 / \text{m.}$$

VERIFICATION DES CONTRAINTES :Moment statique :

$$m = b/2 y^2 + n A_s (y - d) = 0 \Rightarrow y = 2,75 \text{ cm.}$$

Moment d'inertie :

$$I = 15206,11 \cdot 10^8 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{bmax} = 7,41 \times 10^{-3} / (15206,11 \times 10^{-8}) \cdot 2,75 \times 10^{-2} = 1,34 \text{ MPa} < 15 \text{ MPa.}$$

$$\sigma_s = 15 \times 7,41 \times 10^{-3} / (15206,11 \times 10^{-8}) (13,5 - 2,75) \cdot 10^{-2} = 78,57 \text{ MPa}$$

$$78,57 \text{ MPa} < 240 \text{ MPa.}$$

IV. FERRAILAGE DES BECQUETS :Recommandations des C.T.C

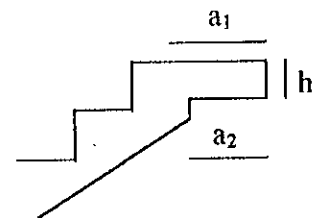
$$H \geq 7 \text{ cm} \quad a_2 \geq 10 \text{ cm} \quad a_1 \geq a_2 + 2 \text{ cm.}$$

La portée des béquets se détermine comme suit :

$$a = \max. (a_1, a_2 + 3) \text{ cm.}$$

$$\begin{cases} a_1 = 12 \text{ cm} \\ a_2 = 14 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow a = 15 \text{ cm.}$$

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

Sollicitations :

$$q_u = 21,21 / 0,15 = 141,4 \text{ kN/ml}$$

D'après le C.T.C. on doit majorer la charge de 40 % à cause de la pose des armatures.

$$q_u = 1,4 \times 141,4 = 197,96 \text{ kN/m.}$$

Moment d'encastrement :

$$M_u = q_u \cdot a^2 / 2 = 2,22 \text{ kN.m}$$

Armatures :

$$b_o = 1 \text{ m.}$$

$$d = 7 \text{ cm.}$$

$$\mu_{bu} = 0,032 \Rightarrow \alpha = 0,04 \Rightarrow Z = 6,8 \text{ cm} \Rightarrow A_s = 0,93 \text{ cm}^2$$

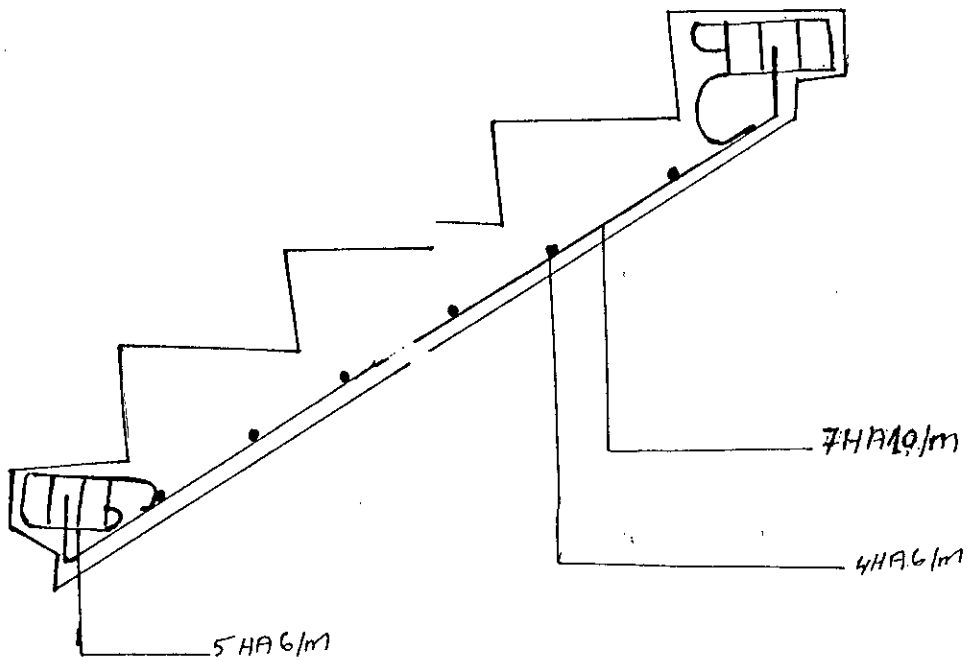
$$0,93 \times 1,25 = 1,16 \text{ cm}^2 \Rightarrow 5\text{Ø}6.$$

Condition de non-fragilité :

$$A_{min} \geq 0,23 \times 0,07 \times (2,1/400) \times 1,25 = 1,05 \text{ cm}^2$$

Armature de répartition :

$$A = A_s / 4 = 0,35 \text{ cm}^2.$$



Fig(IV-4): Ferrailage d'escalier

C
H
A
P
I
T
R
E
V
I

CARACTERISTQUES

DES

REFENDS

INERTIE DES REFENDS

I. INTRODUCTION :

Le contreventement de la tour est assuré par des refends dans les deux directions principales, ils sont de deux types :

- ✓ Refends pleins
- ✓ Refends à ouvertures

Les ouvertures dans les voiles nécessitent l'introduction de la notion d'inertie équivalente qui permet d'assimiler les refends à ouvertures aux refends pleins fictifs.

Le refend fictif est soumis aux mêmes efforts, subit les mêmes flèches que le refend réel. L'importance des ouvertures est caractérisée par «le degré de monolithisme» « α » du refend.

II. CALCUL DES INERTIES :

1. VOILES PLEIN :

A – Voiles longitudinaux : $I_{yy} = L e^3 / 12$
 $I_{xx} = e L^3 / 12.$

Et comme : $e \ll L \Rightarrow I_{yy} \approx 0$

B – Voiles transversaux : $I_{xx} = L e^3 / 12$
 $I_{yy} = e L^3 / 12.$

Puisque : $e \ll L \Rightarrow I_{xx} \approx 0$

2. VOILES AVEC OUVERTURES :

Ce sont des refends constitués par des «trumeaux» reliés entre eux par des poutres de couplage appelées «linteaux».

A- Voiles avec une seule file d'ouverture :

* Dans le cas d'une structure soumise à un chargement uniformément réparti suivant la hauteur «vent».

La flèche au sommet d'un refend plein s'exprime par :

$$F = ZH^3 / 8EI \quad (1)$$

H : est l'effort tranchant à la base du refend.

La flèche au sommet d'un refend avec une seule file d'ouverture :

$$F = ZH^3 \left[\frac{2 m e^3}{E (I_1 + I_2) l \alpha^2} + 1 / 8EI \right] \quad (2)$$

En égalisant les deux relations (1) et (2) on obtient :

$$I_{cv} = I / [16mc \alpha o / (I_1 + I_2) + 1] \quad (*)$$

* Dans le cas d'une structure soumise à un chargement triangulaire « séisme »

La flèche au sommet d'un refend plein s'exprime par :

$$F = \frac{11}{60} \times \frac{ZH^3}{I_0} \quad (3)$$

La flèche au sommet d'un refend avec files d'ouvertures :

$$F = \left[\frac{2mc \Psi_0}{E(I_1 + I_2) \alpha^2} + \frac{11}{60Ei} \right] ZH^3 \quad (4)$$

En égalisant les deux relations :

$$I_{cs} = a_n I / \left(\frac{60}{11} \times \frac{2mc}{(I_1 + I_2)} \times \frac{\Psi_0}{\alpha^2} + 1 \right) \quad (**)$$

$$tq : \Psi(\alpha, \xi) = (1 - 2/\alpha^2) \times \left(1 - \xi - \frac{sh\alpha(1-\xi)}{\alpha ch\alpha} \right) + \frac{2}{\alpha^2} \left(1 - \frac{ch\alpha\xi}{ch\alpha} \right) - \frac{1-\xi^2}{3}$$

a_n : est un coefficient dépendant du nombre de niveaux de la structure

$$a_n = (11/60) + (9/20n) + (1/30n^2) - (1/30n^3)$$

$$\text{Si } n > 11 \Rightarrow a_n = 1$$

I : Inertie totale du refend $I = I_1 + I_2 + 2mc$

m : Moment statique : $m = 2c / (1/A_1 + 1/A_2)$

I_1, I_2 : Moments d'inertie des trumeaux

Ψ_0 : Coefficient dépendant de α et ξ : $\xi = l/Z$.

c : La distance entre les deux c d g des trumeaux 1 et 2

α : Degré de monolithisme

$$\alpha = H \cdot \omega \quad \text{avec : } \omega^2 = (3E/E')(I/(I_1 + I_2))(i/m)(c/(a^3h))$$

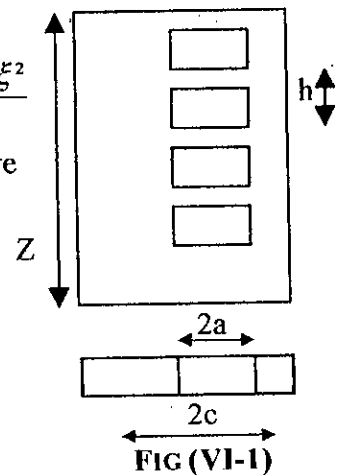
i : inertie transversale du linteau

E, E' : modules d'élasticité du matériau composant respectivement le trumeau et le linteau

h : hauteur d'étage

Z : hauteur du bâtiment

a : demi-longueur du linteau



REMARQUES :

« $\alpha < 1$ » : I_c équivalent tend vers $I_1 + I_2$; Le refend à de grandes ouvertures se comporte comme deux éléments indépendants I_1 et I_2 simplement entretoisés par des linteaux de très faible rigidité.

« $\alpha < 10$ » : refend à petites ouvertures. Le voile se comporte comme un voile plein.

B- Voiles avec plusieurs files d'ouvertures :

*Dans le cas d'une structure soumise à une charge uniformément répartie :

La flèche au sommet d'un refend à plusieurs files d'ouvertures est donnée par :

$$F = ZH^3(\Psi_0\alpha^2 + 1/8)/EI \quad (5)$$

En égalisant les relations (1) et (5)

$$I_{ev} = I / [(8I/I_0)(\Psi_0/\alpha^2) + 1]$$

Avec :

$$I = \sum I_i + \sum S_i \overline{GG_i^2}$$

$$\alpha = Zw^2 \quad \text{tq : } w^2 = (6E^2/E) \sum I_i c_i / a_i^3$$

Dans le cas d'un chargement triangulaire :

$$I_{es} = \alpha n^* I / [(60/11)(I/I_0)(\Psi_0/\alpha^2) + 1]$$

REMARQUE :

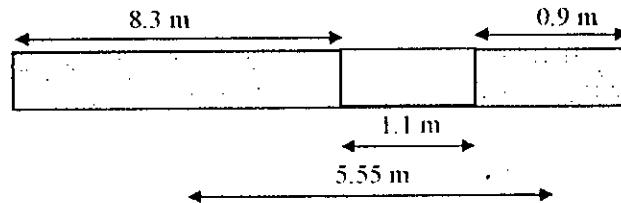
On définit le type de refend par le rapport « r » entre l'aire totale des ouvertures /100 et l'aire totale du refend :

- Si $r > 60 \%$: le refend a de grandes ouvertures et il sera étudié comme une structure poteaux – poutres,
- Si $25 \% < r < 60 \%$: le refend est à des ouvertures moyennes,
- Si $10 \% < r < 25 \%$: le refend est à des petites ouvertures,
- Si $\alpha < 10 \%$: le refend est monolithique.

Le calcul des inerties fait selon la méthode de l'inertie équivalente aboutit aux résultats réunis dans les tableaux N°

III. EXEMPLE D'APPLICATION :

A- INERTIE D'UN VOILE A UNE SEULE FILE D'OUVERTURES : (VOILE B2)



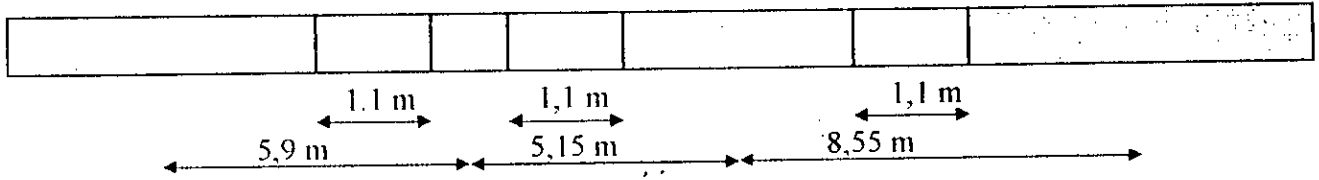
$$\left\{ \begin{array}{l} \Omega 1 = 1.476 \text{ m}^2 \\ \Omega 2 = 0.108 \text{ m}^2 \\ 2a = 1.2 \text{ m} \\ 2c = 5.65 \text{ m} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} I_1 = 8.67 \text{ m}^4 \\ I_2 = 0.00324 \text{ m}^4 \\ m = 2*c/(1/\Omega 1 + 1/\Omega 2) = 0.563 \text{ m}^3 \\ I = I_1 + I_2 + 2mc = 11.39 \text{ m}^4 \end{array} \right.$$

$$\alpha = 45,15 * [(3/3,01)*(11,39/8,673)*(0,00768/0,563)*(2,8/0,6^3)]^{1/2}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \alpha = 22,88 \\ z = 30,1 \text{ m} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \xi = 0,667 \\ \psi = 0,10 \end{array} \right. \Rightarrow I_{es} = 11,42 \text{ m}^4$$

B- INERTIE D'UN REFEND A PLUSIEURES FILES D'OUVERTURES : (D/F)



$\Omega_1 = 1.60 \text{ m}^2$	$I_1 = 8.533 \text{ m}^4$	$y_1 = 4.0 \text{ m}$	} $Y = 14.036 \text{ m}$
$\Omega_2 = 0.32 \text{ m}^2$	$I_2 = 0.068 \text{ m}^4$	$y_2 = 9.9 \text{ m}$	
$\Omega_3 = 1.30 \text{ m}^2$	$I_3 = 4.570 \text{ m}^4$	$y_3 = 15.05 \text{ m}$	
$\Omega_4 = 1.68 \text{ m}^2$	$I_4 = 9.878 \text{ m}^4$	$y_4 = 23.60 \text{ m}$	

$$I = \sum I_i + \sum S_i \bar{G}_i^2 = 344.69 \text{ m}^4$$

} $I = 344.69 \text{ m}^4$	} $\Rightarrow \psi = 0.103 \Rightarrow I_{ex} = 335,917 \text{ m}^4$	
		$\alpha = 17.92$
		$\xi = 0,667$

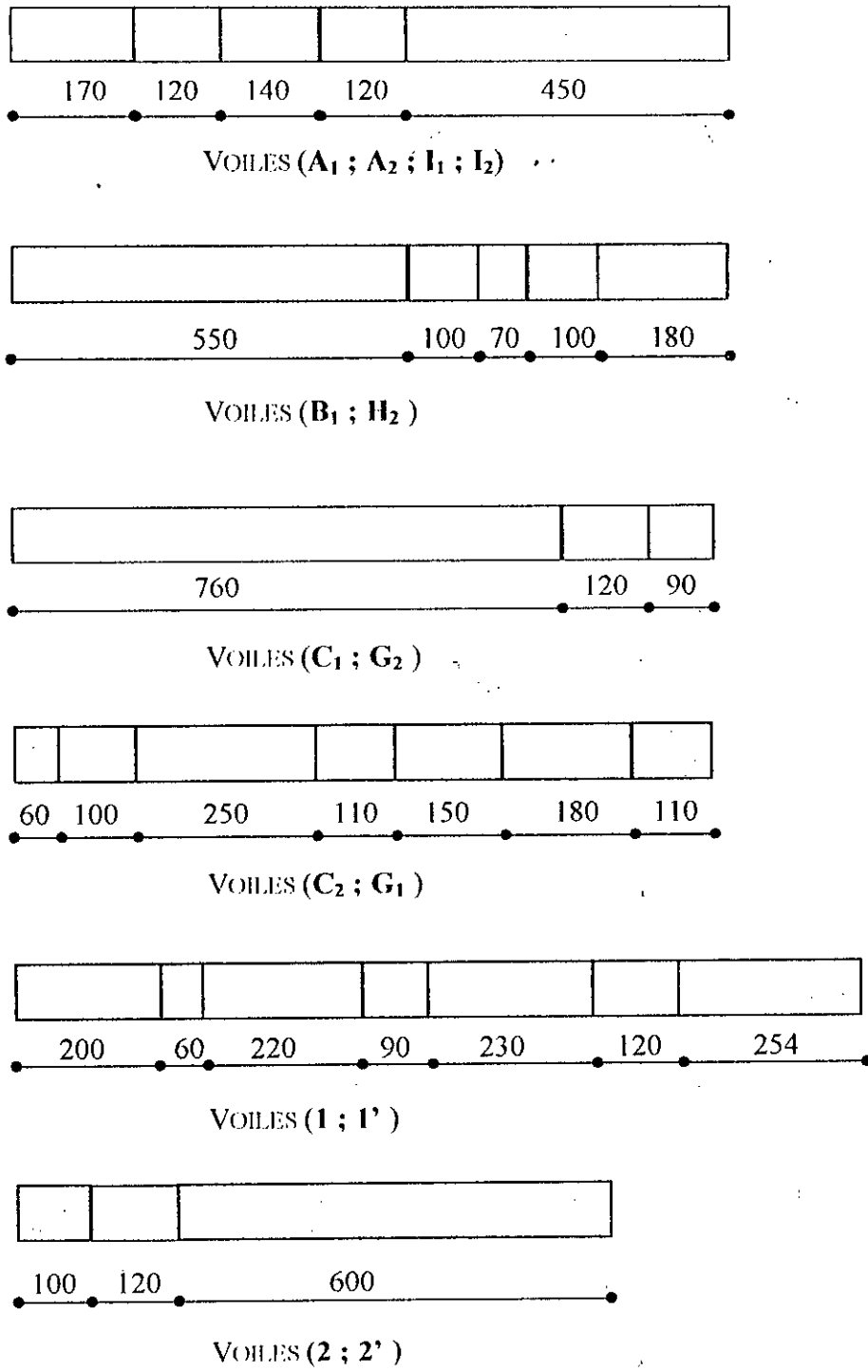


FIG. (VI-2) : PRESENTATION DES VOILES

CENTRE DE MASSE ET CENTRE DE TORSION

I. DEFINITION DU CENTRE DE TORSION :

Le centre de torsion est le centre de gravité des inerties de l'ensemble des refends d'un niveau donné, ils est caractérisé par les propriétés suivantes :

- Une force dont la ligne d'action passe par le centre de torsion engendre uniquement une translation des refends dans la direction de la force .
- Un moment dont l'axe de rotation passe par ce centre engendre uniquement une rotation dans le sens du moment.

Coordonnées de centre du torsion :

$$X_t = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_{yi} X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} I_{yi}} \qquad Y_t = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} I_{xi} Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} I_{xi}}$$

I_{xi} , I_{yi} : moment d'inertie du voile « i » respectivement selon les axes (XX),(YY) à un niveau donné

x_i , y_i : coordonnées de centre de gravité des voiles

II. EXCENTRICITE :

D'après l'article «3.2.1.5 » des RPA on suppose qu'à chaque niveau et dans chaque direction, la résultante des forces horizontales a une excentricité par rapport au centre de torsion égale à :

$$e = \max (e_{th} ; e_{acc})$$

- **EXCENTRICITE THEORIQUE :**

$$e_{xth} = |X_m - X_c|$$

$$e_{yth} = |Y_m - Y_c|$$

- **EXCENTRICITE ACCIDENTELLE :**

$$e_{acc} = 5\% L$$

L : la plus grande dimension de l'ouvrage

III. INERTIE POLAIRE :

$$J_0 = \sum I_x dy^2 + \sum I_y dx^2$$

	$J_0(m^4)$	A1/H2	B1/H2	B2/H1	C1/G2	C2/G1	D/F	1/1'	2/2'
14	23501,743	8,500	12,600	11,426	2,470	1,859	344,69	23,53	7,400
13	31946,991	16,092	13,155	11,426	11,101	7,938	343,968	23,526	7,399
12	31896,251	16,072	13,146	11,425	11,100	7,931	342,792	23,515	7,398
11	31819,198	16,040	13,132	11,424	11,099	7,922	341,042	23,497	7,397
10	31716,743	15,997	13,113	11,423	11,097	7,908	338,732	23,473	7,394
9	31591,317	15,945	13,090	11,421	11,095	7,892	335,917	23,443	7,392
8	31445,779	15,884	13,063	11,419	11,092	7,873	332,667	23,408	7,388
7	31283,079	15,815	13,032	11,417	11,089	7,852	329,054	23,369	7,385
6	31106,145	15,739	12,999	11,415	11,086	7,828	325,15	23,326	7,380
5	30917,830	15,658	12,962	11,412	11,082	7,803	321,025	23,279	7,376
4	30720,928	15,573	12,924	11,409	11,079	7,776	316,744	23,229	7,371
3	30518,307	15,484	12,884	11,407	11,075	7,748	312,38	23,177	7,366
2	30313,462	15,393	12,842	11,404	11,070	7,719	308,021	23,124	7,361
1	30112,589	15,302	12,801	11,401	11,066	7,690	303,829	23,069	7,356
R.D.C	32157,408	15,000	12,763	15,000	13,250	7,660	358,082	23,013	7,351

TAB (VI-1) : INERTIES DES VOILES

C
H
A
P
I
T
R
E
V
I
I

*ETUDE
DYNAMIQUE*

ETUDE DYNAMIQUE

I. OBJECTIF DE L'ETUDE DYNAMIQUE :

Le problème fondamental de la dynamique des structures réside dans la détermination de la réponse de la structure à une excitation donnée, c'est-à-dire la description et la traduction de ses sollicitations en termes cinématiques.

On distingue un problème dynamique d'un problème statique par deux caractéristiques importantes :

- La nature évolutive dans le temps
- Le problème dynamique n'a pas qu'une seule solution

II. MODELISATION :

Le calcul dynamique nécessite une représentation adéquate de la structure réelle par un modèle mathématique qui reflète aussi bien que possible le comportement dynamique réel de la structure. Le modèle retenu est un modèle à paramètres discrets forme par une console flexible encastrée à une extrémité. Les masses de chaque niveau sont supposées être concentrées au niveau du plancher, elles sont solidaires à un support de masse négligeable et d'inertie variable

Le système présente autant de degrés de libertés que de masses concentrées, mais en pratique on considère un modèle simplifié à un seul degré de liberté par niveau, c'est-à-dire seul le déplacement horizontal des nœuds est pris en considération

Cette distribution des masses et des rigidités peut fournir une distribution de forces horizontales qui représentent mieux la réponse dynamique réelle que les valeurs simplifiées indiquées par les «RPA » dans l'annexe II

III. CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES DU MODELE :

Les caractéristiques essentielles de toute structure élastique linéaire soumise à des charges de nature dynamique sont :

- La masse
- Les propriétés élastiques (souplesse ; rigidité)
- La source extérieure d'excitation

❖ LA MATRICE DE MASSE :

Pour un système dont on ne considère que le degré de liberté de translation, la matrice de masse est diagonale, les termes non diagonaux sont nuls car une accélération appliquée à des nœuds où est concentrée une masse ne produit de force d'inertie qu'en ce même point

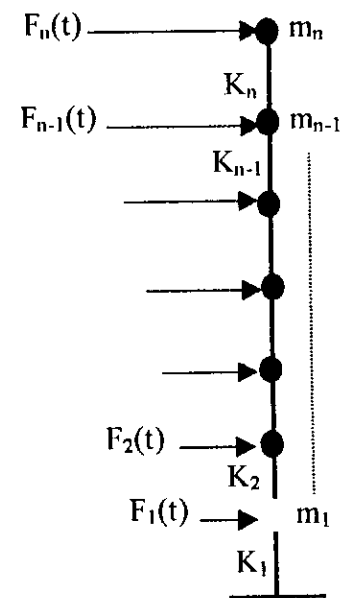


Fig (VI-1)

❖ **LA MATRICE DE RIGIDITE :**

Le voile étant assimilé à une console verticale encastrée au niveau du plancher, sa rigidité est égale :

$$K_1 = 12EI_v/h^3$$

- h : hauteur du voile
- E : module de YOUNG
- I_v : moment d'inertie du voile

En raison de l'hypothèse de l'indéformabilité des planchers, la rigidité d'un niveau peut être considérée comme la somme des rigidités des voiles de ce dernier dans le sens de l'effort sismique

$$K = \sum_{i=1}^{i=n} 12EI_{vi} / h_i^3$$

chacune de ces caractéristiques est supposée condensée dans un élément physique unique «la figure VII-2-a »

- Toute masse «m » de ce modèle est localisée dans le bloc rigide
- La résistance élastique au déplacement est représentée par le ressort sans masse de rigidité «K »
- Le mécanisme de chargement externe qui provoque la réponse dynamique du système est la charge F(t) variable dans le temps

IV. DETERMINATION DES VECTEURS PROPRES :



Fig (VII-2-a)

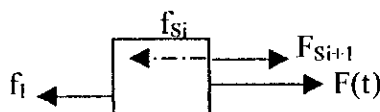


Fig (VII-2-b)

Comme le montre la «figure VII-2-b » les forces agissant suivant la direction du degré de liberté de déplacement sont :

- Le chargement F(t)
- Deux forces engendrées par le mouvement :
 - ✓ La force d'inertie f_i = m* y (1)
 - ✓ La force de rappel du ressort élastique f_k = K_{i+1}* (y_i-y_{i-1}) (2)

De ce schéma on peut écrire cette équation :

$$f_{ii} + f_{si} - f_{si+1} = F_i(t) \tag{3}$$

En remplaçant les relations (1), (2) dans l'équation (3) on obtient :

$$\begin{aligned} m_i * y_i + K_i * (y_i - y_{i-1}) - K_{i+1} * (y_{i+1} - y_i) &= F_i(t) \\ \Rightarrow m_i * y_i + K_i * y_{i-1} + (K_i + K_{i+1}) * y_i - K_{i+1} * y_{i+1} &= F_i(t) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} m_1 y_1 + (k_1 + k_2) y_1 - k_2 y_2 & = F_1(t) \\ m_2 y_2 - k_2 y_1 + (k_2 + k_3) y_2 - k_3 y_3 & = F_2(t) \\ \vdots & \vdots \\ m_n y_n - k_n y_{n-1} + k_n y_n & = F_n(t) \end{cases}$$

$$\underbrace{\begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ F_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{F}(t)} = \underbrace{\begin{pmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & m_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{M}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} \ddot{Y}_1 \\ \ddot{Y}_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ \ddot{Y}_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{Y}} + \underbrace{\begin{pmatrix} k_1 + k_2 & k_2 & 0 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 & 0 \\ 0 & -k_3 & \ddots & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \ddots & -k_n \\ 0 & 0 & 0 & -k_n & k_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{K}} \cdot \underbrace{\begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ \vdots \\ y_n \end{pmatrix}}_{\mathbf{Y}}$$

F : vecteur des forces extérieures
 M : matrice de masse
 Y : vecteur des accélérations
 Y : vecteur de déplacement

En l'absence de la force extérieure $\Rightarrow M \cdot Y + K \cdot Y = 0$ (4)
 La solution particulière est donnée par l'expression : $Y_i = X_i \cdot \sin(\omega t + \phi)$
 En remplaçant cette solution dans l'équation (4) on aura :

$$[K - M\omega^2][X] = 0 \tag{5}$$

Cette expression représente un système de «n» équations à «n» inconnues qui sont les composantes du vecteur [X], une solution différente de zéro n'est possible que si le déterminant de la matrice [K - Mω²] est nul

$$\text{DET}[K - M\omega^2] = 0$$

Si on développe ce déterminant, on obtient une équation de degré «n» en «ω²», la résolution de cette équation fournit les valeurs des pulsations «ω» relatives aux modes de vibration possible

$$X^j = \begin{pmatrix} X_1^j \\ X_2^j \\ \vdots \\ \vdots \\ X_n^j \end{pmatrix}$$

X^j étant le vecteur de déformation qui correspond aux modes de vibration «j» de la pulsation «ω_j»

$$[K - M\omega_j^2][X_j] = 0$$

Le calcul direct par cette méthode pour la détermination des caractéristiques propres des modes de vibrations de la structure est très laborieux, c'est pourquoi des méthodes approchées ont été élaborées, parmi ces méthodes on cite :

❖ METHODE DE RAYLEIGH :

Cette méthode ramène l'étude de la structure réelle à une structure ne possédant qu'un seul degré de liberté, elle est essentiellement utilisée pour déterminer la première fréquence propre, elle repose sur le principe de la conservation de l'énergie totale d'un système non amorti et libre de se mouvoir.

❖ METHODE DE STODOLA-VIANELLO : (LA METHODE DES APPROXIMATIONS SUCCESSIVES) :

La méthode repose sur un calcul itératif qui permet d'améliorer peu à peu la solution, Pour cela il faut partir d'une hypothèse initiale sur l'allure du mode : «ajustement successif d'une déformée supposée initialement jusqu'à l'obtention d'une approximation satisfaisante du mode, puis le calcul de la fréquence correspondante »

La méthode peut être employée manuellement avec un ordinateur pour étudier les vibrations des structures jusqu'à une dizaine de degré de liberté.

❖ METHODE DE HOLZER :

A l'inverse de la méthode de *STODOLA*, le principe de *HOLZER* est l'ajustement successif d'une fréquence supposée initialement jusqu'à l'obtention d'une fréquence vraie et la forme de mode est calculée simultanément.

❖ CHOIX DE LA METHODE :

Nous utilisons la méthode de *STODOLA*, vu qu'elle est plus pratique manuellement et elle permet la détermination des modes prépondérants, elle s'adapte mieux à notre structure contrairement à la méthode de *RAYLEIGH* qui est limitée au mode fondamental, et à la méthode de *HOLZER* qui s'adapte mieux aux portiques

V. ETAPES DE CALCUL DE LA METHODE DE STODOLA :

V-1 PRINCIPE DE LA METHODE :

Considérons une structure à n degrés de liberté, Elle est soumise aux forces d'inertie :

$$F = [M]w^2 y$$

$$[(1/w^2)I - [S]][M]y_i = 0$$

$$\Leftrightarrow (1/w^2)y_i = [S][M]y_i$$

V-2 DETERMINATION DU PREMIER MODE :

1. Calcul des éléments de la matrice [D]
2. Choix d'un vecteur $y_1^{(0)}$
3. Calcul $y_1^{(1)} = [D]y_1^{(0)}$
4. Déduire $y_1^{(1)} = y_1^{(1)} / y_{1\max}^{(1)}$
5. Le processus itératif ne s'arrête que lorsque

$$y_1^{(k)} = y_1^{(k-1)}$$

$$6. \quad w^2 = y_1^{(0)} / y_1^{(1)}$$

V-3 DETERMINATION DU 2^{ème} MODE :

1. Calcul de la matrice de balayage [B] pour éliminer le 1^{er} mode

$$[B_2] = I - y_1 y_1^t [M] / y_1^t [M] y_1$$

2. Calcul de la matrice dynamique [D₂] tel que :

$$[D_2] = [D_1][B_2]$$

3. Choix d'un vecteur $y_1^{(0)}$

4. Calcul $y_1^{(1)} = [D] y_1^{(0)}$

5. Déduire $y_1^{(1)} = y_1^{(1)} / y_{1\max}^{(1)}$

6. Le processus itératif ne s'arrête que lorsque

$$y_1^{(k)} = y_1^{(k-1)}$$

7. $w^2 = y_1^{(0)} / y_1^{(1)}$

De même pour les modes supérieurs

MATRICE DE RIGIDITE (SENS LONGITUDINAL) :

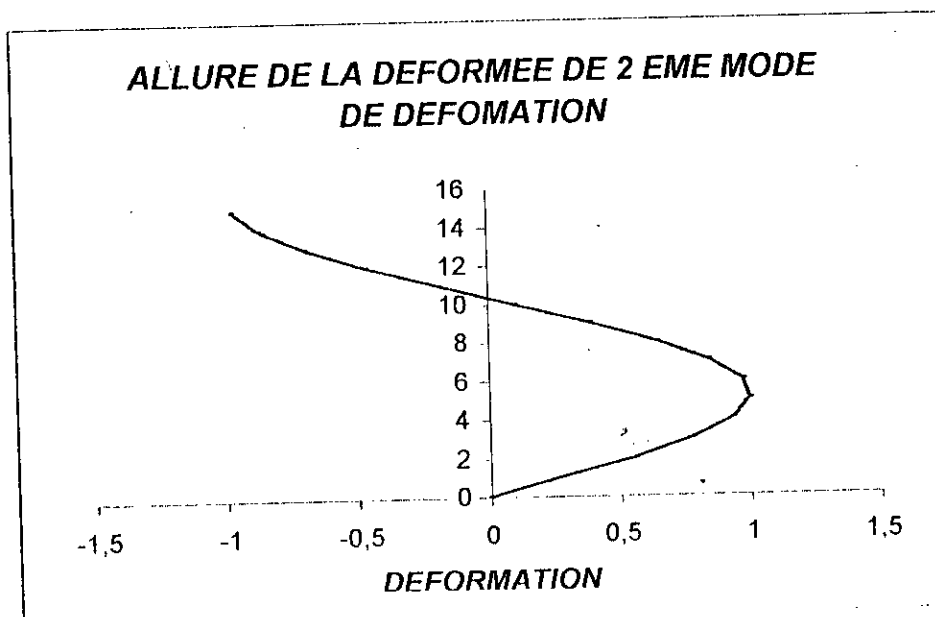
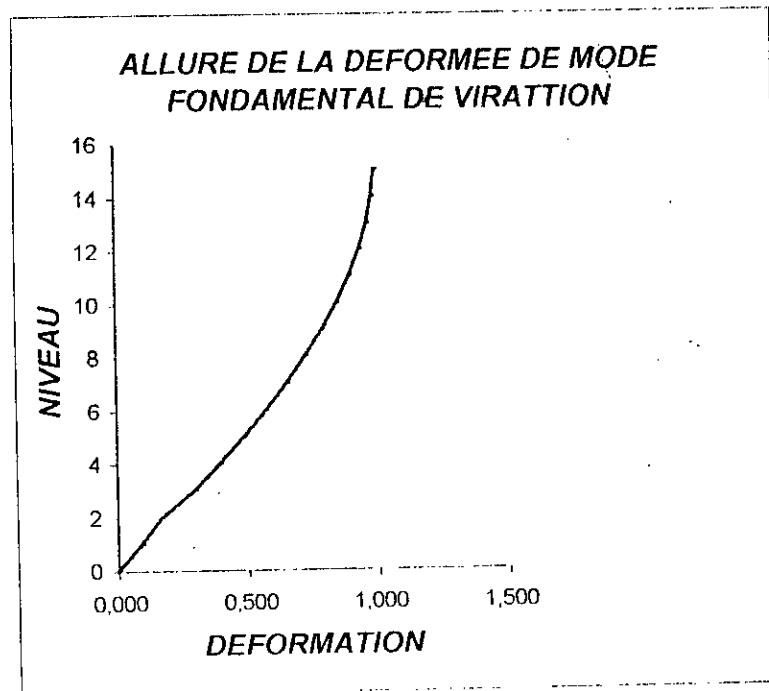
2,521	-1,167	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,167	2,346	-1,179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1,179	2,371	-1,192	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1,192	2,398	-1,206	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1,206	2,425	-1,219	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1,219	2,452	-1,233	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1,233	2,478	-1,245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1,245	2,503	-1,257	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1,257	2,526	-1,268	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1,268	2,546	-1,278	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,278	2,565	-1,287	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,278	2,580	-1,287	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,287	2,593	-1,294	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,294	2,599	-1,299	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,299	2,509	-1,299	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,21	1,21	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,21	1,21	0	0

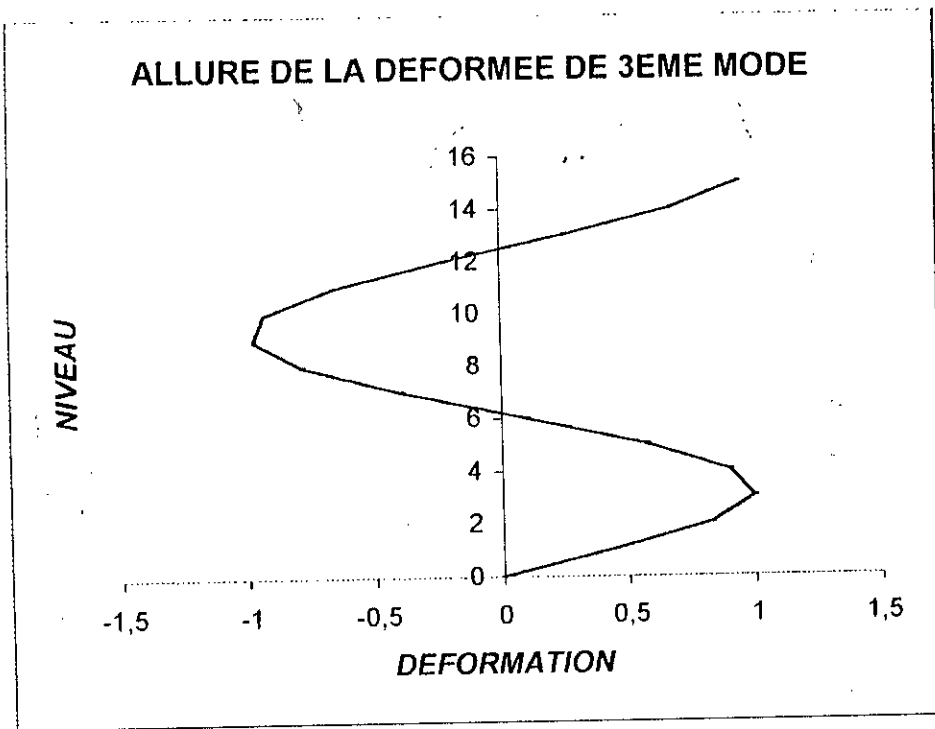
MATRICE DE RIGIDITE (SENS TRANSVERSAL) :

3,482	-1,742	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
-1,742	3,485	-1,743	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	-1,743	3,489	-1,745	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	-1,745	3,492	-1,747	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	-1,747	3,495	-1,748	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	-1,748	3,498	-1,750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	-1,750	3,501	-1,751	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-1,751	3,504	-1,752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	-1,752	3,506	-1,754	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	-1,752	3,506	-1,754	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,754	3,509	-1,755	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,755	3,510	-1,755	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,755	3,510	-1,755	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,755	3,512	-1,756	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,756	3,513	-1,757	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,757	3,514	-1,757	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,757	3,514	-1,757	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-1,757	1,757	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

	SENS TRANSVERSAL			SENS LONGITUDINAL		
	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3
15	1,000	-0,968	0,949	1,000	0,412	0,156
14	0,988	-0,866	0,677	0,988	0,371	0,113
13	0,968	-0,695	0,258	0,966	0,296	0,042
12	0,938	-0,462	-0,223	0,936	0,194	0,039
11	0,899	-0,186	-0,653	0,896	0,075	0,275
10	0,850	0,107	-0,927	0,847	0,051	0,156
9	0,792	0,394	-0,974	0,789	0,172	0,161
8	0,727	0,648	-0,781	0,723	0,278	0,127
7	0,655	0,846	-0,391	0,649	0,359	0,062
6	0,575	0,976	0,102	0,570	0,408	0,019
5	0,489	1,000	0,574	0,485	0,419	0,095
4	0,396	0,938	0,904	0,394	0,393	0,148
3	0,298	0,786	1,000	0,299	0,331	0,164
2	0,169	0,556	0,832	0,201	0,239	0,138
1	0,0914	0,269	0,440	0,101	0,125	0,073
T(s)	1,46	0,486	0,280	1,59	0,586	0,356

TAB (VII-1) : CARACTERISTIQUES DYNAMIQUES DU MODELE





C
H
A
P
I
T
R
E
V
I
I

*ETUDE
SISMIQUE*

ETUDE SISMIQUE

L'apparition des séismes est encore un phénomène imprévisible, les catastrophes qu'ils sont susceptibles de provoquer, si les constructions ne sont pas conçues et construites de manière à résister à ces effets sont très graves [(destruction des ouvrages, nombreuses pertes de vies humaines)].

L'annexe « v » des RPA expose la méthode dynamique par analyse de spectre de réponse

$$F_{ki} = A D_i B O \gamma_i W_k$$

A : Coefficient d'accélération de zone : dépend de groupe d'usage de la structure et de la zone sismique.

$$\left. \begin{array}{l} \text{Groupe 2} \\ \text{Zone 2} \end{array} \right\} \Rightarrow A = 0,15.$$

D : Le facteur d'amplification dynamique moyen pour $i^{\text{ème}}$ mode : il tient compte du type de sol et de la période T du bâtiment ou de l'ouvrage.

$$\Rightarrow D = 2$$

B : facteur de comportement de la structure dépend du type de contreventement $B = 1/4$

Q : facteur de qualité d'une structure, donné en fonction du nombre de critères remplis par le système de contreventement

- ❖ Condition minimale de files porteuses
- ❖ Surabondance en plan
- ❖ Symétrie en plan,
- ❖ Régularité en élévation,
- ❖ Contrôle de la qualité des matériaux,
- ❖ Contrôle de la qualité de la construction.

$$Q = 1 + \sum P_{qi} \quad P_{qi} : \text{Pénalité. } (i=1; 6)$$

$$\Rightarrow Q = 1,1$$

γ_i : coefficient de distribution :

$$\gamma_i = \phi_i \cdot \frac{\left| \sum_{k=1}^{k=n} W_k \cdot \phi_{ki} \right|}{\sum W_k \cdot \phi_{ki}^2}$$

ϕ_{ki} : amplitude au niveau k dans le mode i

W_k : le Poids de l'étage k

SOLLICITATION RESULTANTE :

$$F_k = \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} F_{ki}^2} \quad (i : \text{nombre de modes})$$

	W (t)	ϕ_i	$W\phi_i$	ϕ_i^2	$W\phi_i^2$	γ_i	Fi (t)	
PREMIER MODE	15	983,025	1,000	983,025	1,000	983,025	1,263	102,450
	14	896,250	0,988	885,495	0,976	874,869	1,248	92,285
	13	884,860	0,968	856,544	0,937	829,135	1,223	89,268
	12	884,860	0,938	829,999	0,879	778,539	1,185	86,502
	11	884,860	0,899	795,489	0,808	715,145	1,136	82,905
	10	884,860	0,850	752,131	0,722	639,311	1,074	78,386
	9	884,860	0,792	700,809	0,627	555,041	1,001	73,038
	8	884,860	0,727	643,293	0,528	467,674	0,918	67,043
	7	884,860	0,655	579,583	0,429	379,627	0,827	60,404
	6	884,860	0,575	508,795	0,331	292,557	0,726	53,026
	5	884,860	0,489	432,697	0,239	211,589	0,618	45,095
	4	884,860	0,396	350,405	0,157	138,760	0,500	36,519
	3	884,860	0,298	263,688	0,088	78,579	0,376	27,481
	2	884,860	0,169	149,541	0,028	25,272	0,213	15,585
	1	894,440	0,0914	81,752	0,008	7,472	0,115	8,520
Σ	13392,035	9,835	8813,246	983,025	6976,595		918,5064	
DEUXIEME MODE	15	983,025	-0,968	-951,568	0,937	921,118	0,4075	33,048
	14	896,250	-0,866	-776,153	0,750	672,148	0,3646	26,956
	13	884,860	-0,695	-614,978	0,483	427,410	0,2926	21,358
	12	884,860	-0,462	-408,805	0,213	188,868	0,1945	14,198
	11	884,860	-0,186	-164,584	0,034	30,613	0,0783	5,716
	10	884,860	0,107	94,680	0,011	10,131	0,0450	3,288
	9	884,860	0,394	348,635	0,155	137,362	0,1659	12,108
	8	884,860	0,648	573,389	0,419	371,556	0,2728	19,914
	7	884,860	0,846	748,592	0,715	633,308	0,3561	25,999
	6	884,860	0,976	863,623	0,952	842,896	0,4109	29,994
	5	884,860	1,000	884,860	1,000	884,860	0,4210	30,731
	4	884,860	0,938	829,999	0,879	778,539	0,3949	28,826
	3	884,860	0,786	695,500	0,617	546,663	0,3309	24,155
	2	884,860	0,556	491,982	0,309	273,542	0,2341	17,087
	1	894,440	0,269	240,604	0,072	64,723	0,1132	8,356
Σ	13392,035	3,343	2855,777	7,552	6783,737		99,18213	
TROISIEME MODE	15	983,025	0,949	932,891	0,9006	885,313	0,3346	27,134
	14	896,25	0,677	606,761	0,4583	410,777	0,2387	17,648
	13	884,86	0,258	228,294	0,0666	58,900	0,0910	6,640
	12	884,86	-0,223	-197,324	0,0497	44,003	0,0786	5,739
	11	884,86	-0,653	-577,814	0,4264	377,312	0,2302	16,806
	10	884,86	-0,927	-820,265	0,8593	760,386	0,3268	23,859
	9	884,86	-0,974	-861,854	0,9487	839,445	0,3434	25,068
	8	884,86	-0,781	-691,076	0,6100	539,730	0,2754	20,101
	7	884,86	-0,391	345,980	0,1529	135,278	0,1379	10,063
	6	884,86	0,102	90,256	0,0104	9,206	0,0360	2,625
	5	884,86	0,574	507,910	0,3295	291,540	0,2024	14,773
	4	884,86	0,904	799,736	0,8169	722,802	0,3186	23,261
	3	884,86	1,000	884,860	1,0000	884,860	0,3526	25,737
	2	884,86	0,832	736,204	0,6922	612,521	0,2933	21,413
	1	894,44	0,440	393,554	0,1936	173,164	0,1551	11,447
Σ	13392,035	1,7868	2378,113	7,5150	6745,239		69,17062	

TAB (VIII-1) : EFFORT SISMIQUE LONGITUDINAL PAR NIVEAU POUR CHAQUE MODE DE VIBRATION

		W(t)	ϕ_i	W ϕ_i	ϕ_i^2	W ϕ_i^2	γ_i	F _i (t)
PREMIER MODE	15	983,025	1,000	983,025	1,000	983,025	1,270	102,975
	14	896,25	0,988	885,495	0,976	874,869	1,254	92,758
	13	884,86	0,966	854,775	0,933	825,712	1,227	89,540
	12	884,86	0,936	828,229	0,876	775,222	1,188	86,760
	11	884,86	0,896	792,835	0,803	710,380	1,138	83,052
	10	884,86	0,847	749,476	0,717	634,807	1,075	78,510
	9	884,86	0,789	698,155	0,623	550,844	1,002	73,134
	8	884,86	0,723	639,754	0,523	462,542	0,918	67,016
	7	884,86	0,649	574,274	0,421	372,704	0,824	60,157
	6	884,86	0,570	504,370	0,325	287,491	0,724	52,834
	5	884,86	0,485	429,157	0,235	208,141	0,616	44,956
	4	884,86	0,394	348,635	0,155	137,362	0,500	36,521
	3	884,86	0,299	264,573	0,089	79,107	0,380	27,715
	2	884,86	0,201	177,857	0,040	35,749	0,255	18,631
	1	894,44	0,101	90,338	0,010	9,124	0,128	9,463
		13392,035	9,844	8820,948	983,025	6947,080		924,0216
DEUXIEME MODE	15	983,025	-0,983	-966,314	0,9663	949,886	0,412	33,441
	14	896,25	-0,885	-793,181	0,7832	701,965	0,371	27,450
	13	884,86	-0,706	-624,711	0,4984	441,046	0,296	21,619
	12	884,86	-0,463	-409,690	0,2144	189,687	0,194	14,178
	11	884,86	-0,179	-158,390	0,0320	28,352	0,075	5,481
	10	884,86	0,121	107,068	0,0146	12,955	0,051	3,705
	9	884,86	0,410	362,793	0,1681	148,745	0,172	12,555
	8	884,86	0,662	585,777	0,4382	387,785	0,278	20,272
	7	884,86	0,856	757,440	0,7327	648,369	0,359	26,213
	6	884,86	0,972	860,084	0,9448	836,002	0,408	29,765
	5	884,86	1,000	884,860	1,0000	884,860	0,419	30,622
	4	884,86	0,937	829,114	0,8780	776,880	0,393	28,693
	3	884,86	0,789	698,155	0,6225	550,844	0,331	24,161
	2	884,86	0,570	504,370	0,3249	287,491	0,239	17,455
	1	894,44	0,299	267,438	0,0894	79,964	0,125	9,255
		13392,035	3,400	2904,812	7,707	6924,830		100,5266
TROISIEME MODE	15	983,025	0,951	934,857	0,9044	889,049	0,156	12,643
	14	896,25	0,691	619,309	0,4775	427,942	0,113	8,376
	13	884,86	0,257	227,409	0,0660	58,444	0,042	3,076
	12	884,86	-0,239	-211,482	0,0571	50,544	0,039	2,860
	11	884,86	-1,677	-1483,910	2,8123	2488,517	0,275	20,069
	10	884,86	-0,949	-839,732	0,9006	796,906	0,156	11,357
	9	884,86	-0,985	-871,587	0,9702	858,513	0,161	11,788
	8	884,86	-0,777	-687,536	0,6037	534,216	0,127	9,298
	7	884,86	-0,377	333,592	0,1421	125,764	0,062	4,512
	6	884,86	0,116	102,644	0,0135	11,907	0,019	1,388
	5	884,86	0,582	514,989	0,3387	299,723	0,095	6,965
	4	884,86	0,903	799,029	0,8154	721,523	0,148	10,806
	3	884,86	1,000	884,860	1,0000	884,860	0,164	11,967
	2	884,86	0,844	746,822	0,7123	630,318	0,138	10,100
	1	894,44	0,446	398,920	0,1989	177,918	0,073	5,395
		13392,035	0,786	1468,182	10,0129	8956,145		19,85605

TAB (VIII-2) : EFFORT SISMIQUE TRANSVERSAL PAR NIVEAU POUR CHAQUE MODE DE VIBRATION

NIVEAUX	FORCE TRANSVERSALE			FORCE LONGITUDINAL		
	Fi(t)	T(t)	M(tm)	Fi (t)	T (t)	M (tm)
15	111,015	111,015	0	109,005	109,005	0
14	97,748	208,763	334,156	97,097	206,101	328,104
13	92,028	300,791	962,534	92,165	298,266	948,468
12	87,847	388,638	1867,915	87,957	386,223	1846,248
11	84,784	473,422	3037,714	85,618	471,841	3008,778
10	82,003	555,424	4462,713	79,414	551,254	4429,018
9	78,163	633,588	6134,541	75,134	626,388	6088,293
8	72,770	706,357	8041,640	70,630	697,018	7973,722
7	66,527	772,884	10167,776	65,775	762,793	10071,747
6	60,978	833,862	12494,157	60,658	823,451	12367,753
5	56,535	890,397	15004,080	54,838	878,289	14846,340
4	52,016	942,413	17684,176	47,685	925,973	17489,989
3	44,734	987,147	20520,839	38,666	964,640	20277,169
2	31,518	1018,665	23492,150	27,455	992,095	23180,734
1	16,536	1035,201	26558,331	14,294	1006,389	26166,939

TAB (VIII-3) : FORCE SISMIQUE RESULTANTES

C

H

A

P

I

T

R

E

X

ETUDE DES VOILES

SOUS

CHARGEMENT

REPARTITION DES EFFORTS HORIZONTAUX

I. INTRODUCTION

Le système de contreventement est constitué par des voiles porteurs, les forces horizontales dues au séisme sont prépondérantes par rapport à celles provoqués par le vent du fait de la zone d'implantation du bâtiment et de son poids

II. CHOIX DE LA METHODE DE DISTRIBUTION :

MARIUS DIVER dans son ouvrage «calcul des tours en béton armé» présente deux méthodes de distributions :

* La méthode du centre de torsion : celle ci est recommandée lorsque les voiles sont parallèles aux directions principales du bâtiment étudié.

* La méthode de rigidité : cette méthode est conseillée lorsque les voiles sont inclinés par rapport aux directions principales de la construction.

Donc notre choix sera porté sur la méthode du centre de torsion.

III. HYPOTHESE :

- Les planchers sont indéformables dans leurs plans,
- Les refends sont supposés parfaitement encastés à leurs bases,
- L'inertie des refends est constante sur toute la hauteur,
- Le nombre d'étages est au moins égal à «4».

IV. PRINCIPE DE LA METHODE :

La force sismique ne coïncide pas avec le centre de gravité des inerties, elle crée donc un moment de torsion du à cette excentricité qui sera décomposé en un effort de translation et un effort de rotation.

V. DETERMINATION DES EFFORTS TRANCHANTS REPRIS PAR CHAQUE REFEND :

A – EFFORTS ENGENDRES PAR LA TRANSLATION :

$$H_{1j} = H \cdot I_j / \sum I_j$$

B – EFFORTS ENGENDRES PAR LA ROTATION :

$$H_{12} = H \cdot I_i \cdot e \cdot d / J_0$$

e : Excentricité,

d : Distance entre le centre de masse du refend et le centre de torsion.

C – SUPERPOSITION DES EFFORTS

On fait la superposition afin d'obtenir l'effort total horizontal vu que les deux efforts se produisent en même temps.

$$H_i = H I_i [1 / \sum I + e \cdot d / J_0]$$

N.B. : D'après les R.P.A.88, les efforts tranchants négatifs dus à la torsion ne sont pas pris en considération

	A	B1	B2	C1	C2	D	E	F	G1	G2	H1	H2	I
15	1,184	1,755	1,591	0,344	0,259	48,009	1,283	52,136	0,331	0,440	2,293	2,528	1,999
14	1,836	1,502	1,305	1,268	0,906	39,293	1,052	41,961	1,106	1,547	1,759	2,024	2,834
13	1,733	1,418	1,234	1,199	0,856	37,018	0,995	39,525	1,044	1,462	1,662	1,911	2,672
12	1,659	1,360	1,184	1,150	0,820	35,347	0,955	37,733	1,000	1,402	1,594	1,830	2,556
11	1,607	1,319	1,150	1,117	0,795	34,110	0,927	36,405	0,969	1,361	1,547	1,774	2,473
10	1,561	1,283	1,121	1,089	0,773	32,972	0,904	35,181	0,942	1,325	1,506	1,724	2,399
9	1,495	1,231	1,078	1,047	0,742	31,397	0,869	33,492	0,902	1,273	1,446	1,652	2,294
8	1,399	1,155	1,013	0,983	0,695	29,190	0,817	31,129	0,845	1,195	1,358	1,548	2,144
7	1,286	1,064	0,935	0,908	0,640	26,640	0,755	28,402	0,778	1,103	1,252	1,424	1,967
6	1,186	0,983	0,866	0,841	0,592	24,370	0,699	25,973	0,718	1,021	1,159	1,314	1,811
5	1,106	0,919	0,812	0,788	0,553	22,543	0,655	24,019	0,670	0,956	1,085	1,227	1,686
4	1,024	0,853	0,756	0,733	0,513	20,689	0,610	22,037	0,621	0,888	1,008	1,137	1,558
3	0,886	0,739	0,657	0,638	0,444	17,743	0,531	18,894	0,538	0,772	0,875	0,985	1,345
2	0,627	0,525	0,468	0,454	0,315	12,461	0,378	13,266	0,381	0,549	0,622	0,699	0,952
1	0,278	0,237	0,278	0,246	0,142	6,639	0,171	7,105	0,174	0,302	0,378	0,322	0,435

TAB (IX-1) : REPERTITION DES EFFORTS HORIZONTAUX(REFENDS TRANSVERSAUX)

	1	2	3'	1'	3
15	3,218	1,012	3,687	3,594	4,118
14	2,670	0,840	3,059	2,916	3,342
13	2,543	0,800	2,916	2,778	3,184
12	2,439	0,768	2,798	2,663	3,055
11	2,387	0,752	2,742	2,606	2,993
10	2,229	0,703	2,563	2,432	2,796
9	2,124	0,670	2,446	2,317	2,668
8	2,013	0,636	2,321	2,195	2,531
7	1,890	0,598	2,184	2,061	2,380
6	1,759	0,557	2,036	1,916	2,218
5	1,605	0,509	1,861	1,748	2,027
4	1,408	0,447	1,637	1,533	1,782
3	1,152	0,367	1,342	1,254	1,461
2	0,825	0,263	0,963	0,898	1,048
1	0,369	0,118	0,432	0,405	0,473

TAB (IX-2) : REPERTITION DES EFFORTS HORIZONTAUX(REFENDS LONGITUDINAUX)

ETUDE DES VOILES SOUS CHARGEMENT

Les voiles sont calculés sous l'action des charges verticales et horizontales aux quelles ils sont soumis.

I. SOUS CHARGES HORIZONTALES :

I-1 REFENDS PLEINS :

Les refends pleins sont assimilés à une console encadrée à sa base et soumise à des charges horizontales.

Détermination des efforts tranchants et des moments fléchissants :

EFFORTS TRANCHANTS

$$T_n = H_n$$

$$T_{n-1} = H_{n-1} + T_n$$

⋮

$$T_1 = H_1 + T_2$$

MOMENTS FLECHISSANTS

$$M_n = 0$$

$$M_{n-1} = T_n h$$

$$M_{n-2} = T_{n-1} h + M_{n-1}$$

⋮

$$M_1 = T_2 h + M_2$$

T_n : effort tranchant s'exerçant au niveau n

H_n : effort horizontal s'exerçant au niveau n

M_n : moment fléchissant s'exerçant au niveau n

h : hauteur d'étage du niveau considéré

I-2 REFENDS AVEC OUVERTURES :

L'étude des voiles sous chargement horizontal ou « l'étude du contreventement » sera faite en utilisant la méthode de « **ALBIGES – GOULET** ».

A) HYPOTHESES DE LA METHODE

- * Les efforts localisés transmis par les linteaux peuvent être considérés comme appliqué le long de la fibre moyenne de chaque élément du voile,
- * Les trumeaux subissent le même déplacement horizontal au niveau de chaque étage,
- * La hauteur d'étage est constante,
- * Les linteaux ont une inertie transversale faible vis à vis de celle des trumeaux

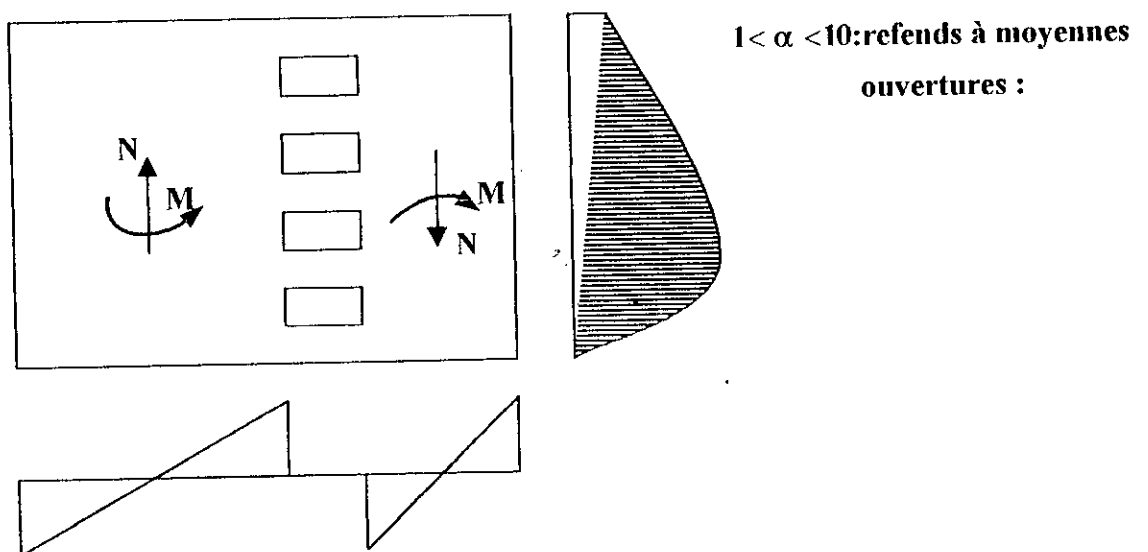
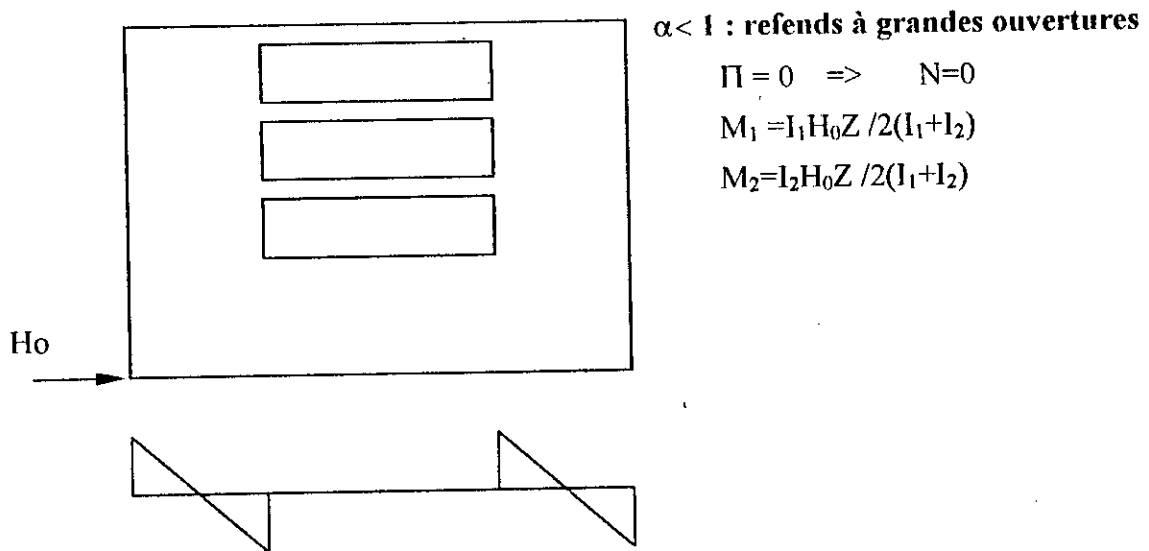
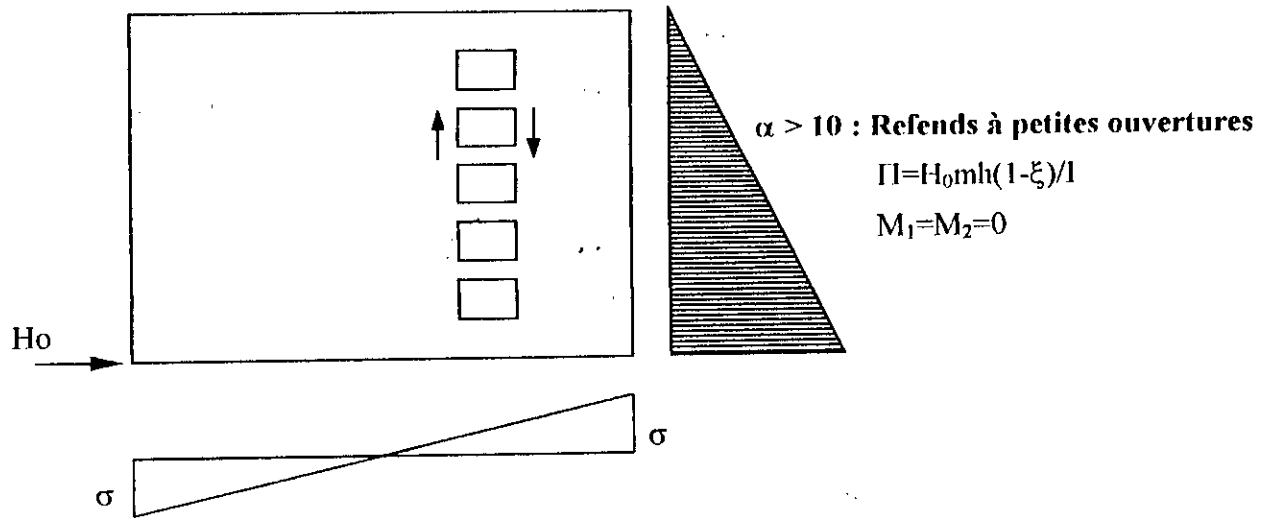
B) EXPOSE DE LA METHODE

REFENDS A UNE SEULE FILE D'OUVERTURE :

ETAPES DE CALCUL :

- 1) Evaluation du paramètre α : Il renseigne sur le degré de monolithisme d'un refend, et définit le comportement d'un voile.
- 2) Sollicitation au niveau des linteaux : l'effort tranchant Π à la section d'encastrement des linteaux est donné par :

$$\Pi = H_0 m h \Phi(\alpha, \xi) / I$$



Π_0 : Effort tranchant à la base du voile considéré.

Φ : Coefficient donné par des abaques en fonction (α, ξ) .

N.B. :

Pour : $\alpha > 10$ on a $\Pi(\xi) = H_0 mh/l (1-\xi)$

$\alpha < 1 \Rightarrow \Pi(\xi) \rightarrow 0$

Moment d'encastrement : $M_e = \Pi * a$

a : Demi-largeur du linteau.

3) Sollicitation au niveau des linteaux :

- Les moments dans les trumeaux à un niveau donné sont :

$$M_1 = H_0 Z (I_1/I_0) [1/3(1-\xi)^2(2+\xi) - (2cm/l) \Lambda(\alpha, \xi)]$$

$$M_2 = M_1 (I_2/I_1).$$

Λ : Est donné par des abaques en fonction (α, ξ) . (Voir annexe A)

- Calcul des efforts axiaux : c'est la somme des efforts Π à partir du sommet jusqu'à l'étage considéré.

$$N = \Sigma \Pi$$

- Distribution des efforts tranchants dans les trumeaux.

$$T_i = H I_i / l_0$$

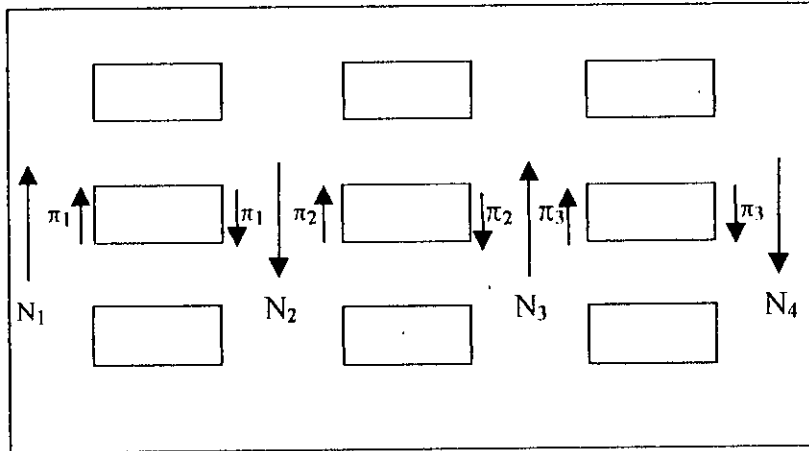
H : effort tranchant s'exerçant sur le voile considéré au niveau considéré.

4) Vérification : Il est conseillé d'effectuer à la base du refend une vérification de l'équilibre extérieur

$$M_{ext} = M_1 + M_2 + 2Nc.$$

M_{ext} : moment d'ensemble distribué aux refends considérés.

$$M = \Sigma T_i h_i \quad tq : i = 1 ; 6$$



I-3 REFENDS A PLUSIEURS FILES D'OUVERTURES :

Les étapes de calcul sont les même celle des refends à une seule file d'ouverture avec :

$$\Pi = H_0 h_i c_i / 2a_i^3 \Sigma [i_i c_i / a_i^3]$$

$$N_1 = \Sigma \Pi_1$$

$$N_2 = \Sigma (\Pi_2 - \Pi_1)$$

$$N_3 = \Sigma (\Pi_3 - \Pi_2)$$

$$M_i = (\Pi_i / I_0) H_0 Z [(1 - \xi)^2 (2 + \xi) / 3 - \Lambda(\alpha, \xi)]$$

		T ₁ (t)	T ₂ (t)	T ₃ (t)	P ₁ (t)	P ₂ (t)	N ¹ (t)	N ₂ (t)	N ₃ (t)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	M ₃ (tm)
VOILE (A1/I2)	15	1,843	0,055	0,100	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	2,614	0,078	0,142	2,110	1,398	2,110	0,712	1,398	-2,968	-0,089	-0,1608
	13	2,465	0,074	0,134	3,710	2,459	5,820	1,963	3,856	-3,329	-0,100	-0,1803
	12	2,357	0,071	0,128	5,331	3,533	11,151	3,762	7,389	-3,183	-0,096	-0,1724
	11	2,281	0,068	0,124	6,849	4,539	18,000	6,072	11,928	-2,939	-0,088	-0,1592
	10	2,212	0,066	0,120	8,240	5,461	26,240	8,852	17,388	-2,676	-0,080	-0,1450
	9	2,116	0,064	0,115	9,500	6,295	35,741	12,057	23,684	-2,409	-0,072	-0,1305
	8	1,977	0,059	0,107	10,627	7,042	46,368	15,642	30,726	-2,142	-0,064	-0,1160
	7	1,815	0,054	0,098	11,622	7,701	57,990	19,563	38,427	-1,874	-0,056	-0,1015
	6	1,670	0,050	0,090	12,484	8,273	70,475	23,775	46,700	-1,604	-0,048	-0,0869
	5	1,555	0,047	0,084	13,214	8,756	83,688	28,232	55,456	-1,325	-0,040	-0,0718
	4	1,437	0,043	0,078	13,811	9,152	97,499	32,891	64,608	-1,001	-0,030	-0,0542
	3	1,241	0,037	0,067	14,275	9,459	111,774	37,707	74,067	-0,442	-0,013	-0,0240
	2	0,878	0,026	0,048	14,606	9,679	126,380	42,634	83,746	1,321	0,040	0,0716
	1	0,401	0,012	0,022	14,805	9,811	141,186	47,629	93,557	9,288	0,279	0,5032
VOILE (B1/H2)	15	2,440	0,0050	0,086	1,011	0,555	1,011	0,456	0,555	0,000	0,000	0,000
	14	1,954	0,0040	0,069	1,781	0,977	2,792	4,324	1,532	-2,504	-0,005	-0,088
	13	1,844	0,0038	0,065	3,104	1,704	5,896	9,132	3,236	-2,840	-0,006	-0,100
	12	1,766	0,0036	0,062	4,454	2,444	10,350	16,030	5,680	-2,727	-0,006	-0,096
	11	1,712	0,0035	0,060	5,721	3,140	16,072	24,891	8,820	-2,521	-0,005	-0,089
	10	1,664	0,0034	0,058	6,884	3,778	22,955	35,553	12,597	-2,296	-0,005	-0,081
	9	1,595	0,0033	0,056	7,937	4,355	30,892	47,845	16,953	-2,068	-0,004	-0,073
	8	1,494	0,0031	0,052	8,879	4,872	39,771	61,596	21,825	-1,838	-0,004	-0,065
	7	1,374	0,0028	0,048	9,710	5,329	49,481	76,635	27,154	-1,608	-0,003	-0,056
	6	1,268	0,0026	0,045	10,431	5,724	59,911	92,790	32,878	-1,375	-0,003	-0,048
	5	1,184	0,0024	0,042	11,040	6,059	70,952	109,889	38,937	-1,133	-0,002	-0,040
	4	1,098	0,0023	0,039	11,539	6,332	82,491	127,760	45,269	-0,845	-0,002	-0,030
	3	0,951	0,0020	0,033	11,927	6,545	94,418	146,233	51,815	-0,330	-0,001	-0,012
	2	0,674	0,0014	0,024	12,204	6,697	106,622	165,134	58,512	1,277	0,003	0,045
	1	0,311	0,0006	0,011	12,371	6,789	118,993	184,294	65,301	8,166	0,017	0,287

TAB (IX-3) : VOILES A DEUX FILES D'OUVERTURES SOUS CHARGEMENT HORIZONTAL

	VOILE(3/3')		VOILE(E)	
	T(t)	M(tm)	T(t)	M(tm)
15	4,118	0,000	1,283	0,000
14	7,460	12,396	2,335	3,861
13	10,645	34,852	3,329	10,889
12	13,700	66,893	4,284	20,911
11	16,692	108,129	5,211	33,806
10	19,489	158,372	6,115	49,492
9	22,157	217,032	6,985	67,900
8	24,688	283,724	7,802	88,923
7	27,068	358,034	8,556	112,406
6	29,286	439,509	9,255	138,161
5	31,313	527,661	9,911	166,020
4	33,096	621,915	10,521	195,852
3	34,556	721,532	11,051	227,519
2	35,604	825,547	11,429	260,784
1	36,078	932,715	11,600	295,186

TAB (IX-4) : VOILES PLEINS SOUS CHARGEMENT HORIZONTAL

		T ₁ (t)	T ₂ (t)	P(t)	N ₁ (t)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)
VOILE(B2/H1)	15	2,292	0,0009	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	1,758	0,0007	0,013	0,013	2,090	0,001
	13	1,661	0,0007	0,052	0,065	10,030	0,004
	12	1,593	0,0006	0,116	0,181	22,992	0,009
	11	1,546	0,0006	0,207	0,388	40,503	0,016
	10	1,505	0,0006	0,323	0,711	62,162	0,024
	9	1,446	0,0006	0,465	1,176	87,591	0,034
	8	1,357	0,0005	0,633	1,809	116,410	0,046
	7	1,252	0,0005	0,827	2,636	148,244	0,058
	6	1,158	0,0005	1,047	3,683	182,715	0,072
	5	1,084	0,0004	1,292	4,976	219,450	0,086
	4	1,007	0,0004	1,564	6,539	258,082	0,101
	3	0,875	0,0003	1,861	8,400	298,289	0,117
	2	0,622	0,0002	2,184	10,584	339,936	0,133
	1	0,378	0,0001	2,533	13,117	383,762	0,150
VOILE(C1/G2)	15	0,439	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	1,545	0,003	0,015	0,015	1,293	0,002
	13	1,460	0,002	0,060	0,075	6,862	0,011
	12	1,400	0,002	0,136	0,211	15,989	0,026
	11	1,359	0,002	0,241	0,452	28,319	0,047
	10	1,323	0,002	0,376	0,828	43,568	0,072
	9	1,271	0,002	0,542	1,370	61,468	0,102
	8	1,194	0,002	0,738	2,108	81,752	0,135
	7	1,101	0,002	0,964	3,072	104,156	0,173
	6	1,019	0,002	1,220	4,292	128,416	0,213
	5	0,954	0,002	1,506	5,798	154,267	0,256
	4	0,887	0,001	1,822	7,620	181,455	0,301
	3	0,770	0,001	2,168	9,788	209,758	0,347
	2	0,548	0,001	2,545	12,333	239,131	0,396
	1	0,301	0,000	2,952	15,285	270,400	0,448
VOILE(2/2')	15	1,006	0,005	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,835	0,004	0,016	0,016	0,342	0,002
	13	0,796	0,004	0,064	0,080	3,297	0,015
	12	0,763	0,004	0,145	0,225	8,253	0,038
	11	0,748	0,003	0,257	0,482	14,962	0,069
	10	0,699	0,003	0,402	0,883	23,256	0,107
	9	0,667	0,003	0,578	1,462	32,987	0,152
	8	0,632	0,003	0,787	2,249	44,010	0,203
	7	0,595	0,003	1,028	3,277	56,181	0,259
	6	0,554	0,003	1,301	4,578	69,359	0,320
	5	0,506	0,002	1,606	6,184	83,401	0,385
	4	0,445	0,002	1,944	8,128	98,177	0,453
	3	0,364	0,002	2,313	10,441	113,603	0,524
	2	0,261	0,001	2,715	13,156	129,797	0,599
	1	0,117	0,001	3,148	16,304	147,787	0,681

TAB (IX-5) : VOILES A UNE SEULE FILE D'OUVERTURES SOUS CHARGEMENT HORIZONTAL

		T ₁ (t)	T ₂ (t)	T ₃ (t)	T ₄ (t)	P ₁ (t)	P ₂ (t)	P ₃ (t)	N ₁ (t)	N ₂ (t)	N ₃ (t)	N ₄ (t)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	M ₃ (tm)	M ₄ (tm)
VOILE (D/F)	15	0,005	0,336	0,073	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	0,016	1,183	0,256	0,096	0,572	0,759	0,115	0,572	0,187	0,644	0,115	-0,004	-0,292	-0,063	-0,024
	13	0,015	1,118	0,242	0,091	1,094	1,452	0,220	1,666	0,544	1,232	0,335	-0,004	-0,283	-0,061	-0,023
	12	0,015	1,072	0,232	0,087	1,584	2,101	0,318	3,251	1,062	1,783	0,653	-0,004	-0,262	-0,057	-0,021
	11	0,014	1,041	0,225	0,085	2,035	2,700	0,409	5,286	1,726	2,291	1,062	-0,003	-0,240	-0,052	-0,019
	10	0,014	1,014	0,219	0,082	2,447	3,246	0,492	7,732	2,525	2,754	1,554	-0,003	-0,218	-0,047	-0,018
	9	0,013	0,974	0,211	0,079	2,819	3,740	0,566	10,552	3,446	3,173	2,120	-0,003	-0,196	-0,042	-0,016
	8	0,013	0,914	0,198	0,074	3,152	4,182	0,633	13,704	4,475	3,549	2,754	-0,002	-0,174	-0,038	-0,014
	7	0,012	0,843	0,182	0,068	3,447	4,572	0,693	17,150	5,601	3,880	3,446	-0,002	-0,153	-0,033	-0,012
	6	0,011	0,780	0,169	0,063	3,701	4,910	0,744	20,852	6,810	4,166	4,190	-0,002	-0,131	-0,028	-0,011
	5	0,010	0,731	0,158	0,059	3,917	5,196	0,787	24,769	8,089	4,409	4,977	-0,002	-0,109	-0,024	-0,009
	4	0,009	0,679	0,147	0,055	4,093	5,430	0,822	28,862	9,426	4,608	5,799	-0,001	-0,087	-0,019	-0,007
	3	0,008	0,590	0,128	0,048	4,231	5,612	0,850	33,093	10,807	4,762	6,649	-0,001	-0,065	-0,014	-0,005
	2	0,006	0,420	0,091	0,034	4,329	5,742	0,870	37,422	12,221	4,873	7,519	0,000	-0,031	-0,007	-0,003
	1	0,003	0,231	0,050	0,019	4,388	5,820	0,882	41,809	13,654	4,939	8,401	0,004	0,295	0,064	0,024
VOILE (C1/G2)	15	19,292	0,154	10,332	22,333	6,558	5,725	9,504	6,558	0,834	3,779	9,504	0,000	0,000	0,000	0,000
	14	15,527	0,124	8,316	17,974	9,243	8,068	13,395	15,802	2,009	9,106	22,899	-29,337	-0,234	-15,712	-33,961
	13	14,626	0,117	7,833	16,931	14,942	13,042	21,653	30,744	3,908	17,717	44,552	-36,056	-0,287	-19,310	-41,739
	12	13,963	0,111	7,478	16,163	21,085	18,405	30,556	51,829	6,588	29,868	75,108	-35,927	-0,286	-19,242	-41,590
	11	13,471	0,107	7,215	15,594	26,998	23,566	39,124	78,827	10,020	45,425	114,232	-33,725	-0,269	-18,062	-39,041
	10	13,018	0,104	6,972	15,070	32,473	28,345	47,059	111,300	14,148	64,139	161,291	-30,894	-0,246	-16,546	-35,764
	9	12,393	0,099	6,637	14,347	37,451	32,690	54,272	148,751	18,909	85,721	215,563	-27,869	-0,222	-14,926	-32,262
	8	11,519	0,092	6,169	13,335	41,912	36,584	60,736	190,663	24,237	109,874	276,300	-24,772	-0,197	-13,267	-28,677
	7	10,510	0,084	5,629	12,166	45,850	40,021	66,443	236,512	30,065	136,295	342,743	-21,611	-0,172	-11,574	-25,017
	6	9,611	0,077	5,147	11,126	49,263	43,001	71,390	285,775	36,327	164,684	414,132	-18,289	-0,146	-9,795	-21,172
	5	8,888	0,071	4,760	10,289	52,151	45,522	75,575	337,927	42,957	194,738	489,708	-14,454	-0,115	-7,741	-16,732
	4	8,155	0,065	4,367	9,440	54,515	47,585	79,000	392,442	49,887	226,153	568,708	-8,926	-0,071	-4,780	-10,332
	3	6,991	0,056	3,744	8,093	54,357	47,448	78,772	446,799	56,797	257,477	647,480	2,192	0,017	1,174	2,537
	2	4,909	0,039	2,629	5,683	48,449	42,290	70,210	495,248	62,955	285,397	717,690	31,771	0,253	17,016	36,779
	1	2,629	0,021	1,408	3,044	34,682	30,274	50,260	529,931	67,364	305,384	767,950	122,332	0,975	65,517	141,614

TAB (IX-6) : ETUDE DES VOILES(D/F) (C1/G2) SOUS CHARGEMENT HORIZONTAL

	T ₁ (t)	T ₂ (t)	T ₃ (t)	T ₄ (t)	P ₁ (t)	P ₂ (t)	P ₃ (t)	N ₁ (t)	N ₂ (t)	N ₃ (t)	N ₄ (t)	M ₁ (tm)	M ₂ (tm)	M ₃ (tm)	M ₄ (tm)
1	2,629	0,021	1,408	3,044	34,682	30,274	50,260	529,931	67,364	305,384	767,950	122,332	0,975	65,517	141,614
15	0,608	0,809	0,927	1,249	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
14	0,493	0,657	0,752	1,013	2,805	0,939	0,470	2,805	1,866	0,469	0,470	-0,096	-0,127	-0,146	-0,196
13	0,470	0,625	0,716	0,965	5,410	1,811	0,907	8,215	5,466	1,373	1,377	-0,090	-0,120	-0,137	-0,184
12	0,451	0,600	0,687	0,925	7,830	2,621	1,312	16,045	10,675	2,681	2,689	-0,083	-0,110	-0,126	-0,170
11	0,441	0,587	0,672	0,905	10,056	3,366	1,685	26,101	17,365	4,362	4,374	-0,076	-0,101	-0,116	-0,156
10	0,412	0,548	0,627	0,845	12,089	4,046	2,026	38,190	25,407	6,382	6,400	-0,069	-0,092	-0,105	-0,142
9	0,392	0,522	0,598	0,805	13,928	4,662	2,334	52,117	34,673	8,709	8,734	-0,062	-0,083	-0,095	-0,128
8	0,371	0,494	0,566	0,763	15,573	5,212	2,610	67,690	45,034	11,312	11,344	-0,055	-0,074	-0,084	-0,114
7	0,349	0,464	0,531	0,716	17,025	5,698	2,853	84,715	56,360	14,157	14,198	-0,048	-0,064	-0,074	-0,099
6	0,324	0,432	0,494	0,666	18,283	6,119	3,064	102,998	68,524	17,212	17,262	-0,041	-0,055	-0,063	-0,085
5	0,296	0,394	0,451	0,607	19,348	6,476	3,243	122,345	81,396	20,445	20,504	-0,035	-0,046	-0,053	-0,071
4	0,259	0,345	0,395	0,533	20,219	6,767	3,389	142,564	94,847	23,824	23,893	-0,028	-0,037	-0,042	-0,057
3	0,212	0,282	0,323	0,436	20,896	6,994	3,502	163,460	108,749	27,316	27,395	-0,021	-0,028	-0,032	-0,043
2	0,152	0,202	0,231	0,312	21,380	7,156	3,583	184,841	122,974	30,889	30,978	-0,013	-0,018	-0,020	-0,028
1	0,068	0,091	0,104	0,141	21,671	7,253	3,632	206,511	137,391	34,511	34,610	0,031	0,041	0,047	0,064

TAB (IX-7) : ETUDE DES VOILES(1/1') SOUS CHARGEMENT HORIZONTAL

II. SOUS CHARGES VERTICALES :

La distribution des charges verticales et les surcharges sur un élément du refend «trumeau » se fait proportionnellement à leur longueur :

$$G_i = (L_i/L) * G$$

$$Q_i = (L_i/L) * Q$$

G : charge permanente revenant au voile considéré et au niveau considéré

G_i : charge permanente revenant au trumeau ' «i»

Q : surcharge revenant au voile considéré et au niveau considéré

Q_i : surcharge revenant au trumeau «i»

L : la longueur totale de voile

$$L_i = L_T + 1/2L_{l_i}$$

L_T : la longueur du trumeau

L_{l_i} : la longueur du linteau

III. COMBINAISON DES ACTIONS :

Les combinaisons des actions sismiques et des actions dues aux charges verticales sont données par les «RPA 88 » :

★ LES COMBINAISONS DONNANT L'EFFORT NORMAL DANS LES VOILES PLEINS :

$$\Leftrightarrow N_{MAX} = G + Q$$

$$\Leftrightarrow N_{MIN} = 0.8G$$

★ LES COMBINAISONS DONNANT L'EFFORT NORMAL DANS LES VOILES A PLUSIEURS FILES D'OUVERTURES :

$$\Leftrightarrow N_{MAX} = G + Q + N$$

$$\Leftrightarrow N_{MIN} = 0.8G \pm N$$

★ LES COMBINAISONS DONNANT L'EFFORT TRANCHANT DANS LES TRUMEAUX :
seul l'effort tranchant sismique est à envisager

$$\Leftrightarrow T = T_E$$

★ LES COMBINAISONS DONNANT LE MOMENT FLECHISSANT DANS LES TRUMEAUX :
Seul le moment dû au séisme est envisager

$$\Leftrightarrow M = M_E$$

CHARGES PERMANENTES										
	A1/I2	A2/I1	B1/H2	B2/H1	C1/G2	C2/G1	D/F	(1/1')	(2/2')	(3/3')
T	15,905	9,443	24,028	16,998	18,793	18,793	77,374	25,825	26,393	25,825
14	24,186	17,545	35,539	29,409	25,2946	24,621	113,625	40,295	37,408	43,345
13	51,859	47,626	74,359	66,509	57,2246	31,607	210,191	70,949	65,834	77,049
12	77,341	73,108	109,197	102,243	88,338	59,936	306,757	101,604	94,261	110,753
11	102,823	98,590	144,035	137,977	119,451	88,264	403,323	132,257	122,687	144,457
10	128,305	124,072	178,874	173,711	150,565	116,592	499,889	162,911	151,114	178,161
9	153,787	149,554	213,712	209,445	181,678	144,921	596,455	193,565	179,541	211,865
8	179,269	175,036	248,549	245,179	212,792	173,249	693,021	224,219	207,967	245,569
7	204,751	200,518	283,387	280,913	243,905	201,578	789,5871	254,873	236,394	279,273
6	230,232	226,000	318,225	316,647	275,018	229,906	886,1531	285,527	264,821	312,977
5	255,714	251,482	353,064	352,381	306,132	258,234	982,7191	316,181	293,247	346,681
4	281,196	276,964	387,902	388,115	337,245	286,563	1079,285	346,835	321,674	380,385
3	306,678	302,446	422,739	423,849	368,358	314,891	1175,851	377,489	350,101	414,089
2	332,160	327,928	457,577	459,583	399,472	343,220	1272,417	408,143	378,527	447,793
1	357,642	353,410	492,414	495,317	430,585	371,548	1368,983	438,797	406,954	481,497
R.d.C	383,124	378,892	527,254	531,051	461,698	399,876	1465,549	469,451	435,380	515,201
SURCHARGES D'EXPLOITATION										
T	2,274	1,183	3,587	2,497	2,833	2,833	11,925	3,841	4,132	3,841
14	2,274	1,183	3,587	2,497	2,833	2,833	11,925	3,841	4,132	3,841
13	5,587	4,226	9,385	7,233	7,405	7,405	28,179	8,322	8,953	8,322
12	9,311	7,950	15,831	13,679	12,899	12,899	44,433	12,803	13,774	12,803
11	13,035	11,674	22,277	20,125	18,394	18,394	60,687	17,284	18,596	17,284
10	16,759	15,398	28,723	26,571	23,888	23,888	76,941	21,765	23,417	21,765
9	20,483	19,122	35,169	33,017	29,382	29,383	93,195	26,247	28,238	26,247
8	24,207	22,846	41,615	39,463	34,877	34,877	109,449	30,728	33,059	30,728
7	27,931	26,570	48,061	45,909	40,371	40,371	125,703	35,209	37,880	35,209
6	31,655	30,294	54,507	52,355	45,865	45,865	141,957	39,690	42,702	39,690
5	35,379	34,018	60,953	58,801	51,359	51,359	158,211	44,171	47,523	44,171
4	39,103	37,742	67,399	65,247	56,854	56,854	174,465	48,653	52,344	48,653
3	42,827	41,466	73,845	71,693	62,348	62,348	190,719	53,134	57,165	53,134
2	46,551	45,190	80,291	78,139	67,842	67,843	206,973	57,615	61,986	57,615
1	50,275	48,914	86,737	84,585	73,337	73,337	223,227	62,096	66,808	62,096
R.d.C	53,999	52,638	93,183	91,031	78,831	78,831	239,481	66,577	71,629	66,577

TAB (IX-8) : DESCENTE DE CHARGES

		TRUMEAU (1)					TRUMEAU (2)				
		G(O)	Q(O)	N(O)	0,8G-N	N+G+Q	G(O)	Q(O)	N(O)	0,8G-N	N+G+Q
VOILE (B2/H1)	14	26,174	2,223	0	20,939	28,397	3,529	0,299	0	2,823	3,829
	13	59,193	6,438	0,013	47,341	65,644	7,981	0,868	0,0129	6,372	8,862
	12	90,996	12,175	0,065	72,732	103,236	12,269	1,641	0,0646	9,751	13,975
	11	122,800	17,912	0,181	98,059	140,893	16,557	2,415	0,1809	13,065	19,153
	10	154,603	23,649	0,388	123,295	178,639	20,845	3,188	0,3877	16,289	24,422
	9	186,406	29,386	0,711	148,414	216,503	25,133	3,962	0,7108	19,396	29,806
	8	218,209	35,123	1,176	173,391	254,508	29,422	4,735	1,1760	22,361	35,333
	7	250,013	40,860	1,809	198,201	292,682	33,709	5,509	1,8093	25,158	41,028
	6	281,816	46,597	2,636	222,816	331,049	37,997	6,282	2,6364	27,762	46,917
	5	313,619	52,334	3,683	247,212	369,636	42,286	7,056	3,6832	30,145	53,025
	4	345,422	58,071	4,976	271,362	408,469	46,574	7,829	4,9756	32,283	59,379
	3	377,226	63,808	6,539	295,241	447,573	50,862	8,603	6,5393	34,150	66,004
	2	409,029	69,545	8,400	318,823	486,974	55,149	9,376	8,4003	35,720	72,927
	1	440,832	75,281	10,584	342,081	526,698	59,438	10,150	10,584	36,966	80,173
VOILE (C1/G2)	14	21,474	2,406	0,000	17,179	23,880	3,821	0,428	0,000	3,056	4,249
	13	48,581	6,287	0,015	38,850	54,883	8,643	1,119	0,015	6,900	9,777
	12	74,995	10,951	0,075	59,921	86,022	13,343	1,948	0,075	10,599	15,366
	11	101,409	15,616	0,211	80,917	117,236	18,042	2,778	0,211	14,223	21,031
	10	127,823	20,280	0,452	101,807	148,555	22,742	3,608	0,452	17,741	26,801
	9	154,237	24,945	0,828	122,562	180,010	27,441	4,438	0,828	21,125	32,707
	8	180,651	29,609	1,370	143,151	211,631	32,140	5,268	1,370	24,342	38,779
	7	207,065	34,274	2,108	163,544	243,447	36,840	6,098	2,108	27,364	45,046
	6	233,479	38,938	3,072	183,711	275,489	41,539	6,928	3,072	30,159	51,539
	5	259,893	43,602	4,292	203,623	307,787	46,239	7,757	4,292	32,699	58,288
	4	286,307	48,267	5,798	223,248	340,372	50,938	8,587	5,798	34,953	65,323
	3	312,721	52,931	7,620	242,557	373,272	55,637	9,417	7,620	36,890	72,674
	2	339,135	57,596	9,788	261,520	406,519	60,337	10,247	9,788	38,481	80,372
	1	365,549	62,260	12,333	280,106	440,142	65,036	11,077	12,333	39,696	88,446
VOILE (2/2)	14	30,109	3,326	0	24,087	33,435	7,299	0,806	0	5,839	8,105
	13	52,989	7,207	0,016	42,375	60,212	12,846	1,747	0,016	10,261	14,609
	12	75,869	11,087	0,080	60,615	87,036	18,392	2,688	0,080	14,634	21,161
	11	98,749	14,968	0,225	78,774	113,941	23,939	3,629	0,225	18,926	27,792
	10	121,629	18,848	0,482	96,821	140,959	29,486	4,569	0,482	23,107	34,537
	9	144,509	22,729	0,883	114,723	168,121	35,032	5,510	0,883	27,142	41,426
	8	167,389	26,609	1,462	132,449	195,459	40,579	6,451	1,462	31,001	48,491
	7	190,269	30,490	2,249	149,966	223,007	46,126	7,391	2,249	34,652	55,766
	6	213,148	34,370	3,277	167,242	250,795	51,672	8,332	3,277	38,061	63,281
	5	236,028	38,250	4,578	184,245	278,857	57,219	9,273	4,578	41,197	71,070
	4	258,908	42,131	6,184	200,942	307,224	62,766	10,214	6,184	44,028	79,164
	3	281,788	46,011	8,128	217,303	335,928	68,312	11,154	8,128	46,522	87,595
	2	304,668	49,892	10,441	233,293	365,001	73,859	12,095	10,441	48,646	96,395
	1	327,548	53,772	13,156	248,883	394,477	79,406	13,036	13,156	50,369	105,597

Tab (XI-9) : COMBINAISON DES ACTIONS POUR LES VOILES A UNE SEULE FILE D'OUVERTURES

		VOILE (A1/I2)					VOILE (B1/II2)				
		G(I)	Q(I)	N(I)	0,8G-N	N+G+Q	G(I)	Q(I)	N(I)	0,8G-N	N+G+Q
TRUMEAU (1)	14	12,335	1,160	0,000	9,868	13,495	21,324	2,153	1,011	16,048	24,487
	13	26,448	2,850	2,110	19,049	31,407	44,616	5,631	2,792	32,901	53,039
	12	39,444	4,749	5,820	25,735	50,012	65,519	9,499	5,896	46,519	80,914
	11	52,440	6,648	11,151	30,801	70,239	86,422	13,367	10,350	58,787	110,138
	10	65,435	8,547	18,000	34,348	91,983	107,324	17,234	16,072	69,788	140,630
	9	78,431	10,446	26,240	36,504	115,118	128,227	21,102	22,955	79,626	172,284
	8	91,427	12,346	35,741	37,401	139,513	149,130	24,969	30,892	88,412	204,991
	7	104,423	14,245	46,368	37,170	165,036	170,033	28,837	39,771	96,255	238,640
	6	117,419	16,144	57,990	35,944	191,553	190,936	32,705	49,481	103,268	273,121
	5	130,414	18,043	70,475	33,857	218,932	211,838	36,572	59,911	109,559	308,322
	4	143,410	19,943	83,688	31,040	247,041	232,741	40,440	70,952	115,241	344,133
	3	156,406	21,842	97,499	27,626	275,747	253,644	44,307	82,491	120,424	380,442
	2	169,402	23,741	111,774	23,747	304,917	274,547	48,175	94,418	125,219	417,140
	1	182,397	25,640	126,380	19,538	334,418	295,450	52,043	106,622	129,737	454,114
TRUMEAU (2)	14	6,288	0,591	0,000	5,0308	6,880	6,042	0,610	0,456	4,377	7,108
	13	13,483	1,453	0,712	10,0750	15,648	12,641	1,596	4,324	5,789	18,560
	12	20,109	2,421	1,963	14,1236	24,493	18,564	2,691	9,132	5,719	30,387
	11	26,734	3,389	3,762	17,6254	33,885	24,486	3,787	16,030	3,559	44,303
	10	33,359	4,357	6,072	20,6151	43,789	30,409	4,883	24,891	-0,564	60,183
	9	39,985	5,326	8,852	23,1354	54,162	36,331	5,979	35,553	-6,488	77,863
	8	46,610	6,294	12,057	25,2308	64,961	42,253	7,075	47,845	-14,042	97,173
	7	53,235	7,262	15,642	26,9458	76,140	48,176	8,170	61,596	-23,055	117,943
	6	59,860	8,230	19,563	28,3253	87,654	54,098	9,266	76,635	-33,356	140,000
	5	66,486	9,199	23,775	29,4140	99,459	60,021	10,362	92,790	-44,773	163,173
	4	73,111	10,167	28,232	30,2566	111,510	65,943	11,458	109,889	-57,134	187,290
	3	79,736	11,135	32,891	30,8978	123,763	71,866	12,554	127,760	-70,268	212,180
	2	86,362	12,103	37,707	31,3824	136,172	77,788	13,650	146,233	-84,002	237,671
	1	92,987	13,072	42,634	31,7552	148,693	83,711	14,745	165,134	-98,166	263,591
TRUMEAU (3)	14	5,563	0,523	0,000	4,450	6,086	8,174	0,825	0,555	5,985	9,554
	13	11,928	1,285	1,398	8,144	14,611	17,103	2,159	1,532	12,150	20,793
	12	17,788	2,142	3,856	10,374	23,787	25,116	3,641	3,236	16,857	31,992
	11	23,649	2,998	7,389	11,530	34,037	33,128	5,124	5,680	20,823	43,932
	10	29,510	3,855	11,928	11,680	45,292	41,141	6,606	8,820	24,093	56,567
	9	35,371	4,711	17,388	10,908	57,470	49,154	8,089	12,597	26,726	69,840
	8	41,232	5,568	23,684	9,302	70,483	57,166	9,572	16,953	28,780	83,691
	7	47,093	6,424	30,726	6,948	84,243	65,179	11,054	21,825	30,318	98,059
	6	52,953	7,281	38,427	3,935	98,662	73,192	12,537	27,154	31,399	112,883
	5	58,814	8,137	46,700	0,351	113,652	81,205	14,019	32,878	32,086	128,102
	4	64,675	8,994	55,456	-3,716	129,125	89,217	15,502	38,937	32,437	143,656
	3	70,536	9,850	64,608	-8,179	144,994	97,230	16,984	45,269	32,515	159,484
	2	76,397	10,707	74,067	-12,950	161,171	105,243	18,467	51,815	32,380	175,525
	1	82,258	11,563	83,746	-17,940	177,567	113,256	19,950	58,512	32,092	191,717

TAB (IX-10) : COMBINAISON DES ACTIONS POUR LES VOILES A DEUX FILES
D'OUVERTURES

		VOILE (C2/G1)					VOILE (D/F)				
		G(t)	Q(t)	N(t)	0,8G-N	N+G+Q	G(t)	Q(t)	N(t)	0,8G-N	N+G+Q
TRUPEAU (1)	14	2,949	0,339	0,000	2,360	3,289	34,762	3,648	6,558	21,251	44,969
	13	3,786	0,887	0,572	2,457	5,245	64,305	8,621	15,802	35,642	88,728
	12	7,180	1,545	1,666	4,077	10,391	93,848	13,594	30,744	44,335	138,185
	11	10,573	2,203	3,251	5,208	16,027	123,391	18,566	51,829	46,884	193,786
	10	13,967	2,862	5,286	5,888	22,114	152,934	23,539	78,827	43,520	255,299
	9	17,360	3,520	7,732	6,156	28,612	182,477	28,512	111,300	34,681	322,288
	8	20,754	4,178	10,552	6,052	35,483	212,020	33,484	148,751	20,865	394,255
	7	24,147	4,836	13,704	5,614	42,687	241,563	38,457	190,663	2,587	470,682
	6	27,541	5,494	17,150	4,882	50,186	271,105	43,430	236,512	-19,628	551,048
	5	30,934	6,152	20,852	3,896	57,939	300,648	48,402	285,775	-45,257	634,826
	4	34,328	6,811	24,769	2,693	65,907	330,191	53,375	337,927	-73,774	721,493
	3	37,721	7,469	28,862	1,315	74,053	359,734	58,348	392,442	-104,654	810,524
	2	41,115	8,127	33,093	-0,201	82,335	389,277	63,320	446,799	-135,377	899,397
	1	44,508	8,785	37,422	-1,815	90,715	418,820	68,293	495,248	-160,192	982,361
TRUPEAU (2)	14	9,105	1,048	0,000	7,284	10,152	11,036	1,158	0,834	7,995	13,027
	13	11,688	2,738	0,187	9,164	14,613	20,414	2,737	2,009	14,323	25,160
	12	22,164	4,770	0,544	17,187	27,478	29,793	4,315	3,908	19,926	38,016
	11	32,639	6,802	1,062	25,050	40,503	39,172	5,894	6,588	24,749	51,654
	10	43,115	8,834	1,726	32,766	53,675	48,550	7,473	10,020	28,820	66,043
	9	53,590	10,865	2,525	40,347	66,981	57,929	9,051	14,148	32,195	81,129
	8	64,066	12,897	3,446	47,807	80,409	67,308	10,630	18,909	34,937	96,847
	7	74,542	14,929	4,475	55,158	93,946	76,687	12,209	24,237	37,112	113,132
	6	85,017	16,961	5,601	62,413	107,579	86,065	13,787	30,065	38,787	129,918
	5	95,493	18,992	6,810	69,585	121,295	95,444	15,366	36,327	40,028	147,137
	4	105,968	21,024	8,089	76,686	135,082	104,823	16,944	42,957	40,901	164,724
	3	116,444	23,056	9,426	83,729	148,926	114,201	18,523	49,887	41,474	182,611
	2	126,920	25,088	10,807	90,728	162,815	123,580	20,102	56,797	42,068	200,478
	1	137,395	27,119	12,221	97,695	176,736	132,959	21,680	62,955	43,412	217,594
TRUPEAU (3)	14	7,438	0,856	0,000	5,950	8,294	31,063	3,260	3,779	21,071	38,102
	13	9,548	2,237	0,644	6,994	12,429	57,462	7,704	9,106	36,864	74,272
	12	18,106	3,897	1,232	13,253	23,234	83,862	12,147	17,717	49,373	113,725
	11	26,663	5,557	1,783	19,547	34,003	110,261	16,591	29,868	58,341	156,719
	10	35,221	7,216	2,291	25,886	44,728	136,660	21,034	45,425	63,903	203,120
	9	43,778	8,876	2,754	32,268	55,408	163,060	25,478	64,139	66,309	252,676
	8	52,336	10,536	3,173	38,695	66,045	189,459	29,921	85,721	65,846	305,101
	7	60,893	12,195	3,549	45,166	76,637	215,858	34,365	109,874	62,813	360,097
	6	69,451	13,855	3,880	51,681	87,186	242,258	38,808	136,295	57,511	417,361
	5	78,008	15,515	4,166	58,240	97,690	268,657	43,252	164,684	50,241	476,593
	4	86,566	17,175	4,409	64,843	108,150	295,056	47,695	194,738	41,308	537,489
	3	95,123	18,834	4,608	71,491	118,566	321,456	52,139	226,153	31,012	599,748
	2	103,681	20,494	4,762	78,182	128,937	347,855	56,583	257,477	20,807	661,915
	1	112,238	22,154	4,873	84,918	139,265	374,254	61,026	285,397	14,006	720,678
TRUPEAU (4)	14	5,129	0,590	0,000	4,104	5,720	36,397	3,820	9,504	19,613	49,721
	13	6,585	1,543	0,115	5,153	8,243	67,329	9,026	22,899	30,964	99,255
	12	12,487	2,687	0,335	9,654	15,509	98,262	14,233	44,552	34,057	157,047
	11	18,388	3,832	0,653	14,058	22,874	129,194	19,439	75,108	28,247	223,742
	10	24,290	4,977	1,062	18,370	30,329	160,126	24,646	114,232	13,869	299,004
	9	30,192	6,121	1,554	22,600	37,867	191,059	29,853	161,291	-8,444	382,202
	8	36,094	7,266	2,120	26,755	45,480	221,991	35,059	215,563	-37,970	472,613
	7	41,995	8,411	2,754	30,843	53,160	252,923	40,266	276,300	-73,961	569,489
	6	47,897	9,555	3,446	34,872	60,898	283,856	45,472	342,743	-115,658	672,071
	5	53,799	10,700	4,190	38,849	68,689	314,788	50,679	414,132	-162,302	779,599
	4	59,701	11,845	4,977	42,784	76,522	345,721	55,885	489,708	-213,131	891,314
	3	65,602	12,989	5,799	46,683	84,391	376,653	61,092	568,708	-267,385	1006,453
	2	71,504	14,134	6,649	50,554	92,287	407,585	66,298	647,480	-321,412	1121,364
	1	77,406	15,279	7,519	54,406	100,203	438,518	71,505	717,690	-366,876	1227,713

		G(t)	Q(t)	N(t)	0.8G-N	N+G+Q
TRUMEAU (1)	14	7.921	0.657	0.000	6.337	8.578
	13	13.947	1.423	2.805	8.353	18.175
	12	19.973	2.189	8.215	7.763	30.377
	11	25.999	2.955	16.045	4.754	44.999
	10	32.025	3.721	26.101	-0.481	61.847
	9	38.051	4.487	38.190	-7.749	80.728
	8	44.077	5.253	52.117	-16.855	101.447
	7	50.103	6.019	67.690	-27.607	123.812
	6	56.129	6.785	84.715	-39.811	147.629
	5	62.155	7.551	102.998	-53.274	172.704
	4	68.181	8.317	122.345	-67.800	198.844
	3	74.207	9.083	142.564	-83.198	225.854
	2	80.233	9.849	163.460	-99.274	253.543
	1	86.259	10.615	184.841	-115.833	281.715
TRUMEAU (2)	14	10.160	0.842	0.000	8.128	11.002
	13	17.889	1.825	1.866	12.445	21.580
	12	25.618	2.807	5.466	15.029	33.891
	11	33.347	3.790	10.675	16.003	47.811
	10	41.076	4.772	17.365	15.496	63.213
	9	48.805	5.755	25.407	13.637	79.967
	8	56.534	6.737	34.673	10.554	97.944
	7	64.263	7.720	45.034	6.377	117.016
	6	71.992	8.702	56.360	1.233	137.054
	5	79.721	9.685	68.524	-4.747	157.930
	4	87.450	10.667	81.396	-11.436	179.513
	3	95.179	11.650	94.847	-18.704	201.676
	2	102.908	12.632	108.749	-26.423	224.290
	1	110.637	13.615	122.974	-34.464	247.225
TRUMEAU (3)	14	11.538	0.956	0.000	9.230	12.494
	13	20.315	2.072	0.469	15.783	22.855
	12	29.092	3.188	1.373	21.900	33.652
	11	37.869	4.303	2.681	27.614	44.853
	10	46.646	5.419	4.362	32.955	56.427
	9	55.423	6.535	6.382	37.956	68.339
	8	64.200	7.651	8.709	42.650	80.560
	7	72.977	8.766	11.312	47.069	93.055
	6	81.754	9.882	14.157	51.246	105.793
	5	90.531	10.998	17.212	55.212	118.741
	4	99.308	12.114	20.445	59.001	131.867
	3	108.085	13.229	23.824	62.643	145.138
	2	116.862	14.345	27.316	66.173	158.523
	1	125.639	15.461	30.889	69.622	171.988
TRUMEAU (4)	14	10.677	0.885	0.000	8.541	11.562
	13	18.799	1.917	0.470	14.569	21.186
	12	26.921	2.950	1.377	20.160	31.247
	11	35.043	3.982	2.689	25.345	41.714
	10	43.165	5.015	4.374	30.157	52.554
	9	51.287	6.047	6.400	34.629	63.734
	8	59.409	7.080	8.734	38.792	75.223
	7	67.531	8.112	11.344	42.680	86.987
	6	75.653	9.145	14.198	46.324	98.995
	5	83.775	10.177	17.262	49.758	111.213
	4	91.897	11.210	20.504	53.013	123.610
	3	100.019	12.242	23.893	56.122	136.153
	2	108.141	13.274	27.395	59.118	148.810
	1	116.263	14.307	30.978	62.032	161.547

		T(t)	M(tm)	G(t)	Q(t)	0,8G(t)	G+Q(t)
VOILE (E)	14	1,283	0,000	38,1172	4,067	30,4937	42,1842
	13	9,215	3,861	66,765	8,812	53,412	75,577
	12	17,139	31,599	95,4126	13,557	76,330	108,9696
	11	25,050	83,186	124,06	18,302	99,248	142,362
	10	32,948	158,588	152,708	23,047	122,166	175,755
	9	40,828	257,760	181,355	27,792	145,084	209,147
	8	48,688	380,651	210,003	32,537	168,002	242,54
	7	56,528	527,202	238,651	37,282	190,921	275,933
	6	64,344	697,350	267,298	42,027	213,838	309,325
	5	72,136	891,025	295,946	46,772	236,756	342,718
	4	79,902	1108,154	324,593	51,517	259,674	376,11
	3	87,642	1348,660	353,241	56,262	282,593	409,503
	2	95,355	1612,464	381,889	61,007	305,511	442,896
	1	103,041	1899,484	410,536	65,752	328,428	476,288
	RDC	110,701	2209,638	439,184	70,497	351,347	509,681
VOILE (3/3')	14	4,118	0,000	43,345	3,841	34,676	47,186
	13	7,460	12,396	77,049	8,322	61,639	85,371
	12	10,645	34,852	110,754	12,804	88,603	123,557
	11	13,700	66,893	144,457	17,285	115,566	161,742
	10	16,692	108,129	178,162	21,766	142,529	199,927
	9	19,489	158,372	211,866	26,247	169,492	238,112
	8	22,157	217,032	245,569	30,728	196,456	276,297
	7	24,688	283,724	279,274	35,209	223,418	314,483
	6	27,068	358,034	312,977	39,691	250,382	352,668
	5	29,286	439,509	346,682	44,172	277,345	390,853
	4	31,313	527,661	380,386	48,653	304,308	429,038
	3	33,096	621,915	414,089	53,134	331,272	467,224
	2	34,556	721,532	447,794	57,615	358,235	505,409
	1	35,604	825,547	481,497	62,097	385,198	543,594
RDC	36,078	932,715	515,202	66,578	412,161	581,779	

TAB (IX-13) : COMBINAISON DES ACTIONS POUR LES VOILES PLEINS D'OUVERTURES

C
H
A
P
I
T
R
E
X

FERRAILLAGE
DES
VOILES

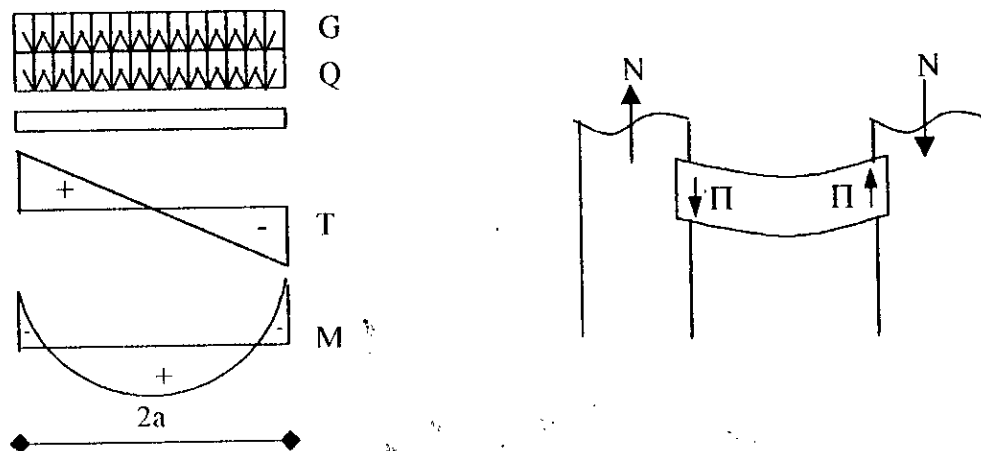
FERRAILLAGE DES LINTEAUX

I. INTRODUCTION :

Les linteaux sont des poutres de couplage horizontales de faible raideur, encastrées aux extrémités et reliant les deux trumeaux d'un même voile

II. SOLLICITATIONS DES LINTEAUX :

Les linteaux seront calculés en flexion simple, Ils sont sollicités par l'effort tranchant qui a été transmis aux trumeaux sous forme d'effort normal et un moment fléchissant (dû au séisme ainsi que leur poids)



FIG(X-1) : SOLLICITATIONS DANS LES LINTEAUX

Les sollicitations seront :

- Effort tranchant : $T = T_E + T_P$
- Moment fléchissant : $M = M_E + M_P$

T_E : Effort tranchant dû au séisme

T_P : Effort tranchant dû aux charges (G+Q)

M_E : Moment fléchissant dû au séisme

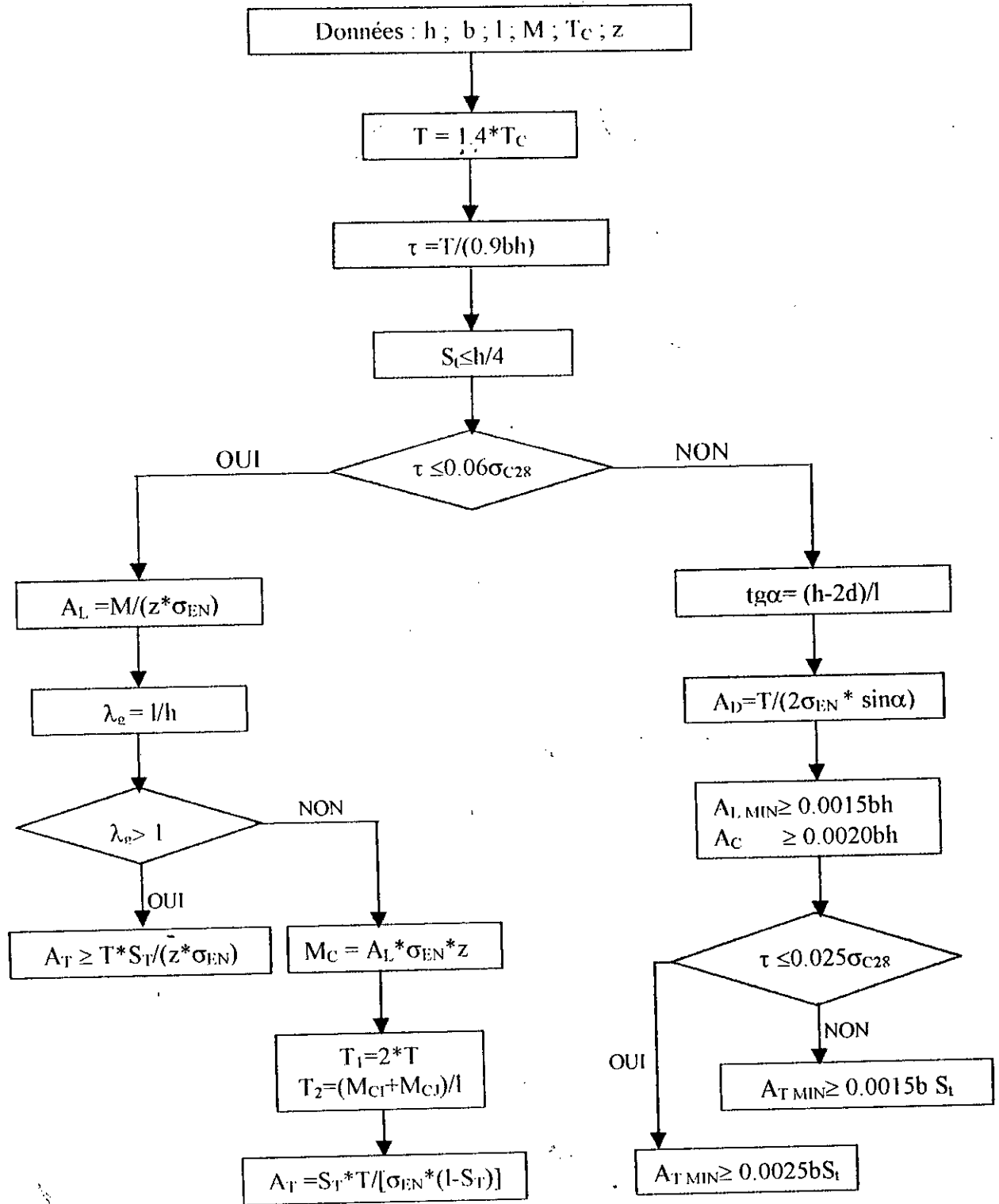
M_P : Moment fléchissant dû aux charges (G+Q)

Selon les RPA les efforts internes dus aux séismes seront majorés comme suit :

$$T_E = 1.4\Pi$$

$$M_E = 1.4\Pi a$$

Le ferrailage des linteaux sera calculé selon l'article «4.3.2.2 » du RPA88



ORGANIGRAMME : FERRAILLAGE DES LINTEAUX

III. EXEMPLE DE CALCUL : (LINTEAU DE VOILE (A1)) :

➤ SOLLICITATION :

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi = 14.805 \text{ t} \\ G = 1.870 \text{ t} \\ Q = 0.418 \text{ t} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} T_E = 20.728 \text{ t} \\ M_E = 12.437 \text{ t} \\ G = 1.122 \text{ t} \\ M_G = 0.224 \text{ t} \\ T_Q = 0.251 \text{ t} \\ M_Q = 0.050 \text{ t} \end{array} \right. \Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} T = 22.101 \text{ t} \\ M = 12.711 \text{ tm} \end{array} \right.$$

➤ VERIFICATION DE LA CONTRAINTE DE CISAILLEMENT :

$$b = 18 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$\tau_b = T/(zb) = 191.847 \text{ t/m}^2$$

$$(z = 0.9h)$$

$$\Leftrightarrow \tau_b \leq 0.2f_{c28}$$

$$(0.2f_{c28} = 500 \text{ t/m}^2)$$

On remarque que : $\tau_b > 0.06f_{c28}$ (150 t/m²)

Dans ce cas, il y a lieu de disposer les ferraillements longitudinaux, transversaux et en zone courante suivant le minimum réglementaire, les efforts (M, T) sont repris par des armatures diagonales (des armatures à disposer obligatoirement)

➤ ARMATURES DIAGONALES :

$$\therefore A_D = T_c / (2\sigma_{st} \sin\alpha)$$

Tel que : $\alpha = (h-2d)/l$

$$\therefore A_D = 5,164 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_D \Rightarrow 8\text{HA}10$$

➤ ARMATURES LONGITUDINALES :

$$\therefore A_L \geq 0,0015 \cdot 80 \cdot 18$$

$$\therefore A_L \geq 2,16 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_L \Rightarrow 2\text{HA}12$$

➤ ARMATURES TRANSVERSALES :

$$\tau > 0.025\sigma_{28}$$

$$\therefore A_T \geq 0.0025bS_c$$

$$\therefore A_T \geq 0.0025 \cdot 18 \cdot 20$$

$$\therefore A_T \geq 0.9 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_T \Rightarrow \text{HA}8$$

➤ ARMATURES DE PEAU :

$$\therefore A_C \geq 0,002bh$$

$$\therefore A_C \geq 0.002 \cdot 18 \cdot 80$$

$$\therefore A_C \geq 2.88 \text{ cm}^2$$

$$\therefore A_C \Rightarrow 6\text{HA}8$$

		P(t)	T _E (t)	M _E (tm)	T(t)	M(tm)	τ(t/m ²)	A _L (cm ²)	Choix A _L
VOILE (B2/H1)	13	0,052	0,072	0,043	2,216	0,472	19,236	0,155	2HA12
	12	0,116	0,163	0,098	2,306	0,527	20,022	0,173	2HA12
	11	0,207	0,289	0,174	2,433	0,603	21,121	0,198	2HA12
	10	0,323	0,452	0,271	2,596	0,7	22,534	0,230	2HA12
	9	0,465	0,651	0,391	2,795	0,82	24,262	0,269	2HA12
	8	0,633	0,887	0,532	3,03	0,961	26,304	0,316	2HA12
	7	0,827	1,158	0,695	3,302	1,124	28,66	0,369	2HA12
	6	1,047	1,466	0,879	3,609	1,308	31,33	0,430	2HA12
	5	1,292	1,809	1,086	3,953	1,515	34,314	0,498	2HA12
	4	1,564	2,189	1,314	4,333	1,743	37,612	0,573	2HA12
	3	1,861	2,605	1,563	4,749	1,992	41,224	0,655	2HA12
	2	2,184	3,058	1,835	5,201	2,264	45,151	0,744	2HA12
	1	2,533	3,546	2,128	5,69	2,557	49,391	0,841	2HA12
VOILE (C1/G2)	13	0,06	0,084	0,046	1,829	0,366	15,878	0,12	2HA12
	12	0,136	0,19	0,104	1,935	0,424	16,793	0,14	2HA12
	11	0,241	0,337	0,186	2,082	0,505	18,074	0,166	2HA12
	10	0,376	0,527	0,29	2,272	0,610	19,721	0,201	2HA12
	9	0,542	0,759	0,417	2,504	0,737	21,734	0,243	2HA12
	8	0,738	1,033	0,568	2,778	0,888	24,113	0,292	2HA12
	7	0,964	1,349	0,742	3,094	1,062	26,858	0,349	2HA12
	6	1,22	1,708	0,939	3,452	1,259	29,969	0,414	2HA12
	5	1,506	2,108	1,16	3,853	1,479	33,447	0,487	2HA12
	4	1,822	2,551	1,403	4,296	1,723	37,29	0,567	2HA12
	3	2,168	3,036	1,67	4,781	1,99	41,499	0,654	2HA12
	2	2,545	3,563	1,96	5,308	2,279	46,074	0,75	2HA12
	1	2,952	4,132	2,273	5,877	2,593	51,015	0,853	2HA12
VOILE (2/2')	13	0,0643	0,09	0,054	1,975	0,321	15,426	0,106	2HA12
	12	0,1446	0,202	0,121	2,087	0,389	16,305	0,128	2HA12
	11	0,257	0,36	0,216	2,244	0,483	17,535	0,159	2HA12
	10	0,4016	0,562	0,337	2,447	0,604	19,116	0,199	2HA12
	9	0,5783	0,81	0,486	2,694	0,753	21,049	0,248	2HA12
	8	0,7871	1,102	0,661	2,987	0,928	23,333	0,305	2HA12
	7	1,0281	1,439	0,864	3,324	1,131	25,968	0,372	2HA12
	6	1,3011	1,822	1,093	3,706	1,36	28,955	0,447	2HA12
	5	1,6063	2,249	1,349	4,134	1,616	32,293	0,532	2HA12
	4	1,9437	2,721	1,633	4,606	1,9	35,983	0,625	2HA12
	3	2,3131	3,238	1,943	5,123	2,21	40,024	0,727	2HA12
	2	2,7147	3,801	2,28	5,685	2,547	44,416	0,838	2HA12
	1	3,1484	4,408	2,645	6,292	2,912	49,16	0,958	2HA12

TAB (X-1) : FERRAILLAGE DES LINTEAUX POUR LES VOILES A UNE SEULE FILE D'OUVERTURES

		P(t)	TE	M(tm)	T(t)	M(tm)	$\tau(t/m^2)$	$A_1(m^2)$	Choix A_1
LINTEAU (1)	13	3,710	5,194	3,117	6,567	3,391	57,009	1,116	2HA12
	12	5,331	7,464	4,478	8,837	4,753	76,708	1,563	2HA12
	11	6,849	9,589	5,753	10,962	6,028	95,157	1,983	2HA12
	10	8,240	11,537	6,922	12,91	7,197	112,065	2,367	2HA14
	9	9,500	13,300	7,980	14,673	8,255	127,374	2,715	2HA14
	8	10,627	14,878	8,927	16,252	9,202	141,074	3,027	2HA14
	7	11,622	16,271	9,763	17,644	10,037	153,163	2,400	2HA14
	6	12,484	17,478	10,487	18,851	10,761	163,64	2,400	2HA14
	5	13,214	18,499	11,100	19,873	11,374	172,505	2,400	2HA14
	4	13,811	19,335	11,601	20,708	11,876	179,758	2,400	2HA14
	3	14,275	19,985	11,991	21,358	12,266	185,4	2,400	2HA14
	2	14,606	20,449	12,269	21,822	12,544	189,429	2,400	2HA14
	1	14,805	20,728	12,437	22,101	12,711	191,847	2,400	2HA14
LINTEAU (2)	13	2,459	3,442	2,065	4,815	2,34	41,798	0,770	2HA12
	12	3,533	4,946	2,967	6,319	3,242	54,852	1,066	2HA12
	11	4,539	6,354	3,812	7,727	4,087	67,077	1,344	2HA12
	10	5,461	7,645	4,587	9,018	4,861	78,281	1,599	2HA12
	9	6,295	8,813	5,288	10,187	5,563	88,426	1,830	2HA12
	8	7,042	9,859	5,916	11,232	6,19	97,504	2,036	2HA12
	7	7,701	10,782	6,469	12,155	6,744	105,515	2,218	2HA12
	6	8,273	11,582	6,949	12,955	7,224	112,457	2,376	2HA14
	5	8,756	12,259	7,355	13,632	7,63	118,332	2,510	2HA14
	4	9,152	12,812	7,687	14,186	7,962	123,138	2,619	2HA14
	3	9,459	13,243	7,946	14,616	8,22	126,876	2,704	2HA14
	2	9,679	13,551	8,13	14,924	8,405	129,547	2,765	2HA14
	1	9,811	13,735	8,241	15,108	8,516	131,149	2,801	2HA14

TAB (X-2) : FERRAILLAGE DES LINTEAUS DES VOILES (A1/I2)

		P(t)	TE	M(tm)	T(t)	M(tm)	$\tau(t/m^2)$	$A_L(cm^2)$	$A_T(cm^2)$	AD(m ²)
LINTEAU (1)	13	3,104	4,346	2,173	6,132	2,471	53,233	2HA12	0,54	
	12	4,454	6,236	3,118	8,022	3,416	69,636	2HA12	0,9	
	11	5,721	8,01	4,005	9,796	4,303	85,038	2HA12	0,9	
	10	6,884	9,637	4,819	11,424	5,116	99,165	2HA12	0,9	
	9	7,937	11,111	5,556	12,898	5,853	111,958	2HA12	0,9	
	8	8,879	12,43	6,215	14,217	6,513	123,408	2HA12	0,935	
	7	9,71	13,594	6,797	15,381	7,095	133,512	2HA12	1,012	
	6	10,431	14,603	7,301	16,389	7,599	142,268	2HA12	1,078	
	5	11,04	15,456	7,728	17,243	8,026	149,677	2HA12	1,134	
	4	11,539	16,155	8,077	17,941	8,375	155,739	2HA12	0,9	4,192
	3	11,927	16,698	8,349	18,484	8,647	160,454	2HA12	0,9	4,319
	2	12,204	17,086	8,543	18,872	8,841	163,822	2HA12	0,9	4,409
	1	12,371	17,319	8,659	19,105	8,957	165,843	2HA12	0,9	4,464
LINTEAU (2)	13	1,704	2,385	1,193	4,171	1,49	36,21	2HA12		
	12	2,444	3,422	1,711	5,208	2,009	45,212	2HA12		
	11	3,14	4,396	2,198	6,182	2,496	53,664	2HA12		
	10	3,778	5,289	2,644	7,075	2,942	61,416	2HA12		
	9	4,355	6,098	3,049	7,884	3,347	68,438	2HA12		
	8	4,872	6,821	3,411	8,608	3,708	74,721	2HA12		
	7	5,329	7,46	3,73	9,247	4,028	80,265	2HA12		
	6	5,724	8,014	4,007	9,8	4,305	85,071	2HA12		
	5	6,059	8,482	4,241	10,269	4,539	89,137	2HA12		
	4	6,332	8,865	4,433	10,652	4,73	92,464	2HA12		
	3	6,545	9,164	4,582	10,95	4,879	95,051	2HA12		
	2	6,697	9,376	4,688	11,163	4,986	96,899	2HA12		
	1	6,789	9,504	4,752	11,291	5,05	98,008	2HA12		

TAB(X-3) : FERRAILLAGE DES LINTEAUS DES VOILES (B1/H2)

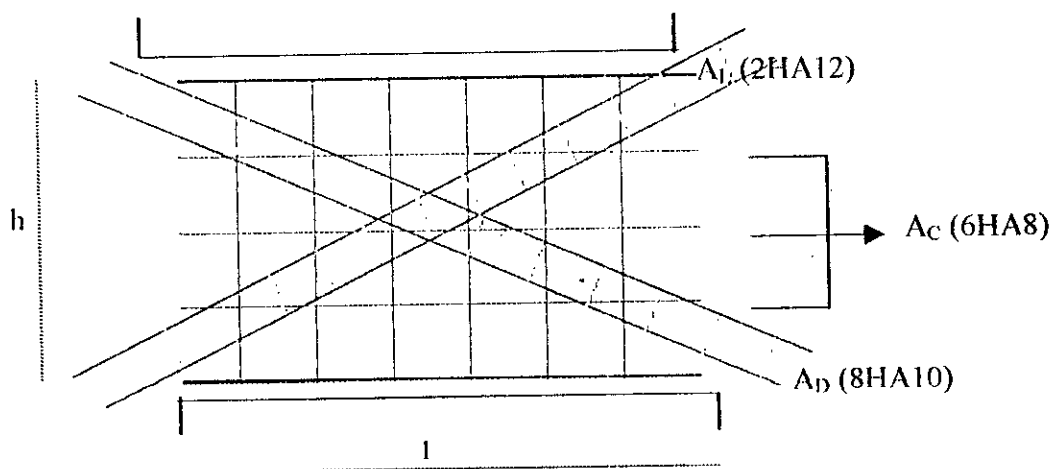


FIG (X-2) : SCHEMA DE FERRAILLAGE DU LINTEAU (1) DE NIVEAU (3)

		P(t)	F _r	M(tm)	T(t)	M(tm)	τ(t/m ²)	A _s (cm ²)	ChoX A _s
LINTEAU (1)	13	0,091	0,1271	0,07	1,8719	0,39	16,249	0,128	2HA12
	12	0,087	0,1219	0,067	1,8667	0,387	16,204	0,127	2HA12
	11	0,085	0,1183	0,065	1,8631	0,385	16,173	0,127	2HA12
	10	0,082	0,1152	0,063	1,86	0,383	16,146	0,126	2HA12
	9	0,079	0,1107	0,061	1,8555	0,381	16,107	0,125	2HA12
	8	0,074	0,1039	0,057	1,8487	0,377	16,048	0,124	2HA12
	7	0,068	0,0959	0,053	1,8407	0,373	15,978	0,123	2HA12
	6	0,063	0,0887	0,049	1,8335	0,369	15,916	0,121	2HA12
	5	0,059	0,0831	0,046	1,8279	0,366	15,867	0,12	2HA12
	4	0,055	0,0772	0,042	1,822	0,362	15,816	0,119	2HA12
	3	0,048	0,0671	0,037	1,8119	0,357	15,728	0,117	2HA12
	2	0,034	0,0477	0,026	1,7925	0,346	15,56	0,114	2HA12
	1	0,019	0,0262	0,014	1,771	0,334	15,374	0,11	2HA12
LINTEAU (2)	13	1,094	1,5321	0,766	3,1183	1,03	27,068	0,339	2HA12
	12	1,584	2,2178	1,109	3,804	1,373	33,021	0,452	2HA12
	11	2,035	2,849	1,425	4,4352	1,689	38,5	0,556	2HA12
	10	2,447	3,4254	1,713	5,0116	1,977	43,503	0,65	2HA12
	9	2,819	3,9469	1,973	5,5331	2,238	48,03	0,736	2HA12
	8	3,152	4,4134	2,207	5,9996	2,471	52,08	0,813	2HA12
	7	3,447	4,8251	2,413	6,4113	2,677	55,654	0,881	2HA12
	6	3,701	5,1819	2,591	6,7681	2,855	58,751	0,939	2HA12
	5	3,917	5,4838	2,742	7,07	3,006	61,372	0,989	2HA12
	4	4,093	5,7308	2,865	7,317	3,13	63,516	1,03	2HA12
	3	4,231	5,923	2,961	7,5092	3,226	65,184	1,061	2HA12
	2	4,329	6,0602	3,03	7,6464	3,294	66,375	1,084	2HA12
	1	4,388	6,1425	3,071	7,7287	3,336	67,09	1,097	2HA12
LINTEAU (3)	13	0,22	0,3078	0,277	3,163	1,134	27,456	0,373	2HA12
	12	0,318	0,4456	0,401	3,3008	1,258	28,653	0,414	2HA12
	11	0,409	0,5725	0,515	3,4276	1,372	29,754	0,451	2HA12
	10	0,492	0,6883	0,619	3,5434	1,476	30,759	0,486	2HA12
	9	0,566	0,793	0,714	3,6482	1,57	31,668	0,517	2HA12
	8	0,633	0,8868	0,798	3,7419	1,655	32,482	0,544	2HA12
	7	0,693	0,9695	0,873	3,8247	1,729	33,2	0,569	2HA12
	6	0,744	1,0412	0,937	3,8963	1,794	33,822	0,59	2HA12
	5	0,787	1,1019	0,992	3,957	1,848	34,349	0,608	2HA12
	4	0,822	1,1515	1,036	4,0066	1,893	34,78	0,623	2HA12
	3	0,85	1,1901	1,071	4,0452	1,928	35,115	0,634	2HA12
	2	0,87	1,2177	1,096	4,0728	1,952	35,354	0,642	2HA12
	1	0,882	1,2342	1,111	4,0894	1,967	35,498	0,647	2HA12

TAB (X-4) : FERRAILLAGE DES LINTEAUX DU VOILE (C2/G1)

		P(t)	T _r (t)	M _E (tm)	T(t)	M(tm)	τ(t/m ²)	A _L (cm ²)	A _D (m ²)
LINTEAU (1)	13	5,41	7,574	2,272	8,1543	2,33	63,706	2HA12	
	12	7,83	10,962	3,289	11,5418	3,347	90,17	2HA12	
	11	10,056	14,078	4,224	14,6584	4,282	114,519	2HA12	
	10	12,089	16,924	5,077	17,504	5,135	136,75	2HA12	
	9	13,928	19,499	5,85	20,0785	5,908	156,863	2HA12	4,691
	8	15,573	21,802	6,541	22,3821	6,599	174,86	2HA12	5,229
	7	17,025	23,835	7,15	24,4146	7,208	190,739	2HA12	5,704
	6	18,283	25,596	7,679	26,1762	7,737	204,501	2HA12	6,116
	5	19,348	27,087	8,126	27,6667	8,184	216,146	2HA12	6,464
	4	20,219	28,306	8,492	28,8862	8,55	225,674	2HA12	6,749
	3	20,896	29,255	8,776	29,8348	8,834	233,084	2HA12	6,971
	2	21,38	29,932	8,98	30,5123	9,038	238,377	2HA12	7,129
	1	21,671	30,339	9,102	30,9188	9,16	241,553	2HA12	7,224
LINTEAU (2)	13	1,811	2,535	1,141	3,4052	1,271	26,603	2HA12	
	12	2,621	3,669	1,651	4,539	1,782	35,461	2HA12	
	11	3,366	4,712	2,12	5,5821	2,251	43,61	2HA12	
	10	4,046	5,665	2,549	6,5345	2,68	51,051	2HA12	
	9	4,662	6,526	2,937	7,3962	3,067	57,783	2HA12	
	8	5,212	7,297	3,284	8,1673	3,414	63,807	2HA12	
	7	5,698	7,978	3,59	8,8476	3,72	69,122	2HA12	
	6	6,119	8,567	3,855	9,4372	3,986	73,728	2HA12	
	5	6,476	9,066	4,08	9,936	4,21	69	2HA12	
	4	6,767	9,474	4,263	10,3442	4,394	71,835	2HA12	
	3	6,994	9,792	4,406	10,6617	4,537	74,04	2HA12	
	2	7,156	10,018	4,508	10,8885	4,639	85,066	2HA12	
	1	7,253	10,155	4,57	11,0245	4,7	86,129	2HA12	
LINTEAU (3)	13	0,907	1,269	0,762	2,4294	0,994	18,98	2HA12	
	12	1,312	1,837	1,102	2,9971	1,334	23,415	2HA12	
	11	1,685	2,359	1,416	3,5194	1,648	27,495	2HA12	
	10	2,026	2,836	1,702	3,9963	1,934	31,221	2HA12	
	9	2,334	3,268	1,961	4,4278	2,193	34,592	2HA12	
	8	2,61	3,654	2,192	4,8138	2,424	37,608	2HA12	
	7	2,853	3,995	2,397	5,1545	2,629	40,269	2HA12	
	6	3,064	4,29	2,574	5,4497	2,806	42,576	2HA12	
	5	3,243	4,54	2,724	5,6995	2,956	44,527	2HA12	
	4	3,389	4,744	2,846	5,9039	3,078	46,124	2HA12	
	3	3,502	4,903	2,942	6,0629	3,174	47,366	2HA12	
	2	3,583	5,016	3,01	6,1764	3,242	48,253	2HA12	
	1	3,632	5,085	3,051	6,2445	3,283	48,785	2HA12	

TAB (X-5) : FERRAILLAGE DES LINTEAUX DU VOILE (1/1')

FERRAILLAGE DES TRUMEAUX

I. INTRODUCTION :

Sous l'action des :

- Moments fléchissants et efforts tranchants provoqués par l'action du séisme
- Effort normal dû à la combinaison des charges permanentes, charges d'exploitations plus les charges sismiques

Les trumeaux se trouvent soumis à une flexion composée, Comme le séisme peut changer de sens en gardant la même intensité et la même direction alors la contrainte se trouve qualitativement modifiée (alternance entre compression et traction) en conséquence le ferrailage sera symétrique dans les refends.

Les sections d'armatures seront déterminées selon les règles BAEL, et les dispositions à prévoir seront conformes au RPA88

II. PRESCRIPTION DES «RPA » :

Selon les «RPA» (art 4.3.2.3) le calcul du ferrailage se fera en considérant des bandes verticales de largeur 'd' :

$$d \leq \text{MIN}(h_c/2 ; 2l'/3)$$

h_c : hauteur d'étage

l' : longueur de la zone comprimée

III. ARMATURES VERTICALES :

- Le pourcentage minimal des armatures verticales sur toute la zone tendue est de 0.5% de la section de béton, L'effort tranchant doit être pris en totalité par les armatures verticales.
- Les barres verticales des zones extrêmes doivent être ligaturées avec des cadres horizontaux, dont l'espacement ne doit pas être supérieur à l'épaisseur des voiles
- A chaque extrémité du trumeau l'espacement des barres doit être réduit sur 1/10 de la largeur de voile. Cet espacement doit être au plus égal à 15 cm.
- Les barres verticales de dernier étage doivent être munies des crochets à la partie supérieure,

IV. ARMATURES HORIZONTALES :

Le pourcentage minimal d'armatures doit être tel que :

$$A_{lim} \geq 0.15bh$$

V. REGLES COMMUNES :

- L'espacement des barres doit être :

$$S_T \leq \text{Min}(1.5e ; 30 \text{ cm})$$

e : épaisseur du trumeau

- Les deux nappes d'armatures doivent être reliées avec au moins 4 épingles au mètre carré
- Le diamètre des barres ne devrait pas dépasser 1/10 de l'épaisseur de voile

		0,8G-N (t)	G+N+Q (t)	M (tm)	N.S	A_{v1} cm ² /ml/F	A_{v2} cm ² /ml/F	Choix : A_v cm ² /ml/F
TRUMEAU (1)	14	20,939	28,397	0,000	S.P.C	2,000	0,428	4HA8 => 2,01cm ²
	13	47,341	65,644	2,090		2,000	0,989	4HA8 => 2,01cm ²
	12	72,732	103,236	10,030		2,000	1,555	4HA8 => 2,01cm ²
	11	98,059	140,893	22,992		0,646	2,122	4HA10 => 3,14cm ²
	10	123,295	178,639	40,503		0,836	2,690	4HA10 => 3,14cm ²
	9	148,414	216,503	62,162		1,034	3,261	4HA12 => 4,52cm ²
	8	173,391	254,508	87,591		1,240	3,833	4HA12 => 4,52cm ²
	7	198,201	292,682	116,410		1,452	4,408	4HA12 => 4,52cm ²
	6	222,816	331,049	148,244		1,670	4,986	4HA14 => 6,16cm ²
	5	247,212	369,636	182,715		1,894	5,567	4HA14 => 6,16cm ²
	4	271,362	408,469	219,450		2,122	6,152	4HA14 => 6,16cm ²
	3	295,241	447,573	258,082		2,353	6,741	4HA16 => 8,04cm ²
	2	318,823	486,974	298,289		2,587	7,334	4HA16 => 8,04cm ²
	1	342,081	526,698	339,936		2,824	7,932	4HA16 => 8,04cm ²
TRUMEAU (2)	14	2,823	3,829	0,000	S.F.C	2	0,532	6HA8 => 3,02cm ²
	13	6,372	8,862	0,001		2	1,231	6HA8 => 3,02cm ²
	12	9,751	13,975	0,004		2	1,941	6HA8 => 3,02cm ²
	11	13,065	19,153	0,009		2	2,660	6HA8 => 3,02cm ²
	10	16,289	24,422	0,016		2	3,392	6HA10 => 4,71cm ²
	9	19,396	29,806	0,024		2	4,140	6HA10 => 4,71cm ²
	8	22,361	35,333	0,034		2	4,907	6HA12 => 6,79cm ²
	7	25,158	41,028	0,046		2	5,698	6HA12 => 6,79cm ²
	6	27,762	46,917	0,058		2	6,516	6HA12 => 6,79cm ²
	5	30,145	53,025	0,072		2	7,365	6HA14 => 9,24cm ²
	4	32,283	59,379	0,086		2	8,247	6HA14 => 9,24cm ²
	3	34,150	66,004	0,101		2	9,167	6HA14 => 9,24cm ²
	2	35,720	72,927	0,117		2	10,129	6HA16 => 12,06cm ²
	1	36,966	80,173	0,133		2	11,135	6HA16 => 12,06cm ²

FIG (X-6) : FERRAILLAGE DES TRUMEAUX DES VOILES (B2/H1)

N.S : nature de la section

 A_{v1} : armature calculée sous la combinaison 0,8G ± N A_{v2} : armature calculée sous la combinaison G+N+Q

		0,8G-N (t)	G+N+Q (t)	M (tm)	N.S	Av ₁ cm ² /ml/F	Av ₂ cm ² /ml/F	Choix : Av cm ² /ml/F
TRUMEAU (1)	14	17,179	23,880	0,000	S.P.C	2	0,393	4HA8 => 2,01cm ²
	13	38,850	54,883	1,293		2	0,903	4HA8 => 2,01cm ²
	12	59,921	86,022	6,862		2	1,415	4HA8 => 2,01cm ²
	11	80,917	117,236	15,989		0,579	1,928	4HA8 => 2,01cm ²
	10	101,807	148,555	28,319		0,749	2,443	4HA10 =>3,14cm ²
	9	122,562	180,010	43,568		0,925	2,961	4HA10 =>3,14cm ²
	8	143,151	211,631	61,468		1,106	3,481	4HA12=>4,52cm ²
	7	163,544	243,447	81,752		1,293	4,004	4HA12=>4,52cm ²
	6	183,711	275,489	104,156		1,484	4,531	4HA14=>6,16cm ²
	5	203,623	307,787	128,416		1,678	5,062	4HA14=>6,16cm ²
	4	223,248	340,372	154,267		1,876	5,598	4HA14=>6,16cm ²
	3	242,557	373,272	181,455		2,075	6,139	4HA14=>6,16cm ²
	2	261,520	406,519	209,758		2,276	6,686	4HA16=>8,04cm ²
	1	280,106	440,142	239,131		2,477	7,239	4HA16=>8,04cm ²
TRUMEAU (2)	14	3,056	4,249	0,000	S.E.C	2	0,590	6HA6 =>1,70cm ²
	13	6,900	9,777	0,002		2	1,358	6HA6 =>1,70cm ²
	12	10,599	15,366	0,011		2	2,134	6HA8 =>3,02cm ²
	11	14,223	21,031	0,026		2	2,921	6HA8 =>3,02cm ²
	10	17,741	26,801	0,047		2	3,722	6HA10=>4,71cm ²
	9	21,125	32,707	0,072		2	4,543	6HA10=>4,71cm ²
	8	24,342	38,779	0,102		2	5,386	6HA12=>6,79cm ²
	7	27,364	45,046	0,135		2	6,256	6HA12=>6,79cm ²
	6	30,159	51,539	0,173		2	7,158	6HA14 =>9,24cm ²
	5	32,699	58,288	0,213		2	8,096	6HA14 =>9,24cm ²
	4	34,953	65,323	0,256		2	9,073	6HA14 =>9,24cm ²
	3	36,890	72,674	0,301		2	10,094	6HA16 =>12,06cm ²
	2	38,481	80,372	0,347		2	11,163	6HA16 =>12,06cm ²
	1	39,696	88,446	0,396		2	12,284	6HA16 =>12,06cm ²

FIG (X-7) : FERRAILLAGE DES TRUMEAUX DES VOILES (C1/G2)

		0,8G-N (t)	G+1Q (t)	M (tm)	N.S	Av ₁ cm ² /ml/F	Av ₂ cm ² /ml/F	Choix : Av cm ² /ml/F
TRUMEAU (1)	14	24,087	33,435	0,000	S.E.C	2	0,697	4HA8 => 2,01cm ²
	13	42,375	60,212	0,342		2	1,254	4HA8 => 2,01cm ²
	12	60,615	87,036	3,297		2	1,813	4HA8 => 2,01cm ²
	11	78,774	113,941	8,253		2	2,374	4HA10 => 3,14cm ²
	10	96,821	140,959	14,962		2	2,937	4HA10 => 3,14cm ²
	9	114,723	168,121	23,256	S.P.C	1,071	3,503	4HA12 => 4,52cm ²
	8	132,449	195,459	32,987		1,262	4,072	4HA12 => 4,52cm ²
	7	149,966	223,007	44,010		1,457	4,646	4HA14 => 6,16cm ²
	6	167,242	250,795	56,181		1,655	5,225	4HA14 => 6,16cm ²
	5	184,245	278,857	69,359		1,856	5,810	4HA14 => 6,16cm ²
	4	200,942	307,224	83,401		2,058	6,400	4HA16 => 8,04cm ²
	3	217,303	335,928	98,177		2,262	6,998	4HA16 => 8,04cm ²
	2	233,293	365,001	113,603		2,465	7,604	4HA16 => 8,04cm ²
	1	248,883	394,477	129,797		2,670	8,218	4HA16 => 8,04cm ²
TRUMEAU (2)	14	5,839	8,105	0,000	S.E.C	2	1,013	4HA8 => 2,01cm ²
	13	10,261	14,609	0,002		2	1,826	4HA8 => 2,01cm ²
	12	14,634	21,161	0,015		2	2,645	4HA10 => 3,14cm ²
	11	18,926	27,792	0,038		2	3,474	4HA12 => 4,52cm ²
	10	23,107	34,537	0,069		2	4,317	4HA12 => 4,52cm ²
	9	27,142	41,426	0,107		2	5,178	4HA14 => 6,16cm ²
	8	31,001	48,491	0,152		2	6,061	4HA14 => 6,16cm ²
	7	34,652	55,766	0,203		2	6,971	4HA16 => 8,04cm ²
	6	38,061	63,281	0,259		2	7,910	4HA16 => 8,04cm ²
	5	41,197	71,070	0,320		2	8,884	4HA20 => 12,57cm ²
	4	44,028	79,164	0,385		2	9,895	4HA20 => 12,57cm ²
	3	46,522	87,595	0,453		2	10,949	4HA20 => 12,57cm ²
	2	48,646	96,395	0,524		2	12,049	4HA20 => 12,57cm ²
	1	50,369	105,597	0,599		2	13,200	4HA20 => 12,57cm ²

FIG (X-8) : FERRAILLAGE DES TRUMEAUX DES VOILES (2/2')

		0,8G-N (t)	G+N+Q (t)	M (tm)	N.S	Av ₁ cm ² /ml/F	Av ₂ cm ² /ml/F	Choix : Av cm ² /ml/F	
TRUMEAU (1)	14	9,868	13,495	0,000	S.E.C	2	0,375	5 HA8 => 2,51cm ²	
	13	19,049	31,407	-2,968		2	0,872	5 HA8 => 2,51cm ²	
	12	25,735	50,012	-3,329		2	1,389	5 HA8 => 2,51cm ²	
	11	30,801	70,239	-3,183		2	1,951	5HA8 => 2,51cm ²	
	10	34,348	91,983	-2,939		2	2,555	5HA10=>3,93cm ²	
	9	36,504	115,118	-2,676		2	3,198	5HA10=>3,93cm ²	
	8	37,401	139,513	-2,409		2	3,875	5HA10=>3,93cm ²	
	7	37,170	165,036	-2,142		2	4,584	5HA12=>5,65cm ²	
	6	35,944	191,553	-1,874		2	5,321	5HA12=>5,65cm ²	
	5	33,857	218,932	-1,604		2	6,081	5HA14=>7,70cm ²	
	4	31,040	247,041	-1,325		2	6,862	5HA14=>7,70cm ²	
	3	27,626	275,747	-1,001		2	7,660	5HA14=>7,70cm ²	
	2	23,747	304,917	-0,442		2	8,470	5HA16 =>10,05cm ²	
	1	19,538	334,418	1,321		2	9,289	5HA16 =>10,05cm ²	
TRUMEAU (2)	14	5,0308	6,8798	0,000	S.E.C	2	0,614	6HA8=>3,02cm ²	
	13	10,0750	15,6478	-0,089		2	1,397	6HA8=>3,02cm ²	
	12	14,1236	24,4929	-0,100		2	2,187	6HA8=>3,02cm ²	
	11	17,6254	33,8849	-0,096		2	3,025	6HA10=>4,71cm ²	
	10	20,6151	43,7890	-0,088		2	3,910	6HA10=>4,71cm ²	
	9	23,1354	54,1624	-0,080		2	4,836	6HA12=>6,79cm ²	
	8	25,2308	64,9608	-0,072		2	5,800	6HA12=>6,79cm ²	
	7	26,9458	76,1395	-0,064		2	6,798	6HA14 =>9,24cm ²	
	6	28,3253	87,6538	-0,056		2	7,826	6HA14 =>9,24cm ²	
	5	29,4140	99,4589	-0,048		2	8,880	6HA14 =>9,24cm ²	
	4	30,2566	111,5101	-0,040		2	9,956	6HA16 =>12,06cm ²	
	3	30,8978	123,7627	-0,030		2	11,050	6HA16 =>12,06cm ²	
	2	31,3824	136,1718	-0,013		2	12,158	3(14)+3(16) =>14cm ²	
	1	31,7552	148,6928	0,040		2	13,276	3(14)+3(16) =>14cm ²	
TRUMEAU (3)	14	4,450	6,086	0,000	S.E.C	2	0,448	6HA8=>3,02cm ²	
	13	8,144	14,610	-0,161		2	1,074	6HA8=>3,02cm ²	
	12	10,374	23,786	-0,180		2	1,749	6HA8=>3,02cm ²	
	11	11,530	34,036	-0,172		2	2,503	6HA8=>3,02cm ²	
	10	11,680	45,292	-0,159		2	3,330	6HA10=>4,71cm ²	
	9	10,908	57,470	-0,145		2	4,226	6HA10=>4,71cm ²	
	8	9,302	70,483	-0,131		2	5,183	6HA12=>6,79cm ²	
	7	6,948	84,242	-0,116		2	6,194	6HA12=>6,79cm ²	
	6	3,935	98,661	-0,101		2	7,255	6HA14 =>9,24cm ²	
	5	0,351	113,651	-0,087		2	8,357	6HA14 =>9,24cm ²	
	4	-3,716	129,125	-0,072		S.E.T	0,273	9,494	6HA16 =>12,06cm ²
	3	-8,179	144,994	-0,054			0,601	10,661	6HA16 =>12,06cm ²
	2	-12,950	161,170	-0,024			0,952	11,851	6HA16 =>12,06cm ²
	1	-17,940	177,566	0,072			1,319	13,056	3(14)+3(16) =>14cm ²

FIG (X-9) : FERRAILLAGE DES TRUMEAUX DES VOILES (A1/I2)

		0,8G-N (t)	G+N+Q (t)	M (tm)	N.S	Av ₁ cm ² /ml/F	Av ₂ cm ² /ml/F	Choix : Av cm ² /ml/F
TRUMEAU (1)	14	16,048	24,487	0,000	S.E.C	2	0,557	5HA8=>2,51cm ²
	13	32,901	53,039	-2,504		2	1,205	5HA8=>2,51cm ²
	12	46,519	80,914	-2,840		2	1,839	5HA8=>2,51cm ²
	11	58,787	110,138	-2,727		2	2,503	5HA10=>3,93cm ²
	10	69,788	140,630	-2,521		2	3,196	5HA10=>3,93cm ²
	9	79,626	172,284	-2,296		2	3,916	5HA10=>3,93cm ²
	8	88,412	204,991	-2,068		2	4,659	5HA12=>5,65cm ²
	7	96,255	238,640	-1,838		2	5,424	5HA12=>5,65cm ²
	6	103,268	273,121	-1,608		2	6,207	5HA14=>7,70cm ²
	5	109,559	308,322	-1,375		2	7,007	5HA14=>7,70cm ²
	4	115,241	344,133	-1,133		2	7,821	5HA16=>10,05cm ²
	3	120,424	380,442	-0,845		2	8,646	5HA16=>10,05cm ²
	2	125,219	417,140	-0,330		2	9,480	5HA16=>10,05cm ²
	1	129,737	454,114	1,277		2	10,321	5HA16=>10,05cm ²
TRUMEAU (2)	14	4,377	7,108	0,00000	S.E.C	2	2	6HA8=>3,02cm ²
	13	5,789	18,560	-0,00517		2	2	6HA8=>3,02cm ²
	12	5,719	30,387	-0,00586		2	2	6HA8=>3,02cm ²
	11	3,559	44,303	-0,00563		2	2	6HA8=>3,02cm ²
	10	-0,564	60,183	-0,00520	S.E.T	0,071	0,071	6HA8=>3,02cm ²
	9	-6,488	77,863	-0,00474		0,811	0,811	6HA8=>3,02cm ²
	8	-14,042	97,173	-0,00427		1,755	1,755	6HA8=>3,02cm ²
	7	-23,055	117,943	-0,00379		2,882	2,882	6HA10=>4,71cm ²
	6	-33,356	140,000	-0,00332		4,170	4,170	6HA10=>4,71cm ²
	5	-44,773	163,173	-0,00284		5,597	5,597	6HA12=>6,79cm ²
	4	-57,134	187,290	-0,00234		7,142	7,142	6HA14=>9,24cm ²
	3	-70,268	212,180	-0,00174		8,783	8,783	6HA14=>9,24cm ²
	2	-84,002	237,671	-0,00068		10,500	11,58	6HA16=>12,06cm ²
	1	-98,166	263,591	0,00264		11,843	12,025	6HA16=>12,06cm ²
TRUMEAU (3)	14	5,985	9,554	0	S.E.C	2	0,663	6HA8=>3,02cm ²
	13	12,150	20,793	-0,087		2	1,444	6HA8=>3,02cm ²
	12	16,857	31,992	-0,099		2	2,222	6HA8=>3,02cm ²
	11	20,823	43,932	-0,095		2	3,051	6HA10=>4,71cm ²
	10	24,093	56,567	-0,088		2	3,928	6HA10=>4,71cm ²
	9	26,726	69,840	-0,080		2	4,850	6HA12=>6,79cm ²
	8	28,780	83,691	-0,072		2	5,812	6HA12=>6,79cm ²
	7	30,318	98,059	-0,064		2	6,810	6HA14=>9,24cm ²
	6	31,399	112,883	-0,056		2	7,839	6HA14=>9,24cm ²
	5	32,086	128,102	-0,048		2	8,896	6HA14=>9,24cm ²
	4	32,437	143,656	-0,039		2	9,976	6HA16=>12,06cm ²
	3	32,515	159,484	-0,029		2	11,075	6HA16=>12,06cm ²
	2	32,380	175,525	-0,011		2	12,189	3HA14+3HA16=>14cm ²
	1	32,092	191,717	0,045		2	13,314	3HA14+3HA16=>14cm ²

FIG (X-10) : FERRAILLAGE DES TRUMEUX DES VOILES (B1/H2)

		0,8G-N	G+N+Q	M	N.S	A_{v1}	A_{v2}	Choix : A_v
TRUPEAU (1)	14	2.360	3.289	0.000		2	0.685	8HA8=>4,02cm ²
	13	2.457	5.245	-0.004		2	1.093	8HA8=>4,02cm ²
	12	4.077	10.391	-0.004		2	2.165	8HA8=>4,02cm ²
	11	5.208	16.027	-0.004		2	3.339	8HA8=>4,02cm ²
	10	5.888	22.114	-0.003		2	4.607	8HA10=>6,28cm ²
	9	6.156	28.612	-0.003		2	5.961	8HA10=>6,28cm ²
	8	6.052	35.483	-0.003		2	7.392	8HA12 =>9,05cm ²
	7	5.614	42.687	-0.002		2	8.893	8HA12 =>9,05cm ²
	6	4.882	50.186	-0.002		2	10.455	8HA14 =>12,32cm ²
	5	3.896	57.939	-0.002		2	12.071	8HA14 =>12,32cm ²
	4	2.693	65.907	-0.002		2	13.731	8HA16=>16,08cm ²
	3	1.315	74.053	-0.001		2	15.428	8HA16=>16,08cm ²
	2	-0.201	82.335	-0.001		2	17.153	4HA14+4HA16=>18,8cm ²
	1	-1.815	90.715	-0.0004		2	18.899	4HA14+4HA16=>18,8cm ²
TRUPEAU (2)	14	7.284	10.152	0.000		2	0.508	5HA8 =>2,51cm ²
	13	9.164	14.613	-0.292		2	0.731	5HA8 =>2,51cm ²
	12	17.187	27.478	-0.283		2	1.374	5HA8 =>2,51cm ²
	11	25.050	40.503	-0.262		2	2.025	5HA8 =>2,51cm ²
	10	32.766	53.675	-0.240		2	2.684	5HA10=>3,93cm ²
	9	40.347	66.981	-0.218		2	3.349	5HA10=>3,93cm ²
	8	47.807	80.409	-0.196		2	4.020	5HA12=>5,65cm ²
	7	55.158	93.946	-0.174		2	4.697	5HA12=>5,65cm ²
	6	62.413	107.579	-0.153		2	5.379	5HA14=>7,70cm ²
	5	69.585	121.295	-0.131		2	6.065	5HA14=>7,70cm ²
	4	76.686	135.082	-0.109		2	6.754	5HA14=>7,70cm ²
	3	83.729	148.926	-0.087		2	7.446	5HA14=>7,70cm ²
	2	90.728	162.815	-0.065		2	8.141	5HA16 =>10,05cm ²
	1	97.695	176.736	-0.031		2	8.837	5HA16 =>10,05cm ²
TRUPEAU (3)	14	5.950	8.294	0		2	0.691	6HA8 =>3,02cm ²
	13	6.994	12.429	-0.0632		2	1.036	6HA8 =>3,02cm ²
	12	13.253	23.234	-0.0612		2	1.936	6HA8 =>3,02cm ²
	11	19.547	34.003	-0.0566		2	2.834	6HA8 =>3,02cm ²
	10	25.886	44.728	-0.0519		2	3.727	6HA10=>4,71cm ²
	9	32.268	55.408	-0.0471		2	4.617	6HA10=>4,71cm ²
	8	38.695	66.045	-0.0424		2	5.504	6HA12=>6,79cm ²
	7	45.166	76.637	-0.0377		2	6.386	6HA12=>6,79cm ²
	6	51.681	87.186	-0.0330		2	7.265	6HA14 =>9,24cm ²
	5	58.240	97.690	-0.0283		2	8.141	6HA14 =>9,24cm ²
	4	64.843	108.150	-0.0236		2	9.012	6HA14 =>9,24cm ²
	3	71.491	118.566	-0.0189		2	9.880	6HA16 =>12,06cm ²
	2	78.182	128.937	-0.0140		2	10.745	6HA16 =>12,06cm ²
	1	84.918	139.265	-0.0067		2	11.605	6HA16 =>12,06cm ²
TRUPEAU (4)	14	4.104	5.720	0		2	0.650	6HA8 =>3,02cm ²
	13	5.153	8.243	-0.0237		2	0.937	6HA8 =>3,02cm ²
	12	9.654	15.509	-0.0230		2	1.762	6HA8 =>3,02cm ²
	11	14.058	22.874	-0.0212		2	2.599	6HA8 =>3,02cm ²
	10	18.370	30.329	-0.0195		2	3.446	6HA10=>4,71cm ²
	9	22.600	37.867	-0.0177		2	4.303	6HA10=>4,71cm ²
	8	26.755	45.480	-0.0159		2	5.168	6HA12=>6,79cm ²
	7	30.843	53.160	-0.0142		2	6.041	6HA12=>6,79cm ²
	6	34.872	60.898	-0.0124		2	6.920	6HA12=>6,79cm ²
	5	38.849	68.689	-0.0106		2	7.806	6HA14 =>9,24cm ²
	4	42.784	76.522	-0.0089		2	8.696	6HA14 =>9,24cm ²
	3	46.683	84.391	-0.0071		2	9.590	6HA16 =>12,06cm ²
	2	50.554	92.287	-0.0053		2	10.487	6HA16 =>12,06cm ²
	1	54.406	100.203	-0.0025		2	11.387	6HA16 =>12,06cm ²

SECTION ENTIEREMENT COMPREE

FIG(X-11) : FERRAILLAGE DES TRUPEAUX DES VOILES (C2/G1)

		0,8G-N	G+N+Q	M	N.S	A _{V1}	A _{V2}	Choix : A _v
TRUMEAU (1)	14	21.251	44.969	0.000	S.E/T	0,135	0.703	5HA6 =>1,41cm ²
	13	35.642	88.728	-29.337		0,168	1.386	5HA6 =>1,41cm ²
	12	44.335	138.185	-36.056		0,210	2.159	5HA8 =>2,51cm ²
	11	46.884	193.786	-35.927		0,226	3.028	5HA10 =>3,93cm ²
	10	43.520	255.299	-33.725		0,209	3.989	5HA12 =>5,65cm ²
	9	34.681	322.288	-30.894		0,159	5.036	5HA12 =>5,65cm ²
	8	20.865	394.255	-27.869		0,188	6.160	5HA14 =>7,70cm ²
	7	2.587	470.682	-24.772		0,065	7.354	5HA14 =>7,70cm ²
	6	-19.628	551.048	-21.611		0,307	8.610	5HA16 =>10,05cm ²
	5	-45.257	634.826	-18.289		0,707	9.919	5HA16 =>10,05cm ²
	4	-73.774	721.493	-14.454		1,153	11.273	5HA20 =>15,7cm ²
	3	-104.654	810.524	-8.926		1,635	12.664	5HA20 =>15,7cm ²
	2	-135.377	899.397	2.192		2,115	14.053	5HA20 =>15,7cm ²
	1	-160.192	982.361	31.771		2,503	15.349	5HA20 =>15,7cm ²
TRUMEAU (2)	14	7.995	13.027	0	S.E.C	2	1.018	6HA8 =>3,02cm ²
	13	14.323	25.160	-0.233		2	1.966	6HA8 =>3,02cm ²
	12	19.926	38.016	-0.287		2	2.970	6HA8 =>3,02cm ²
	11	24.749	51.654	-0.286		2	4.035	6HA10 =>4,71cm ²
	10	28.820	66.043	-0.268		2	5.160	6HA12 =>6,79cm ²
	9	32.195	81.129	-0.246		2	6.338	6HA12 =>6,79cm ²
	8	34.937	96.847	-0.222		2	7.566	6HA14 =>9,24cm ²
	7	37.112	113.132	-0.197		2	8.838	6HA14 =>9,24cm ²
	6	38.787	129.918	-0.172		2	10.150	6HA16 =>12,06cm ²
	5	40.028	147.137	-0.145		2	11.495	6HA16 =>12,06cm ²
	4	40.901	164.724	-0.115		2	12.869	6HA20 =>18,8cm ²
	3	41.474	182.611	-0.071		2	14.266	6HA20 =>18,8cm ²
	2	42.068	200.478	0.017		2	15.662	6HA20 =>18,8cm ²
	1	43.412	217.594	0.253		2	17.000	6HA20 =>18,8cm ²
TRUMEAU (3)	14	21.071	38.102	0	S.E.C	2	0.733	5HA8 =>2,51cm ²
	13	36.864	74.272	-15.712		2	1.428	5HA8 =>2,51cm ²
	12	49.373	113.725	-19.310		2	2.187	5HA8 =>2,51cm ²
	11	58.341	156.719	-19.241		2	3.014	5HA10 =>3,93cm ²
	10	63.903	203.120	-18.062		2	3.906	5HA12 =>5,65cm ²
	9	66.309	252.676	-16.546		2	4.859	5HA12 =>5,65cm ²
	8	65.846	305.101	-14.925		2	5.867	5HA14 =>7,70cm ²
	7	62.813	360.097	-13.267		2	6.925	5HA14 =>7,70cm ²
	6	57.511	417.361	-11.574		2	8.026	5HA16 =>10,05cm ²
	5	50.241	476.593	-9.795		2	9.165	5HA16 =>10,05cm ²
	4	41.308	537.489	-7.740		2	10.336	5HA20 =>15,7cm ²
	3	31.012	599.748	-4.780		2	11.534	5HA20 =>15,7cm ²
	2	20.807	661.915	1.173		2	12.729	5HA20 =>15,7cm ²
	1	14.006	720.678	17.015		2	13.859	5HA20 =>15,7cm ²
TRUMEAU (4)	14	19.613	49.721	0	S.E.I	0,118	0.740	6HA8 =>3,02cm ²
	13	30.964	99.255	-33.961		0,126	1.477	6HA8 =>3,02cm ²
	12	34.057	157.047	-41.739		0,131	2.337	6HA8 =>3,02cm ²
	11	28.247	223.742	-41.590		0,096	3.329	6HA10 =>4,71cm ²
	10	13.869	299.004	-39.041		0,014	4.449	6HA12 =>6,79cm ²
	8	-37.970	472.613	-32.262		0,565	7.033	6HA14 =>9,24cm ²
	7	-73.961	569.489	-28.677		1,101	8.475	6HA14 =>9,24cm ²
	6	-115.658	672.071	-25.017		1,721	10.001	6HA16 =>12,06cm ²
	5	-162.302	779.599	-21.172		2,415	11.601	6HA16 =>12,06cm ²
	4	-213.131	891.314	-16.732		3,172	13.264	6HA20 =>18,8cm ²
	3	-267.385	1006.453	-10.332		3,979	14.977	6HA20 =>18,8cm ²
	2	-321.412	1121.364	2.537		4,783	16.687	6HA20 =>18,8cm ²
	1	-366.876	1227.713	36.779		5,459	18.270	6HA20 =>18,8cm ²

FIG (X-12) : FERRAILLAGE DES TRUMEUX DES VOILES (D/F)

		0,8G-N	G+N+Q	M	N.S	A_{v1}	A_{v2}	Choix : A_v
TRUMEAU (1)	14	6.337	8.578	0.000	S.E.C	2 cm ²	0.536	6HA8 => 3,02cm ²
	13	8.353	18.175	-0.096		2 cm ²	1.136	6HA8 => 3,02cm ²
	12	7.763	30.377	-0.090		2 cm ²	1.899	6HA8 => 3,02cm ²
	11	4.754	44.999	-0.083		2 cm ²	2.812	6HA10 => 4,71cm ²
	10	-0.481	61.847	-0.076	S.E.T	0.030	3.865	6HA10 => 4,71cm ²
	9	-7.749	80.728	-0.069		0.484	5.045	6HA12 => 6,79cm ²
	8	-16.855	101.447	-0.062		1.053	6.340	6HA12 => 6,79cm ²
	7	-27.607	123.812	-0.055		1.725	7.738	6HA14 => 9,24cm ²
	6	-39.811	147.629	-0.048		2.488	9.227	6HA14 => 9,24cm ²
	5	-53.274	172.704	-0.041		3.330	10.794	6HA16 => 12,06cm ²
	4	-67.800	198.844	-0.035		4.238	12.428	6HA20 => 18,8cm ²
	3	-83.198	225.854	-0.028		5.200	14.116	6HA20 => 18,8cm ²
	2	-99.274	253.543	-0.021		6.205	15.846	6HA20 => 18,8cm ²
	1	-115.833	281.715	-0.013		7.240	17.607	6HA20 => 18,8cm ²
TRUMEAU (2)	14	8.128	11.002	0	S.E.C	2 cm ²	0.625	5HA8 => 2,51cm ²
	13	12.445	21.580	-0.127		2 cm ²	1.226	5HA8 => 2,51cm ²
	12	15.029	33.891	-0.119		2 cm ²	1.926	5HA8 => 2,51cm ²
	11	16.003	47.811	-0.110		2 cm ²	2.717	5HA10 => 3,93cm ²
	10	15.496	63.213	-0.101	S.E.T	2 cm ²	3.592	5HA12 => 5,65cm ²
	9	13.637	79.967	-0.091		2 cm ²	4.544	5HA12 => 5,65cm ²
	8	10.554	97.944	-0.082		2 cm ²	5.565	5HA12 => 5,65cm ²
	7	6.377	117.016	-0.073		2 cm ²	6.649	5HA14 => 7,70cm ²
	6	1.233	137.054	-0.064		2 cm ²	7.787	5HA16 => 10,05cm ²
	5	-4.747	157.930	-0.055		0.003	8.973	5HA16 => 10,05cm ²
	4	-11.436	179.513	-0.045		0.003	10.200	5HA20 => 15,7cm ²
	3	-18.704	201.676	-0.036		0.002	11.459	5HA20 => 15,7cm ²
	2	-26.423	224.290	-0.027		0.002	12.744	5HA20 => 15,7cm ²
	1	-34.464	247.225	-0.017		0.001	14.047	5HA20 => 15,7cm ²
TRUMEAU (3)	14	9.230	12.494	0	S.E.C	2	0.679	4HA8 => 2,01cm ²
	13	15.783	22.855	-0.145		2	1.242	4HA8 => 2,01cm ²
	12	21.900	33.652	-0.136		2	1.829	4HA8 => 2,01cm ²
	11	27.614	44.853	-0.126		2	2.438	4HA10 => 3,14cm ²
	10	32.955	56.427	-0.115		2	3.067	4HA10 => 3,14cm ²
	9	37.956	68.339	-0.105		2	3.714	4HA12 => 4,52cm ²
	8	42.650	80.560	-0.094		2	4.378	4HA12 => 4,52cm ²
	7	47.069	93.055	-0.084		2	5.057	4HA14 => 6,16cm ²
	6	51.246	105.793	-0.073		2	5.750	4HA14 => 6,16cm ²
	5	55.212	118.741	-0.063		2	6.453	4HA16 => 8,04cm ²
	4	59.001	131.867	-0.052		2	7.167	4HA16 => 8,04cm ²
	3	62.643	145.138	-0.042		2	7.888	4HA20 => 12,57cm ²
	2	66.173	158.523	-0.031		2	8.615	4HA20 => 12,57cm ²
	1	69.622	171.988	-0.020		2	9.347	4HA20 => 12,57cm ²
TRUMEAU (4)	14	8.541	11.562	0	S.E.C	2	0.569	4HA8 => 2,01cm ²
	13	14.569	21.186	-0.196		2	1.043	4HA8 => 2,01cm ²
	12	20.160	31.247	-0.184		2	1.538	4HA8 => 2,01cm ²
	11	25.345	41.714	-0.170		2	2.053	4HA8 => 2,01cm ²
	10	30.157	52.554	-0.156		2	2.586	4HA10 => 3,14cm ²
	9	34.629	63.734	-0.142		2	3.137	4HA10 => 3,14cm ²
	8	38.792	75.223	-0.127		2	3.702	4HA12 => 4,52cm ²
	7	42.680	86.987	-0.114		2	4.281	4HA12 => 4,52cm ²
	6	46.324	98.995	-0.099		2	4.872	4HA14 => 6,16cm ²
	5	49.758	111.213	-0.085		2	5.473	4HA14 => 6,16cm ²
	4	53.013	123.610	-0.071		2	6.083	4HA14 => 6,16cm ²
	3	56.122	136.153	-0.056		2	6.700	4HA16 => 8,04cm ²
	2	59.118	148.810	-0.042		2	7.323	4HA16 => 8,04cm ²
	1	62.032	161.547	-0.027		2	7.950	4HA16 => 8,04cm ²

FIG (X-13) : FERRAILLAGE DES TRUMEUX DES VOILES (1/1')

		M	0,8G	G+Q	N.S	λ_{v1}	λ_{v2}	Choix : A_v
VOILE (E)	14	0	30,493	42,184	S.P.C	2	0,620	4HA8 => 2,01cm ²
	13	3,861	53,412	75,577		2	1,111	4HA8 => 2,01cm ²
	12	31,599	76,330	108,969		0,514	1,602	4HA8 => 2,01cm ²
	11	83,186	99,248	142,362		0,745	2,094	4HA10 => 3,14cm ²
	10	158,588	122,166	175,755		1,021	2,585	4HA10 => 3,14cm ²
	9	257,760	145,084	209,147		1,343	3,076	4HA10 => 3,14cm ²
	8	380,651	168,002	242,54		1,713	3,567	4HA12 => 4,52cm ²
	7	527,202	190,920	275,933		2,132	4,058	4HA12 => 4,52cm ²
	6	697,350	213,838	309,325		2,601	4,549	4HA12 => 4,52cm ²
	5	891,025	236,756	342,718		3,124	5,040	4HA14 => 6,16cm ²
	4	1108,154	259,674	376,11		3,703	5,531	4HA14 => 6,16cm ²
	3	1348,660	282,592	409,503		4,342	6,022	4HA14 => 6,16cm ²
	2	1612,464	305,511	442,896		5,045	6,513	4HA14 => 6,16cm ²
	1	1899,484	328,428	476,288		5,817	7,004	4HA16 => 8,04cm ²
RDC	2209,638	351,347	509,681	6,665	7,495	4HA16 => 8,04cm ²		
VOILES (G/S)	14	0	34,676	47,186	S.P.C		0,504	4HA8 => 2,01cm ²
	13	12,396	61,639	85,371		0,28	0,912	4HA8 => 2,01cm ²
	12	34,852	88,602	123,556		0,42	1,320	4HA8 => 2,01cm ²
	11	66,893	115,566	161,742		0,56	1,728	4HA8 => 2,01cm ²
	10	108,129	142,529	199,927		0,72	2,136	4HA10 => 3,14cm ²
	9	158,372	169,492	238,112		0,89	2,544	4HA10 => 3,14cm ²
	8	217,032	196,455	276,297		1,06	2,952	4HA10 => 3,14cm ²
	7	283,724	223,418	314,482		1,25	3,360	4HA12 => 4,52cm ²
	6	358,034	250,382	352,668		1,44	3,768	4HA12 => 4,52cm ²
	5	439,509	277,345	390,853		1,64	4,176	4HA12 => 4,52cm ²
	4	527,661	304,308	429,038		1,85	4,584	4HA14 => 6,16cm ²
	3	621,915	331,271	467,223		2,06	4,992	4HA14 => 6,16cm ²
	2	721,532	358,234	505,408		2,28	5,400	4HA14 => 6,16cm ²
	1	825,547	385,198	543,594		2,51	5,808	4HA14 => 6,16cm ²
RDC	932,715	412,161	581,779	2,74	6,216	4HA16 => 8,04cm ²		

FIG (X-14) : FERRAILLAGE DES VOILES PLEIN

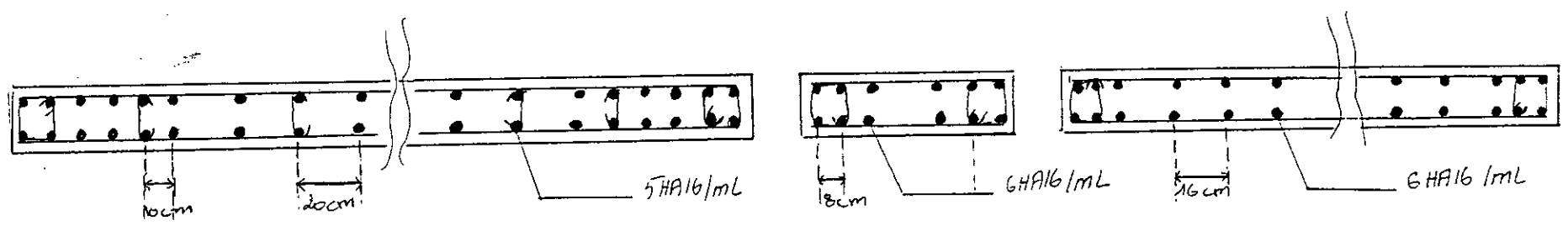


FIG (XI-1) : SCHEMAS DE FERRAILLAGE DES TRUMEUX DES VOILES (B2/H1)

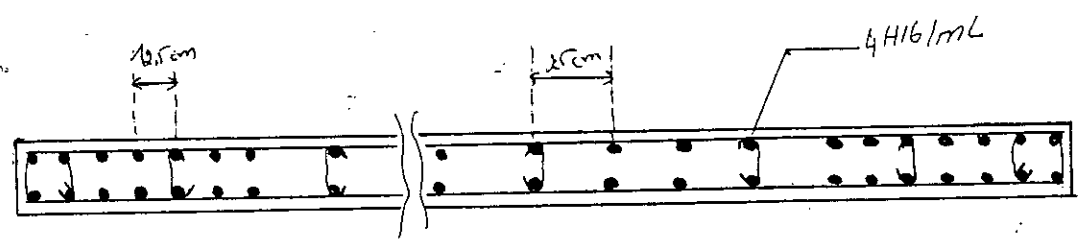


FIG (XI-1) : SCHEMAS DE FERRAILLAGE DU VOILE (E)

C

H

A

P

I

T

R

E

X
I

FONDACTIONS

FONDATIONS

I. DEFINITION :

Les fondations d'une construction sont constituées par les parties de l'ouvrage qui sont en contact avec le sol auquel elles transmettent les charges de la superstructure ; elles constituent donc la partie essentielle de l'ouvrage puisque de leurs bonnes conception et réalisation découle la bonne tenue de l'ensemble.

Les éléments de fondation transmettent les charges au sol, soit directement (cas des semelles reposant sur le sol ou cas des radiers), soit par l'intermédiaire d'autres organes (cas des semelles sur pieux)

II. CHOIX DU TYPE DE FONDATION :

Les sinistres des fondations sont parmi les plus graves et les plus coûteux, un projet de fondation correct dépend de plusieurs paramètres dont les principaux :

- La structure
- La contrainte de rupture
- La contrainte maximale autorisée par les règles parasismiques
- La contrainte correspondant au tassement maximal

Le type de fondation retenu pour la tour est le radier général compte tenu des conditions suivantes :

- L'importance de la charge totale transmise au sol par les éléments porteurs «voiles »
- Les semelles occupent presque la totalité de la surface d'emprise de l'ouvrage d'une part, d'autre part-il y a chevauchement entre elles

III. JUSTIFICATION DE CHOIX :

Le radier présent les avantages suivants :

- Une bonne répartition des charges
- Evites les tassements différentiels importants
- facilité de coffrage et de mise en œuvre du béton
- Rapidité d'exécution
- Economie

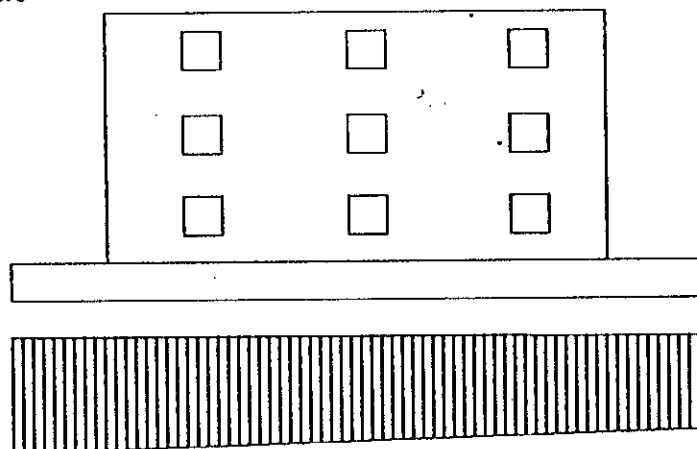


FIG (XI-1)

IV. PRINCIPE DE CALCUL D'UN RADIER :

A. PREDIMENSIONNEMENT :

A) SURFACE NECESSAIRE DU RADIER :

- S_U :

A la bas de la tour les charges sont :

$$\left. \begin{array}{l} N_U = 1.35G + 1.5Q \\ G = 13\,126.325 \text{ t} \\ Q = 2\,430.285 \text{ t} \\ \sigma_s = 3 \text{ bars} \end{array} \right\} \Rightarrow N_U = 21\,365.966 \text{ t}$$

$$\Rightarrow S_U = 712.988 \text{ m}^2 \quad (1)$$

- S_T : surface d'emprise de la tour si on prévoit un débord réglementaire minimal de 50cm :

$$S_T = (30.06 + 1) * (27.8 + 1) = 894.528 \text{ m}^2$$

$$S_T = 894.528 \text{ m}^2 \quad (2)$$

- La surface nécessaire pour le radier : $S_{NEC} = \text{MAX}(S_U ; S_T)$

De (1) et (2) $\Rightarrow S_N = 894.528 \text{ m}^2$

- VERIFICATION :

$$\sigma = 21\,365.966 / 894.528 = 23.885 \text{ t/m}^2 \leq \sigma_s = 30 \text{ t/m}^2$$

B) PREDIMENSIONNEMENT DE LA HAUTEUR DE RADIER :

➤ VERIFICATION VIS-A-VIS DE L'EFFORT TRANCHANT :

Nous vérifions l'effort tranchant sous l'effet de l'effort normal ramené par le voile le plus sollicité (voile F) :

$$\tau_U = V_{UMAX} / (0.9bh_{ET}) \leq \tau_s \Rightarrow h_{ET} \geq V_{UMAX} / (0.9b\tau_s)$$

$$V_{UMAX} = 1.35G + 1.5Q$$

$$V_{UMAX} = 2343.084 / 27.8 = 84.283 \text{ t}$$

$$\Rightarrow h_{ET} \geq 84.283 / (0.9 * 2500)$$

$$\Rightarrow h_{ET} \geq 75 \text{ cm}$$

➤ VERIFICATION AU POINÇONNEMENT :

La condition de non-poinçonnement est donnée par l'expression suivante :

$$Q_U \leq 0.045 \mu_c h_p f_{c28}$$

h_p : épaisseur de radier

Q_U : charge de calcul vis-à-vis de l'état limite ultime

μ_c : périmètre du contour diffusé au niveau de la feuille moyenne

$$\mu_c = (a + b) * 2 + 4h_p$$

$$Q_U = 2\,343.084 \text{ t}$$

$$\Rightarrow h_p \geq 45.19 \text{ cm}$$

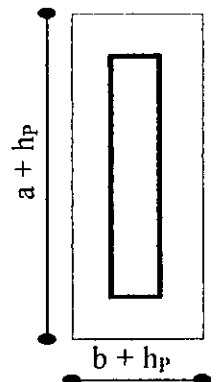


FIG (XI-2)

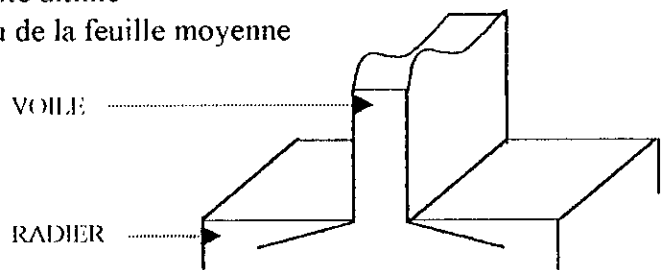


FIG (XI-3)

➤ **CONDITION FORFAITAIRE :**

$$h_F \geq L_{MAX}/10$$

$$\Leftrightarrow h_F = 47.80 \text{ cm}$$

L'ÉPAISSEUR DE RADIER : $h_R = \text{MAX}(h_{ET}; h_P; h_F)$

$$\Leftrightarrow h_{RAD} = 75 \text{ cm}$$

C) **DETERMINATION DE CENTRE DE GRAVITE :**

Vu la symétrie du radier, le centre de gravité a pour coordonnées $\begin{cases} X_G = 0 \\ Y_G = 0 \end{cases}$

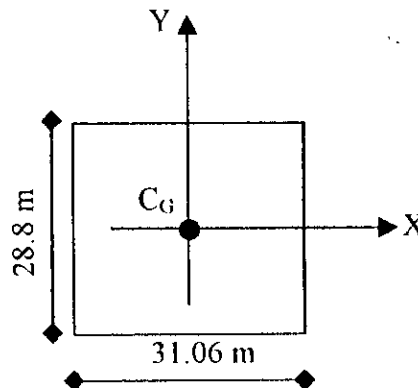


FIG (XI-4) : CENTRE DE MASSE DE RADIER

D) **DETERMINATION DES INERTIES :**

$$I_X = 31.06 \cdot 28.8^3 / 12 = 61\,829.775 \text{ m}^4$$

$$I_Y = 28.8 \cdot 31.06^3 / 12 = 71\,914.356 \text{ m}^4$$

B. **VERIFICATION DE LA STABILITE DE RADIER :**

A) **VERIFICATION DES CONTRAINTES DU SOL SOUS LE RADIER :**

Poids de radier :

$$G_{RAD} = S_{RAD} \cdot h_{RAD} \cdot 2.5 = 1\,677.24 \text{ m}^2$$

Poids du bâtiment total :

$$P_T = P_{TOUR} + 1.35 G_{RAD} = 23\,630.24 \text{ t}$$

$$\Leftrightarrow \sigma = 23\,630.24 / 894.528 = 26.42 \text{ t/m}^2$$

$$\Leftrightarrow \sigma \leq 30 \text{ t/m}^2$$

B) **VERIFICATION DE LA STABILITE :**

➤ SOUS : $G + Q + E$

$$G = G_{TOUR} + G_{RAD} = 14\,803,565 \text{ t}$$

$$Q = Q_{TOUR} = 2\,430,285 \text{ t}$$

$$\sigma_{1,2} = \frac{N}{S_{RAD}} \pm \frac{M}{I} \cdot Y$$

$$\sigma_{MOY} = \frac{3\sigma_1 + \sigma_2}{4} \leq 1.3 \bar{\sigma}_{SOL}$$

$$M = M_0 + T_0 \cdot h$$

M_0 : moment au RDC de l'ouvrage

T_0 : effort tranchant à la base

SENS LONGITUDINAL

T_0	=	1 035,201 t
M_0	=	26 558,331 t.m
σ_1	=	26,728 t/m ²
σ_2	=	11,803 t/m ²
σ_{MOY}	=	22,550 t/m ²

SENS TRANSVERSAL

T_0	=	1 006,389 t
M_0	=	26 166,939 t.m
σ_1	=	25,101 t/m ²
σ_2	=	13,430 t/m ²
σ_{MOY}	=	28,458 t/m ²

➤ SOUS : 0.8G + E

SENS LONGITUDINAL

T_0	=	1 035,201 t
M_0	=	26 558,331 t.m
σ_1	=	20,701 t/m ²
σ_2	=	5,777 t/m ²
σ_{MOY}	=	16,970 t/m ²

SENS TRANSVERSAL

T_0	=	1 006,389 t
M_0	=	26 166,939 t.m
σ_1	=	19,074 t/m ²
σ_2	=	7,404 t/m ²
σ_{MOY}	=	16,565 t/m ²

C. FERRAILLAGE DE RADIER :

Le ferrailage de radier se calculera comme un plancher renversé, dont les appuis seront les voiles

L_x/L_y	0,478		0,32		0,379		0,319		
	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	ELS	ELU	
μ_x	0,1026	0,0994	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
M_x	40,75	56,31	21,97	30,19	31,21	42,88	22,41	30,38	
	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI	TRAVEE	APPUI
M_{tu}	-----	45,05	-----	22,64	-----	32,16	-----	22,78	-----
M_{ts}	-----	32,60	-----	16,47	-----	23,41	-----	16,807	-----
M_{ms}	17,89	-----	28,155	-----	21,44	-----	21,44	-----	15,16
M_{as}	12,225	-----	16,30	-----	15,605	-----	15,605	-----	11,205
μ_{hu}	0,026	0,0697	0,0436	0,0256	0,0332	0,0498	0,0332	0,0352	0,0235
α	0,0329	0,0903	0,0557	0,0324	0,0422	0,0638	0,0422	0,0448	0,0297
Z	66,61	65,06	65,99	66,62	66,36	65,28	66,36	66,29	66,69
A_{su}	6,60	18,03	11,11	8,85	8,41	12,73	8,41	8,94	5,919
Choix	4HA16	4HA25	4HA20	4HA16	4HA16	4HA20	4HA16	4HA16	4HA16

TAB (XI-1) : FERRAILLAGE DES DALLES DU RADIER «SENS TRANSVERSAL »

D. FERRAILLAGE DES DEBORDS :

$$M = 23,885 * 0.5^2/8 = 2,985 \text{ tm}$$

$$\mu_{bu} = 0,0046 \Rightarrow \alpha = 0,0057$$

$$z = 67,34 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A_U = 1,154 \text{ cm}^2$$

ELS :

$$q_{ser} = 17,383 * 0.5^2/8 = 2,17 \text{ tm}$$

$$\mu_{rb} = \alpha_r/2 * (1 - \alpha_r/3) = 0,203 \text{ tm}$$

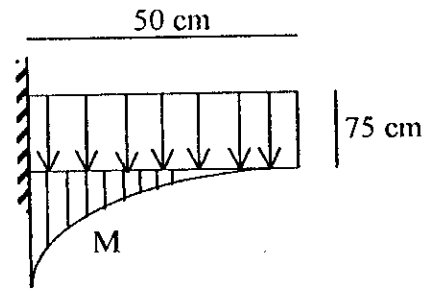
$$M_{rb} = \mu_{rb} b d^2 \sigma_{bc} = 0,203 * (0.675)^2 * 15 = 1,387 \text{ MPA}$$

$$z_r = 0,675(1 - \alpha_r/3) = 56,61 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow A_{SER} = 1,32 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_S = \text{MAX}(A_{SER}; A_U; A_{MIN})$$

$$\Rightarrow A_S = A_{MIN} = 8.1 \text{ cm}^2$$



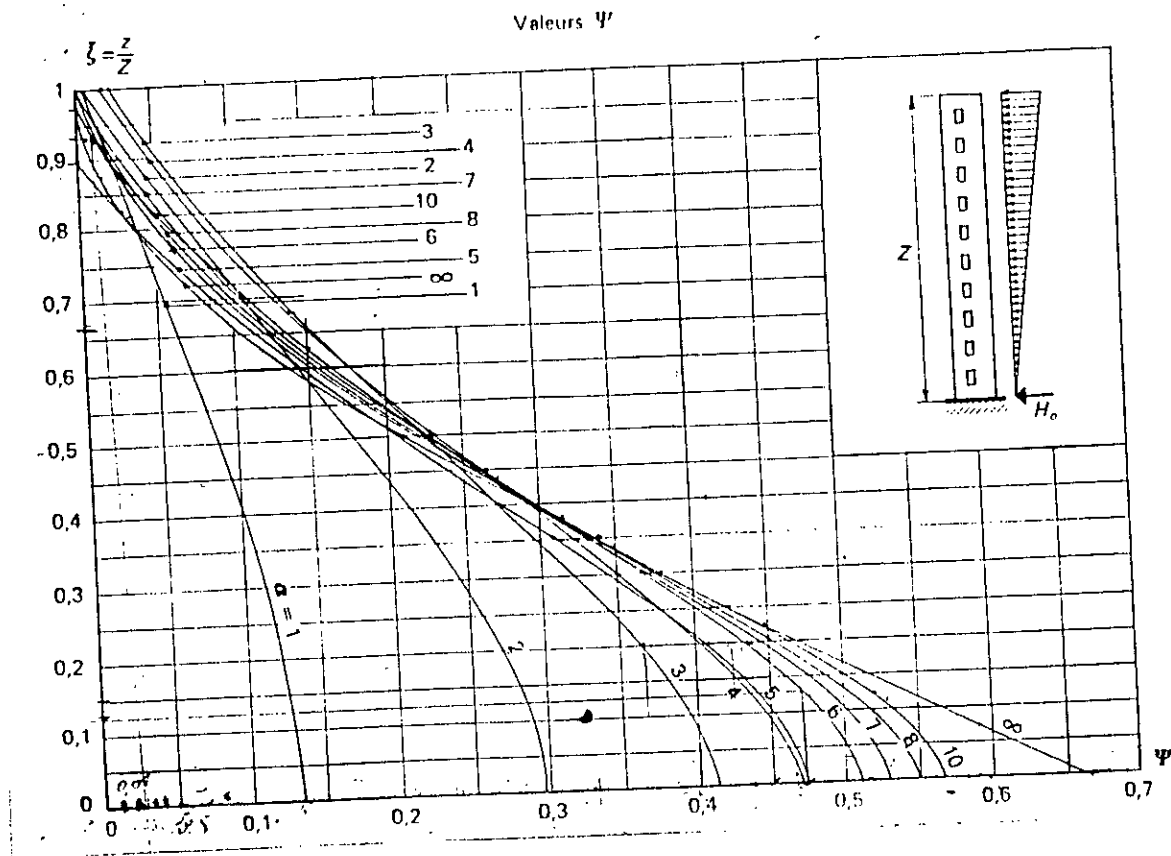


Fig. (A-4) – ABAQUE UTILISE DANS LE CALCUL DES ELEMENTS DE REFEND

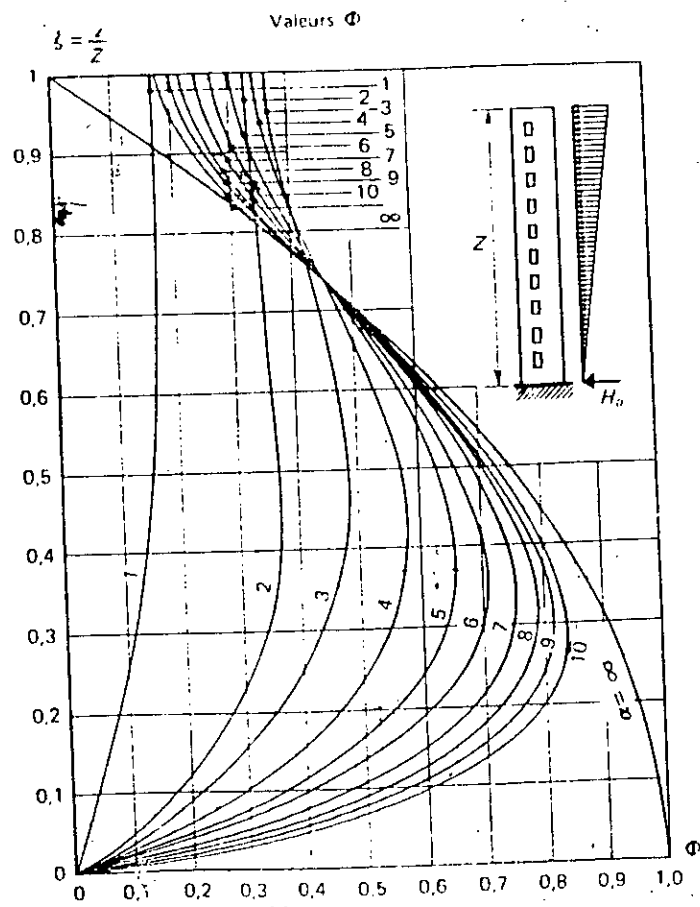


Fig. (A-3) – ABAQUE UTILISE DANS LE CALCUL DES LINTEAUX

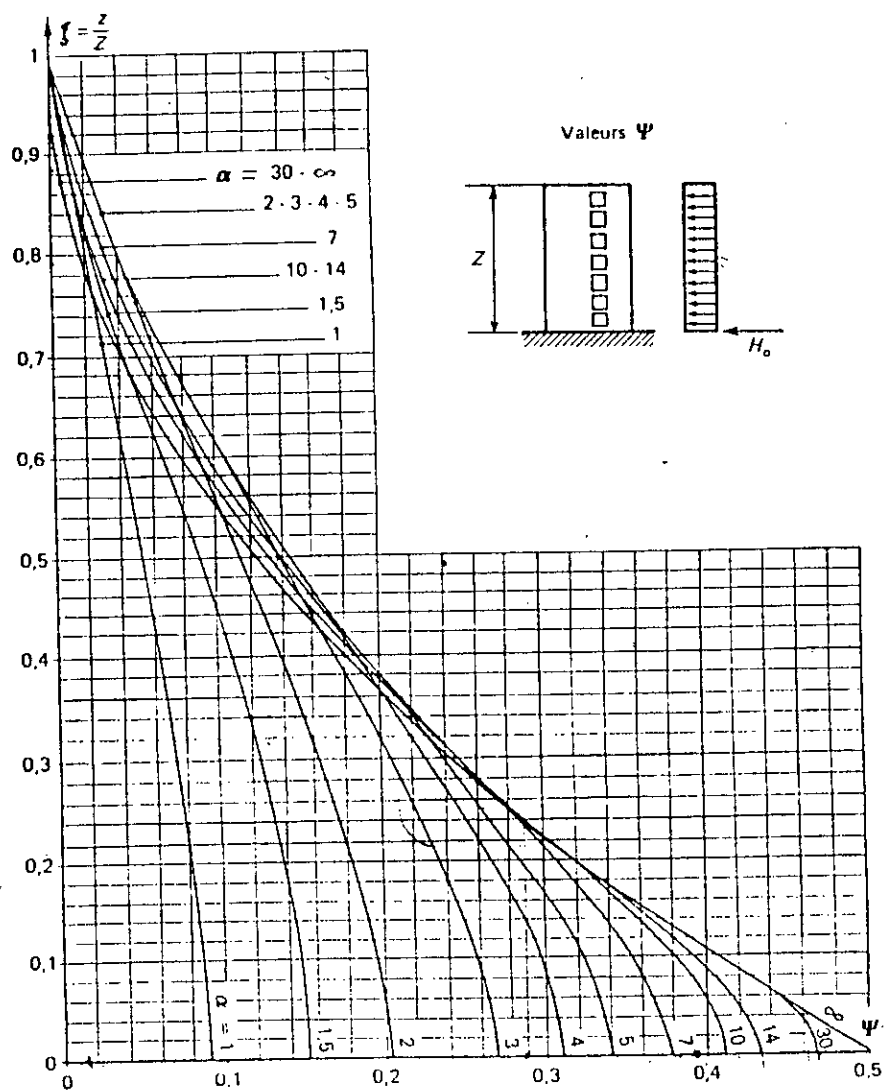


Fig. (A-2) – ABAQUE UTILISE DANS LE CALCUL DES ELEMENTS DE REFEND

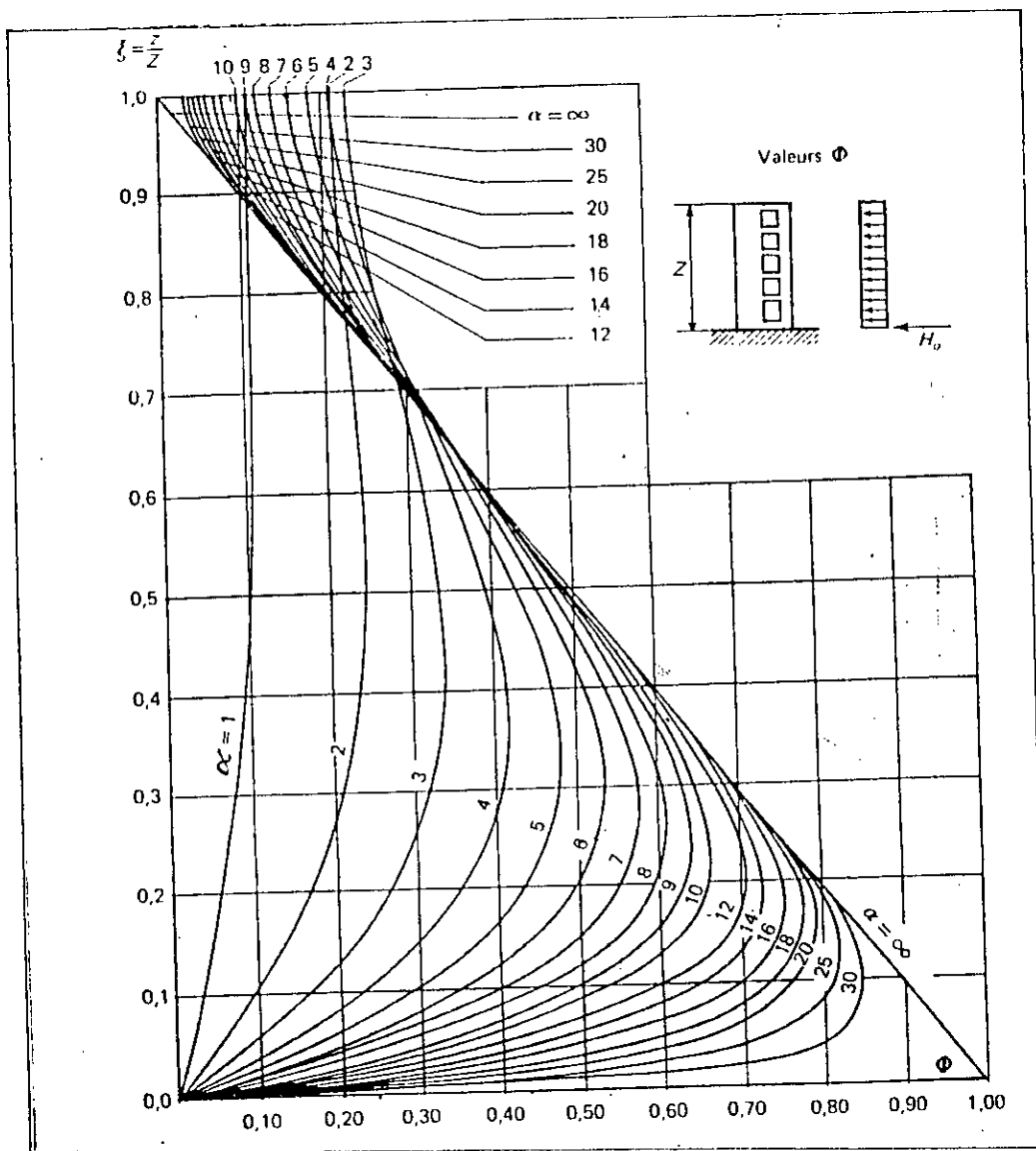


Fig. (A-1) – ABAQUE UTILISE DANS LE CALCUL DES LINTEAUX

```

DIMENSION A(16,16)
DIMENSION S(16,16)
DIMENSION D(16,16)
DIMENSION Y(16,16)
DIMENSION V(16,16)
DIMENSION X(16,16)
DIMENSION C(16,16)
DIMENSION F(16,16)
DIMENSION U(16,16)
DIMENSION G(16,16)
DIMENSION Q(16,16)
DIMENSION B(16,16)
DIMENSION O(16,16)
DIMENSION W(16,32)
READ(*,*)n
WRITE(*,*)'MATRISE DE MASSE'
DO 10 i=1,n
DO 10 j=1,n
  IF (j.EQ.i)THEN
    WRITE(*,*)'A(',i,',',j,')'
    READ(*,*)A(i,j)
  ELSE
    A(i,j)=0
  ENDIF
10 CONTINUE
WRITE(*,*)'MATRISE DE RIGIDITE'
DO 53 i=1,n
DO 53 j=1,n
  IF (j.GE.i) THEN
  IF (j.LE.i+1)THEN
    READ(*,*)W(i,j)
    WRITE(*,*)'W(',i,',',j,')=',W(i,j)
  ELSE
    W(i,j)=0
  ENDIF
  ENDIF
  IF (j.GE.i)THEN
    W(j,i)=W(i,j)
  ENDIF
53 CONTINUE
DO 99 i=1,n
WRITE(*,*) (W(i,j),j=1,n)
99 CONTINUE
DO 66 i=1,n
DO 66 j=n+1,2*n
  IF (j.EQ.i+n) THEN
    W(i,j)=1
  ELSE
    W(i,j)=0
  ENDIF
66 CONTINUE
DO 57 i=1,n
57 WRITE(*,*) (W(i,j),j=1,2*n)
DO 300 k=1,n
DO 101 j=2*n,k,-1
W(k,j)=W(k,j)/W(k,k)
101 CONTINUE
DO 300 i=1,n
  IF (i.NE.k) THEN
  DO 150 j=2*n,k,-1
150 W(i,j)=W(i,j)-W(i,k)*W(k,j)
  ENDIF
300 CONTINUE
DO 350 i=1,n
350 WRITE(*,*) (W(i,j),j=n+1,2*n)
WRITE(*,*)'MATRISE DE SOUPLESSE'
DO 46 k=n+1,2*n
DO 46 i=1,n
DO 46 j=1,n
  IF (j.EQ.k-n)THEN
    S(i,j)=W(i,k)
  ENDIF
46 CONTINUE
DO 87 i=1,n
87 WRITE(*,*) (S(i,j),j=1,n)
! DETERMINATION DES MODES DE VIBRATION
WRITE(*,*)'MODE'
READ(*,*)m

```

```

DO 100 p=1,m
WRITE(*,*)'CALCUL DE LA MATRICE DYNAMIQUE DE****',p,'****MODE'
  IF (p.EQ.1) THEN
    DO 20 i=1,n
    DO 20 j=1,n
    D(i,j)=0
    DO 20 k=1,n
    D(i,j)=D(i,j)+S(i,k)*A(k,j)
20  CONTINUE
    DO 25 i=1,n
    WRITE(*,*) (D(i,k),k=1,n)
25  CONTINUE
    GOTO 44
  ENDIF

  WRITE(*,*)'p=',p
  WRITE(*,*)'CALCUL DE LA MATRICE DE BALYAGE DE****',p,'****MODE'
  WRITE(*,*)'LIRE LA MATRICE F (IDEN)'
  DO 75 i=1,n
  DO 75 j=1,n
  IF (j.EQ.i) THEN
    F(i,j)=1
  ELSE
    F(i,j)=0
  ENDIF
75  CONTINUE
  WRITE(*,*)'TRANSPOSITION DE LA MATRICE DE DEPLACEMENT'
  DO 80 i=1,n
  DO 80 j=1,n
  C(i,j)=V(j,i)
80  CONTINUE
  DO 85 i=1,n
  DO 85 j=1,n
  U(i,j)=0
  DO 85 k=1,n
  U(i,j)=U(i,j)+V(i,k)*C(k,j)
85  CONTINUE
  DO 90 i=1,n
  DO 90 j=1,n
  G(i,j)=0
  DO 90 k=1,n
  G(i,j)=G(i,j)+U(i,k)*A(k,j)
90  CONTINUE
  DO 91 i=1,n
  DO 91 j=1,n
  Q(i,j)=0
  DO 91 k=1,n
  Q(i,j)=Q(i,j)+C(i,k)*A(k,j)
91  CONTINUE
  H=0
  DO 92 i=1,n
  DO 92 j=1,n
  H=H+Q(i,j)*V(j,i)
92  CONTINUE
  WRITE(*,*)'H=',H
  DO 93 i=1,n
  DO 93 j=1,n
  B(i,j)=F(i,j)-G(i,j)/H
93  CONTINUE
  DO 94 i=1,n
94  WRITE(*,*) (B(i,j),j=1,n)
  DO 95 i=1,n
  DO 95 j=1,n
  O(i,j)=0
  DO 95 k=1,n
  O(i,j)=O(i,j)+D(i,k)*B(k,j)
95  CONTINUE
  WRITE(*,*)'LA MATRICE DYNAMIQUE DE****',p,'****MODE'
  DO 96 i=1,n
  DO 96 j=1,n
  D(i,j)=O(i,j)
  WRITE(*,*)'D('',i','',',',j,'')=',D(i,j)
96  CONTINUE
  DO 22 j=1,n
22  WRITE(*,*)'V('',j','',',',1,'')=',V(j,1)
44  WRITE(*,*)'VECTEUR DEPLACEMENT'
  WRITE(*,*)'Rmax=',Rmax
  DO 30 l=1,n

```

```

IF (1.EQ.1) THEN
  DO 35 k=1,n
  READ(*,*)V(k,1)
  WRITE(*,*)'V(' ,k ,',',',1,')=' ,V(k,1)
35  CONTINUE
  ELSE
    V(k,1)=0
  ENDIF
30  CONTINUE
33  DO 40 i=1,n
  DO 40 l=1,n
  Y(i,1)=0
  DO 40 k=1,n
  Y(i,1)=Y(i,1)+D(i,k)*V(k,1)
40  CONTINUE
  WRITE(*,*)'ELEMENT MAX DE VECTEUR DEPLACEMENT'
  Rmax=Y(1,1)
  DO 50 i=1,n
  DO 50 l=1,n
  IF (Rmax.LE.Y(i,1)) THEN
    Rmax=Y(i,1)
  ENDIF
50  CONTINUE
  WRITE(*,*)'Rmax=' ,Rmax
  DO 55 i=1,n
  DO 55 l=1,n

    X(i,1)=Y(i,1)/Rmax
55  CONTINUE
  DO 60 i=1,n
  DO 60 l=1,n
  IF (1.EQ.1) THEN
  WRITE(*,*)'X(' ,i ,',',',1,')=' ,X(i,1)
  WRITE(*,*)'V(' ,i ,',',',1,')=' ,V(i,1)
  ENDIF
60  CONTINUE
  DO 65 i=1,n
  DO 65 j=1,n
  IF (X(i,j).EQ.V(i,j)) THEN
  IF (j.eq.1) THEN
  WRITE(*,*)'V(' ,i ,',',',j,')=' ,V(i,j)
  endif
  ELSE
  DO 70 k=1,n
  DO 70 l=1,n
  V(k,1)=X(k,1)
70  CONTINUE
  GOTO 33
  ENDIF
65  CONTINUE
100 CONTINUE
  WRITE(*,*)'Rmax=' ,Rmax
  STOP
  END

```

BIBLIORAPHIE



- [1] **M.BELAZOUGUI :**
"LE BETON ARME AUX ETATS LIMITES" OPU 1989
- [2] **M.BELAZOUGUI :**
"CALCUL DES OUVRAGES EN BETON ARME " OPU 1991
- [3] **B.A.E.L**
"REGLES TECHNIQUES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES OUVRAGES ET
CONSTRUCTION EN BETON, SUIVANT LA METHODE DES ETATS LIMITES" EYROLLES 1992
- [4] **A.CAPRA ; V.DAVIDOVIC :**
"CALCUL DYNAMIQUE DES STRUCTURES" EYROLLES 1984
- [5] **A.CAPRA ; V.DAVIDOVIC**
"FORMULAIRE DU BETON ARME "
- [6] **M.DIVER :**
"CALCUL DES TOURS EN BETON ARME " EYROLLES 1977
- [7] **GLOUGH ; PENZIEN :**
"DYNAMIQUE DES STRUCTURES" MC GRAW HILL
- [8] **JEAN-PIERRE MOUGIN**
" COURS DE BETON ARME " EYROLLES 1992
- [9] **LEREDO :**
"GRANDS BATIMENT" EYROLLES
- [10] **L.TZENOV ; P.BONNEVILLE :**
"CALCUL DES STRUCTURES PARASISMIQUES" ENAL 1985
- [11] **« R.P.A » REGLE PARASISMIQUES ALGERIENNES 1988**
- [12] **ZEFFOUNI SAMIRA :**
"Etude d'un immeuble tour (R+9) a structure mixte contreventée par voile" PFE 1993