

22/93

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL



THESE DE FIN D'ETUDES

THEME

ETUDE COMPARATIVE D'UNE TOUR (R + 13)

CONTREVENTEE PAR :

- PORTIQUES
- NOYAU CENTRAL

6 PLANCHES + ANNEXE

PROPOSÉ PAR :
Mme BAUCHE

ETUDIE PAR :
DEBAZI CHERIFA

DIRIGE PAR :
Mm BAUCHE

PROMOTION 1992-1993

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL



THESE DE FIN D'ETUDES

THEME

ETUDE COMPARATIVE D'UNE TOUR (R + 13)

CONTREVENTEE PAR :

- PORTIQUES
- NOYAU CENTRAL

PROPOSÉ PAR :
Mme BAUCHE

ETUDIE PAR :
DEBAZI CHERIFA

DIRIGE PAR :
Mm BAUCHE

PROMOTION 1992-1993

Remerciment

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
المكتبة — BIBLIOTHEQUE
Ecole Nationale Polytechnique

Je tiens à remercier d'abord tendrement mes parents, ma famille, ma belle famille, mes amis pour leurs soutient, leur sacrifice et leur affection.

Je remercie également tous mes professeurs qui ont, de près ou de loin, contribué à ma formation.

Je remercie et j'encourage tous les chercheurs et les scientifiques, qui ont su donner un bat à notre vie scientifique, et qui se sont sacrifiés pour leur noble mission.

Je remercie enfin, ma promotrice, M^{me} BAUCHE, qui a su me guider et m'orienter objectivement, tout au long de ce travail.

Cherifa

Dedicaces

A ma mère, qui s'est toujours sacrifiée pour nous, sans jamais demander d'échanges.

Toute mon affection.

A mon père, qui grâce à ses conseils, sa gentillesse, son dévouement, a fait de nous des êtres responsables et respectueuse.

Tout mon respect.

A mes frères ; Njamel, Samir, Adel.

Mes sœurs ; Nadjia, Sabrah, Rym.

A ma belle sœur Fazia.

Toute ma sympathie

A ma belle famille, à tous mes amis

Toute ma gratitude.

A mon fiancé, Halim, pour son respect
à sa confiance.

Toute ma tendresse

A mes copines (Yamina, Samia, Samira...)

Toute mon amitié.

SOMMAIRE



A : Partie Théorique

Chap I	: Introduction.....	1
Chap II	: Généralité sur les contreventements.....	3
Chap II.1	: Introduction.	
II.2	: Définition.	
II.3	: Différents types de contreventements	
II.4	: Conclusions.	
Chap III	: Etude et fonctionnement des contreventements.....	6
III.1	: Introduction	
III.2	: Fonctionnement mécanique d'une structure	
III.3	: Les modèles.	
Chap IV	: Etude des contreventements par noyau central.....	8
	et par portiques.	
IV.1	: Contreventements par noyau central	
IV.1.1	: Introduction	
IV.1.2	: Expression des contraintes	
IV.1.3	: Répartition des efforts	
IV.2	: Contreventement par portiques.	
IV.2.1	: Etude des portiques sur charges horizontales.	
Chap V	: Théorie de l'énergie équivalente.....	27
Chap VI	: Etude au vent.....	30
Chap VII	: Etude dynamique.....	44
Chap VIII	: Etude sismique.....	49
Chap IX	: Vérification au renversement.....	50
B	: Partie pratique.	
Chap X	: Eléments de la superstructure.....	53
X.1	: Présentation de l'ouvrage.	
X.2	: Conception et choix structural.	
X.3	: Réglementation et normes utilisées.	
X.4	: Caractéristiques mécaniques des matériaux.	

Chap XI	: Caractéristiques des éléments.....	59
XI.1	: Descente de charges.	
XI.2	: Prédimensionnement des éléments	
XI.2.1	: Structure I : Portiques	
XI.2.2	: Structure II : Noyau central.	
XI.3	: Concentration des masses	
XI.4	: Calcul des centres de masses.	
XI.5	: Calcul des rigidités.	
XI.6	: Calcul des inerties.	
XI.7	: Calcul des centres de torsion.	
XI.8	: Excentricités.	
XI.9	: Rigidités à la torsion.	
Chap XII	: Evaluation des charges horizontales et verticales....	88
Chap XIII	: Ferrailage.....	95
Chap XIV	: Eléments d'infrastructure.....	103
Chap XV	: Métré.....	111
Chap XVI	: Conclusion.....	114

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

Annexes.
Bibliographie.

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I
INTRODUCTION

INTRODUCTION

LE thème de ce mémoire est de faire une étude comparative d'une structure contreventée une fois par portiques et une autre fois par noyau central. Ce travail n'est en fait qu'un enchaînement d'une précédente étude comparative dirigée par la même promotrice.

L'initiative de mener une telle étude a été plus dictée par le souci de mettre en évidence l'avantage d'opter pour un contreventement par noyau central, que par la volonté de mener une simple étude d'une structure contreventée par portiques et la même structure contreventée par noyau central.

Car, d'une part, si les portiques - qui ont connu un essor remarquable après la découverte des méthodes de calcul simplifiées - étaient fréquemment utilisés entre les deux guerres mondiales; cependant cette technique est de moins en moins adoptée, car au-dessus d'un certain nombre de niveaux (10-15), les portiques présentent quelques inconvénients qui sont:

- Conception lourde, car la section des poteaux à la base devient très importante.
- Quantité importante de béton et d'acier
- Par conséquent, le coût devient onéreux
- Délai important d'exécution

D'autre part, l'introduction et l'évolution de la technique du "noyau central" reflètent les avantages que présente cette dernière, à savoir:

- Coût moins élevé: réduction du prix d'exécution
- Rapidité d'exécution, grâce à la facilité du coffrage.
- Augmentation des espaces libres grâce à une disposition plus rationnelle.

Par ailleurs, toujours dans le cadre de cette étude, quelques notions fondamentales concernant les contreventements seront

abordées explicitement dans cette modeste documentation telles que:

- La méthode de MM Albiges et Goulet pour le calcul des contreventements par voiles.
- La méthode de MUTO pour la répartition des charges horizontales (structure en portiques)
- La méthode de CAQUOT pour la répartition des charges verticales (structure en portiques).

Ainsi, une modeste contribution sera apportée à la documentation de l'école, en réunissant dans un même recueil quelques méthodes du calcul des contreventements.

Même si ces méthodes ne sont pas exactes, elles ont le mérite de donner des résultats sécuritaires.

Donc, pour résumer, on abordera dans cette étude:

En premier lieu :

- ◆ Des généralités sur les contreventements.
- ◆ Des fondements théoriques sur :
 - √ Les contreventements par noyau central.
 - √ Les contreventements par portiques.
- ◆ Une étude dynamique et sismique des deux structures.

En second lieu :

- ◆ Appliquer ces fondements théoriques sur les deux structures.
- ◆ Regrouper tous les résultats dans des annexes.

en dernier lieu :

Conclure, grâce aux résultats sur le type de contreventement le plus économique et le plus approprié.

CHAPITRE II

Généralités sur les contreventements

II.1 Introduction

II.2 Définition

II.3 Différents types de contreventement

II.4 Conclusion

1. Introduction

Le mode de construction qui a été longtemps classique en bâtiment comportait la réalisation d'une enveloppe d'épaisseur généralement constante en maçonnerie (moellons, pierres de taille, briques, etc.). C'est le bâtiment dit "à murs porteurs".

Mais, ce genre de construction a vite été délaissé au profit d'un autre plus moderne et qui découle d'une synthèse logique d'éléments résistants diversifiés, il s'agit des constructions à ossatures dans lesquelles les fonctions des organes sont les suivantes :

- Fonction de résistance pour l'ossature : poteaux, poutres, chaînages, voiles, etc.
- Fonction de clôture, d'étanchéité et d'isolement pour le remplissage.

Le développement de l'informatique associé au besoin de construire toujours plus hardiment a amené une véritable révolution quant aux conceptions des constructions, une diversité dans le choix des méthodes de calcul et surtout une rapidité d'exécution.

Donc l'évolution de l'outil informatique a encouragé le besoin qu'a l'être humain de construire de plus en plus haut et de plus en plus vite, et cela grâce à la disponibilité de logiciels et de programmes de plus en plus performants.

2. Définition

D'une manière générale, on entend par contreventement, tout élément vertical devant assurer la stabilité d'une structure sous l'action des sollicitations :

- Verticales : Poids mort de la construction, surcharges d'exploitation qui, en empruntant le cheminement : plancher, nervures poutres poteaux ou voiles sont finalement transmis au sol par l'intermédiaire des fondations.
- Horizontales : Principalement sismiques ou celles qui sont dues au vent.

En ce concerne ces dernières, connaissant les efforts extérieurs (préalablement déterminés grâce à une étude dynamique), le problème est de déterminer leur répartition entre les différents éléments de contreventement qui peuvent être étudiés comme des systèmes isolés.

3. Différents types de contreventement

On peut distinguer:

3.1/ Contreventements plans

On les appelle ainsi car ils possèdent une rigidité dans leur plan; la rigidité en dehors de leur plan est nulle. Ce genre de contreventement comprend:

- Les refends pleins
- Les refends avec petites ouvertures
- Les murs avec une ou plusieurs files d'ouvertures
- Les portiques
- Les refends associés aux portiques.

3.2/ Contreventements non plans:

Ce genre de contreventement ayant une section en L, en T etc. ont deux rigidités flexionnelles dans les deux directions et composent essentiellement les cages avec ou sans ouvertures, les noyaux des immeubles élevés...

3.3/ Contreventement des tours de grandes hauteurs.

Quand la structure devient très élevée, il devient nécessaire de faire intervenir la façade pour assurer avec le noyau central ou même seule la stabilité des ouvrages.

3.4/ Conclusion

Actuellement encore, il est difficile de prévoir l'avenir des bâtiments tours. Il est probable que les limites absolues des immeubles de grande hauteur seront fixées par des considérations d'ordre psychologique et physiologique, plutôt que par des considérations techniques.

Des recherches sont en cours pour parvenir à éliminer complètement les refends et les noyaux en tant que structures de résistance. Le contreventement sera assuré dans ce cas uniquement par une façade perforée.

CHAPITRE III

ETUDE ET FONCTIONNEMENT DES CONTREVENTEMENTS

III.1 Introduction

III.2 Fonctionnement mécanique d'une structure

III.3 Les modèles

1. Introduction

L'importance du calcul des structures sous charges verticales et horizontales n'est plus à démontrer.

Celles-ci peuvent engendrer des efforts dans la structure pouvant provoquer la ruine de l'ouvrage.

Ce calcul est donc nécessaire pour les structures susceptibles d'être soumises à ce type de chargement.

De ce fait, la première difficulté rencontrée dans un pareil calcul réside dans la détermination du chargement, celui-ci étant généralement de nature sismique ou climatique (vent), il ne peut être déterminé que de manière probabiliste, ce qui a nécessité l'élaboration de textes réglementaires (codes parasismiques).

2. Fonctionnement mécanique d'une structure

Le fonctionnement d'une structure peut-être résumé comme suit:

- Les planchers transmettent les charges verticales (poids propres, surcharges) aux éléments porteurs, répartissent les charges horizontales dans le contreventement et assurent la compatibilité des déplacements horizontaux.
- Les éléments porteurs verticaux transmettent les charges verticales apportées par les planchers jusqu'aux fondations, et assurent la stabilité horizontale du bâtiment.
- Les fondations jouent le rôle d'appuis en assurant la liaison avec le sol et en répartissant les efforts.
- Le reste de la structure n'est que remplissage, il ne joue aucun rôle de point de vue résistance, si ce n'est celui de charge.

3. Les modèles

3.1/ Modèles discontinus:

La structure réelle est remplacée par un système d'éléments verticaux identiques à son contreventement et liés entre eux au niveau de tous les planchers par des bras d'inertie infinie articulés à leurs deux extrémités. Les charges étant supposées n'être appliquées qu'au niveau des planchers.

3.2/ Modèles continus:

Le contreventement est supposé sans discontinuité et la répartition des planchers et des linteaux suffisamment dense pour pouvoir considérer l'ensemble de leurs réactions sur un élément de contreventement comme une charge répartie.

Ce deuxième type de modèle est moins conforme à la réalité que le précédent, son intérêt est de permettre dans certains cas particuliers des économies de calcul appréciables.

CHAPITRE IV

ETUDE DES CONTREVENTEMENTS PAR NOYAU CENTRAL ET PAR PORTIQUES

IV.1 Contreventement par noyau central

1.1 Introduction

1.2 Expression des contraintes

1.3 Répartition des efforts

IV.2 Contreventement par portiques

2.1 Introduction

2.2 Etude des portiques sous charges horizontales.

1. Contreventement par noyau central

1.1/ Introduction

La stabilité des immeubles de grande hauteur est assurée dans la majorité des cas par des noyaux centraux.

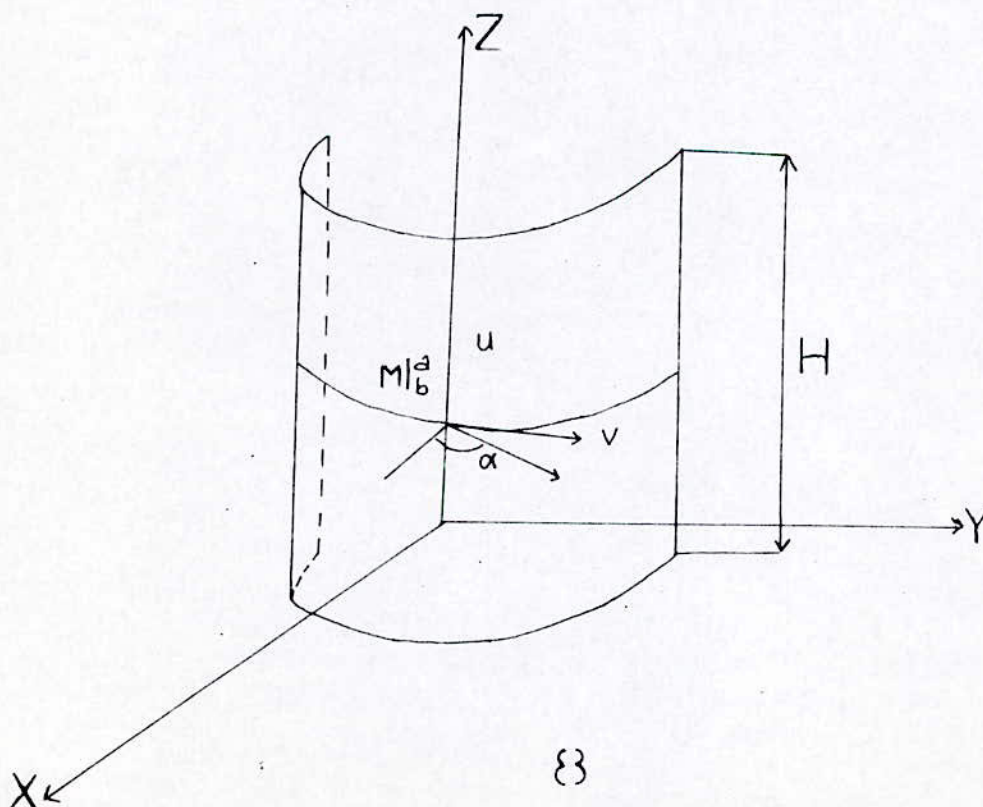
Ces noyaux permettent la circulation verticale et assurent le contreventement. Leur étude est compliquée par la présence d'ouvertures qui en détruisent le monolithisme.

Hypothèses:

- La première résultant de l'indéformabilité des planchers permet d'exprimer analytiquement la compatibilité des déplacements.
- La deuxième caractérise le comportement du matériau.
- La troisième résulte de l'équilibre statique.

1.2/ L'expression des contraintes.

Soit le schéma suivant:



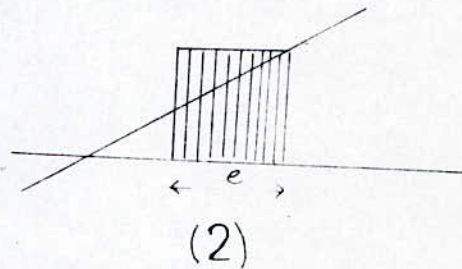
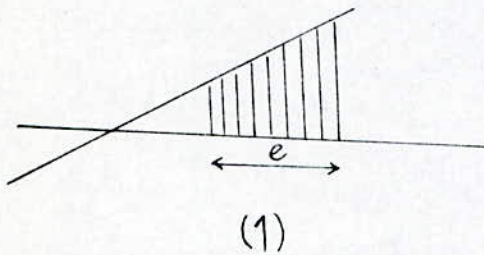
Sous l'action des sollicitations extérieures, le voile se déforme. Soient V_x , V_y et θ les composantes horizontales du déplacement du référentiel XOY au niveau Z; le déplacement M sur la tangente est donné par :

$$V(a,b) = V_x(a)\cos\alpha(b) + V_y(a)\sin\alpha(b) + \theta(a)r(b)$$

1.2.1/ Contraintes normales

On suppose que ces contraintes sont uniformément réparties sur l'épaisseur, cette hypothèse est approximative et valable pour les profils minces.

Dans le cas de la flexion, on remplace la répartition (1) par la répartition (2).



C'est une correction du second ordre. Les contraintes normales s'expriment à partir des déformations à l'aide des relations de la théorie de l'élasticité.

$$\varepsilon_a = \frac{1}{E}(\delta_a - \nu_b)$$

$$\varepsilon_b = \frac{1}{E}(\delta_b - \nu_a)$$

E : Module d'Young.

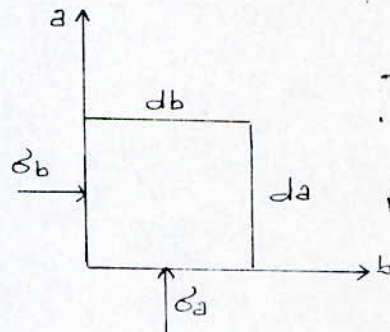
ν : Coefficient de Poisson du matériau.

L'indéformabilité du contour transversal se traduit par :

$$\varepsilon_b = 0$$

Ce qui permet d'obtenir la relation :

$$\tau_a = \frac{E}{1 - \nu^2} \varepsilon_b$$



On pose $E_1 = \frac{E}{1 - \nu^2}$

Dans la pratique, on peut confondre E_1 et E car pour :

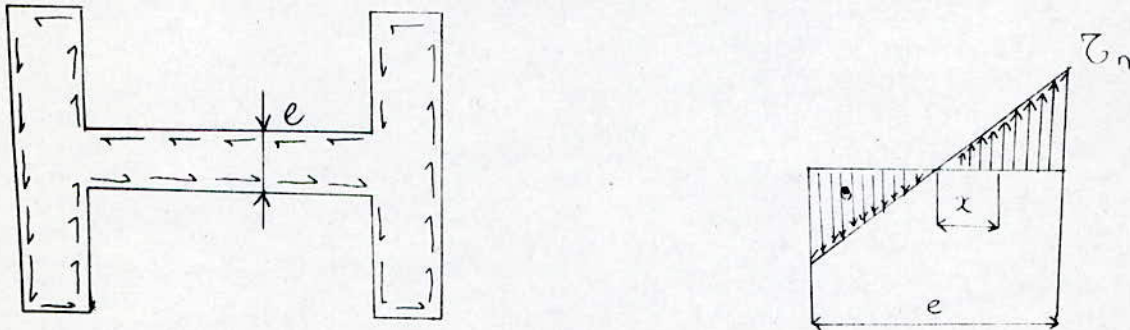
$\nu = 0,15$, on obtient $E_1 = 1,023 E$

Finalement : $\delta_a = E_1(V'_a - V''_x x - V''_y y - \theta'' \omega)$

1.2.2 Contraintes de cisaillement

Les contraintes de cisaillement proviennent de deux origines distinctes :

- * une contrainte de torsion pure ou torsion de Saint-Venant, cette contrainte est distribuée linéairement dans l'épaisseur comme le montrent les schémas ci-dessus.



Cette contrainte équilibre un couple de torsion pure (ou de Saint-Venant) égal à :

$$C = L \cdot \tau_m \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot l = \tau_m \cdot \frac{Ll^2}{6}$$

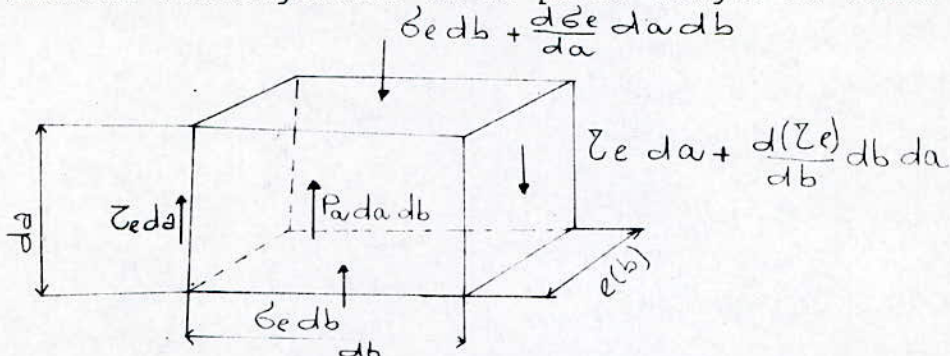
comme $C = \theta' GK$ avec $K = L \frac{l^3}{3}$

$$\tau_m 2e \cdot G\theta' = 2e \frac{C}{K}$$

- * Une contrainte de cisaillement de torsion fléchie. Cette contrainte, uniformément distribuée dans l'épaisseur comme la contrainte normale, est identique à celle produite par

l'effort tranchant dans un refend lorsque celui-ci par sa flexion s'oppose à la rotation du bâtiment.

Pour déterminer cette contrainte, on écrit l'équilibre d'un petit élément rectangulaire de la pièce longue en voile mince.



$P_a(a,b)$ est une densité de charge verticale appliquée à la surface moyenne du voile.

La projection sur l'axe des a des forces s'exerçant sur ce petit élément permet d'obtenir l'équation :

$$e = \frac{\delta \tau}{\delta a} + \frac{\delta(\tau_a)}{\delta b} + p_a = 0$$

par conséquent

$$\tau = \frac{1}{e} (S_0(a) - E_1 (V_a'' - V_x'''x - V_y'''y - \theta'''w) edb - p_a db)$$

en introduisant les notations suivantes:

$$F(b) = \int_0^b e(b) db$$

$$S_y(b) = \int_0^b x e(b) db$$

$$S_x(b) = \int_0^b y e(b) db$$

$$S_w(b) = \int_0^b w e(b) db$$

on obtient :

$$\tau = \frac{1}{e} (S_0(a) - E_1 F(b) V_a'' + E_1 S_y(b) V_x''' + E_1 S_x(b) V_y''' + E_1 S_w(b) \theta''' - \int_0^b p_a db)$$

$S_0(a)$ est la fonction de répartition des cisaillements sur la génératrice origine des coordonnées curvilignes.

1.3 Répartition des efforts sur les éléments de contreventement

1.3.1 Introduction

Après la détermination des efforts tranchants revenant au niveau de chaque plancher, dûs aux efforts sismiques, on doit les répartir entre les différents éléments de contreventement. Cette répartition se fera en utilisant la méthode du centre de torsion qui est facile à mettre sous forme d'algorithme.

1.3.2 Hypothèses de calcul

- planchers indéformables
- les refends parfaitement encastrés à leurs bases.
- l'inertie des refends constante sur toute la hauteur où suit une même loi de variation pour tous les refends.

1.3.3 Distribution des sollicitations d'ensemble dans les refends

1.3.3.1. Méthode du centre de torsion

Le centre de torsion d'un groupe de refends est le point défini par :

1. Une force dont la ligne d'action passe par le centre de torsion provoque uniquement une translation parallèle à la direction de la force.
2. Un moment vertical dont la direction passe par le centre de torsion engendre uniquement une rotation.

Les forces horizontales se répartissent dans les refends selon leurs rigidités. La rigidité à la flexion d'un refend est la force de rappel pour laquelle le refend réagit quand une force extérieure produit une translation (ou rotation) unitaire.

1.3.3.2. Application de la méthode à la structure

Une force extérieure dont la ligne d'action passe le CDT se répartira entre les refends linéaires qui lui sont parallèles.

Si la ligne d'action des forces extérieures ne passe pas par le CDT, il se crée un moment égal au produit de la force considérée par une excentricité propre.

1. Un refend parallèle à la direction de la force sismique est soumis à un effort de translation (H_{tr}) et à un effort de rotation (H_{rot})
2. Un refend perpendiculaire à la direction de la force est soumis uniquement à un effort de rotation.

1.3.3.3. Forces sismiques agissant transversalement

$$H_{irot} = \frac{H_y \cdot e \cdot I_i X_i}{J\theta}$$

$H_i = H_{irot} + H_{itr}$ avec

$$H_{itr} = \frac{H_y I_i}{\sum I_i}$$

où

H_y : force sismique dans la direction considérée

e : excentricité

I_i : Inertie du refend considéré

X_i : Distance du refend au CDT

$J\theta$: Rigidité à la torsion

1.3.3.4 Forces sismiques agissant longitudinalement

$H_j = H_{jrot} + H_{jtr}$ avec

$$H_{jrot} = \frac{H_x \cdot e \cdot I_j y_j}{J\theta}$$

$H_j = H_{jrot} + H_{jtr}$ avec

$$H_{jtr} = \frac{H_x I_j}{\sum I_j}$$

Pour un refend, l'effort tranchant le plus défavorable qui lui revient correspond à un séisme de même direction que le refend.

Les RPA recommandent d'annuler les efforts tranchants négatifs dus à la torsion provoquée par l'excentrement de la force appliquée par rapport au CDT, cet excentrement sera, à chaque niveau égal au maximum des valeurs:

- a/ excentricité théorique
- b/ 5 % de la plus grande dimension en plan du bâtiment.

1.3.4. Distribution des efforts dans les refends

1.3.4.1. Introduction

Le calcul des voiles percés d'une ou de plusieurs files d'ouvertures présente un intérêt pratique considérable, on distingue deux types de bâtiments:

- - bâtiments de grande hauteur
- - bâtiments peu élevés.

Les premiers seront traités par les méthodes classiques de MM Albiges et Goulet. Pour les seconds, il est nécessaire dans certains cas de recourir à des méthodes faisant appel aux différences finies.

1.3.4.2. Sollicitations horizontales

Après avoir distribué les forces horizontales et verticales sollicitant la structure sur les différents voiles qui participent au contreventement, il faut déterminer ensuite de quelle manière s'effectue la répartition des efforts dans ceux-ci en vue d'un ferrailage adéquat.

On fera la distinction entre refends pleins, refends à une file d'ouvertures et refends avec plusieurs files d'ouvertures. Le calcul des premiers ne présente pas de difficultés particulières et s'effectue de manière classique, celui des refends à une ou plusieurs files d'ouvertures sera exposé en détail.

1.3.4.2.1. Refends à une file d'ouvertures

La méthode élaborée par MM Albiges et Goulet s'occupe des refends constitués de deux éléments encastrés à leur base et solidarisés par une file verticale de linteaux. Elle suppose entre eux une répartition des efforts transmis par les linteaux le long de la fibre moyenne de chaque trumeau et admet que le déplacement horizontal au niveau de chaque étage est identique pour les deux refends.

La première étape de calcul consiste à déterminer le paramètre " α " considéré comme le degré de concordance entre refends monolithiques et refends réels, par abus de langage, il est aussi connu sous le nom de coefficient de monolithisme, il est fonction des caractéristiques géométriques et physiques du refend, mais ne dépend pas de son épaisseur.

Trois cas peuvent se présenter :

A/ Cas général : moyennes ouvertures : $1 < \alpha < 10$

a) Etude des linteaux

Comme nous allons le voir, la distribution des efforts tranchants π sur les linteaux n'est pas uniforme, connaissant la valeur de l'effort tranchant d'ensemble H_0 sollicitant le refend à sa base, et ayant déjà déterminé l'inertie totale de celui-ci et le moment statique des trumeaux par rapport au CDG de l'ensemble, on déduit la valeur de π à la côte relative ξ de la formule:

$$\pi = H_0 n \cdot h \cdot \phi / I$$

où :

$$\phi(\alpha, \xi) = 1 - \xi - \frac{\alpha \cdot \text{ch}(\alpha(1 - \xi)) - \text{Sh}(\alpha \cdot \xi)}{\alpha \cdot \text{ch} \alpha}$$

- H_0 : effort tranchant à la base
- n : moment statique des trumeaux
- h : hauteur du niveau considéré
- I : inertie totale du refend

α : Coef de monolithisme

ξ : côte relative $\xi = \frac{h}{H}$

H : hauteur totale du bâtiment

Chaque linteau sera alors étudié comme une poutre encastree aux extremités et le moment d'encastrement s'obtiendra n multipliant l'effort tranchant obtenu par la demi-largeur des ouvertures.

b) Etude des trumeaux

Dans le cas général, les moments dans les éléments du refend se déduisent par la formule suivante:

$$M_i = \frac{I_i}{\sum I_i} (M - H_0 \cdot Z \cdot \psi)$$

• Pour un vent constant, la formule s'explícite comme suit:

$$M_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} H_0 Z \left(\frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{2Cn}{I} \right) \psi$$

$$M_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} H_0 Z \left(\frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{2Cn}{I} \right) \psi$$

avec

$$\psi(\alpha, \xi) = \frac{1}{2} (1 - \xi)^2 - \frac{Sh\alpha(1 - \xi)}{\alpha \cdot ch\alpha} + \frac{1}{\alpha^2} \left(1 - \frac{ch\alpha \cdot \xi}{ch\alpha} \right)$$

Pour un vent triangulaire, la formule devient:

$$M_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} (M - 2N \cdot C); \quad M_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} (M - 2N \cdot C)$$

où "C" est la demi distance qui sépare les CDG des trumeaux 1 et 2, I_1 et I_2 leurs inerties propres.

Le calcul des efforts normaux s'effectue en faisant le cumul des efforts tranchants à partir du sommet jusqu'au niveau considéré:

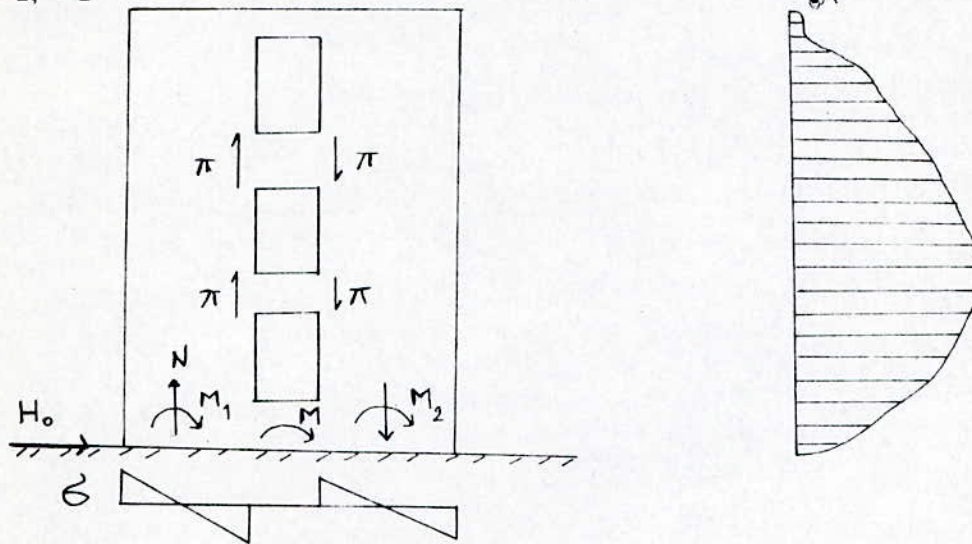
$$N_i = \sum \pi_i$$

Il faudrait alors vérifier l'équilibre à la base du refend en écrivant :

$$M = M_1 + M_2 + 2NC$$

où : M est le moment d'ensemble repris par le refend étudié.

M_1 , M_2 et N les efforts calculés à la base.



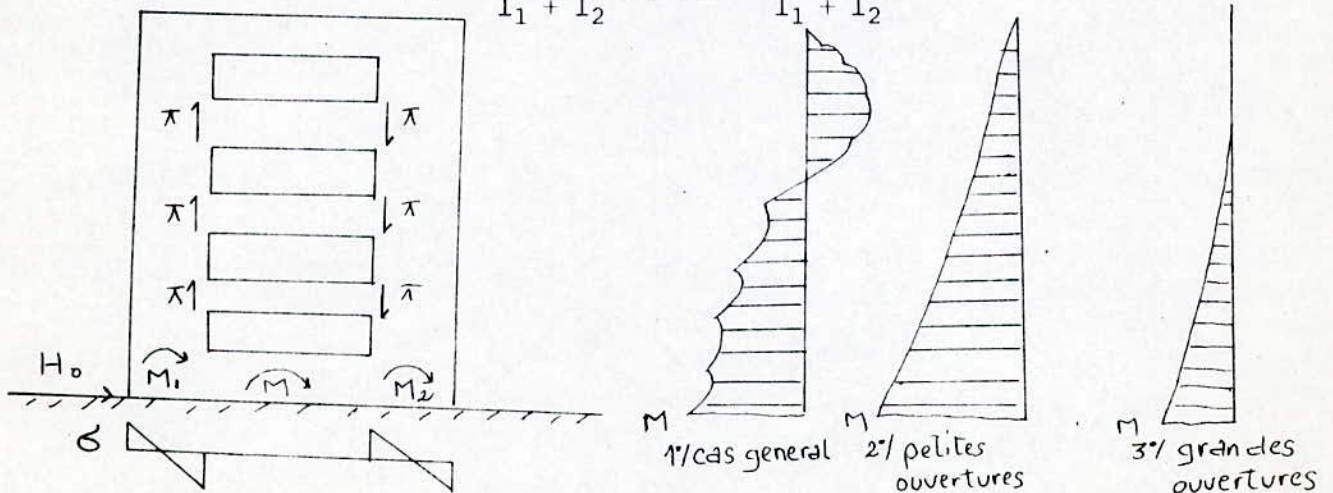
• Pour $\pi = 0$ $\pi = \frac{H_0 n h}{I} (1 - \xi)$

• $M_1 = M_2 = 0$ $N = \sum \pi = \frac{M}{2C}$

B/ Cas des grandes ouvertures : $\alpha < 1$

Lorsque α est suffisamment petit, le coefficient ϕ devient presque nul, ce qui entraîne l'annulation de l'effort tranchant. La répartition des moments fléchissants proportionnellement aux inertias des trumeaux se fera comme suit:

$$M_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} M; \quad M_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} M$$



$$\pi = \frac{H_0 n h}{I} \phi$$

$$M_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} H_0 Z \left(\frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{2 C n}{I} \psi \right)$$

$$M_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} H_0 Z \left(\frac{(1 - \xi)^2}{2} - \frac{2 C n}{I} \psi \right)$$

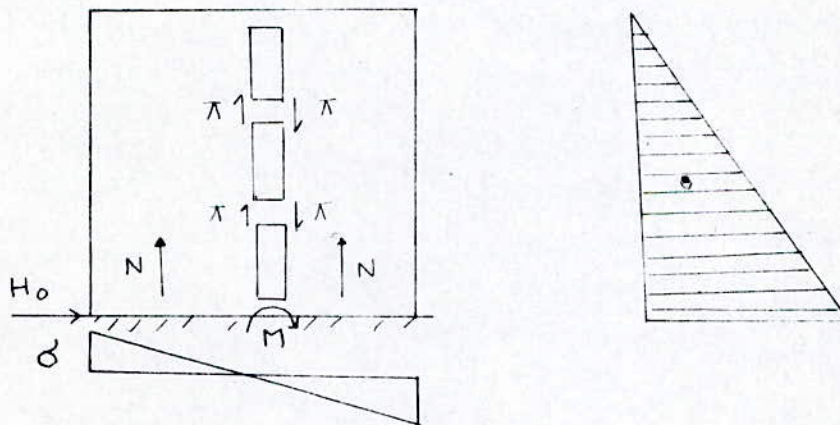
C/ Cas des petites ouvertures : $\alpha > 10$

Nous avons vu que l'effort tranchant dans les linteaux est de

la forme :
$$\pi_i = H_0 \frac{n h}{I} \phi_i$$

Lorsque α devient assez grand, la variation de ϕ suit alors une distribution linéaire, s'annule au sommet et atteint sa valeur maximale à la base, ceci s'explique par le fait que l'influence des ouvertures a un caractère local.

Du fait que le mur travaille comme un voile plein, le calcul de l'effort normal s'effectue de la même manière, pour ce cas les moments sont nuls.



$\pi = 0$

$$M_1 = \frac{I_1}{I_1 + I_2} H_0 \frac{Z}{2}$$

$$M_2 = \frac{I_2}{I_1 + I_2} H_0 \frac{Z}{2}$$

Remarque :

Si les forces extérieures sont réparties suivant un diagramme triangulaire, toutes les formules restent inchangées sauf que ϕ devient χ qui s'écrit :

$$\chi(\alpha, \beta) = \left(1 - \frac{2}{\alpha^2}\right) \left(1 - \frac{\text{ch}\alpha(1 - \xi)}{\text{ch}\alpha}\right) + 2 \frac{\text{Sh}(\alpha \cdot \xi)}{\alpha \cdot \text{ch}\alpha} - \xi^2$$

Ces calculs ne sont valables que dans le cas où le diagramme des forces extérieures est uniforme; dans le cas contraire, les moments dans les trumeaux seront estimés comme suit:

$$\begin{aligned} M_t &= M_1 + M_2 + \dots \\ &= M - 2N_1 (C_1 + C_2 + \dots) - 2N_2 (C_2 + C_3 + \dots) - \dots \end{aligned}$$

Chaque trumeau reprendra une partie du moment extérieur proportionnellement à son inertie.

$$M_1 = \frac{I_1}{\sum I_i} M_t$$

$$M_2 = \frac{I_2}{\sum I_i} M_t$$

$$M_i = \frac{I_i}{\sum I_i} M_t$$

1.3.4.2.2. Refends à plusieurs files d'ouvertures:

La méthode utilisée pour le calcul des refends à une file d'ouvertures peut-être généralisée pour le refend à plusieurs files d'ouvertures, on néglige les déformations dues aux efforts normaux dans les éléments de refends.

Le coefficient α ne dépend pas de la largeur des ouvertures, mais il dépend du pourcentage des ouvertures par rapport au refend en considérant la vue en élévation.

Trois cas sont à envisager.

A/ Cas des ouvertures moyennes RP > 25 %

Les étapes de calcul sont :

1. Evaluation de RP (Rp : surface des ouvertures sur la surface totale).
2. Détermination des efforts tranchants π par la relation :

$$\pi_i = H_0 \frac{h \cdot i_i C_i}{2 a_i^3 \sum \left(\frac{i_i C_i^2}{a_i^3} \right)} \phi_i$$

3. Les efforts s'obtiennent en écrivant:

$$N_1 = \sum \pi_1$$

$$N_2 = \sum \pi_2 - \sum \pi_1$$

$$N_i = \sum \pi_i - \sum \pi_{i-1}$$

De la même façon que pour les refends à une file d'ouverture, les moments dans les trumeaux sont calculés à partir du moment extérieur

$$M_i = \frac{I_i}{\sum I_i} H_0 (M - F(\psi))$$

Pour un vent triangulaire, la formule devient

$$M_i = \frac{I_i}{\sum I_i} (M - 2N_1(C_1 + C_2 + \dots) - 2N_2(C_2 + C_3 + \dots) - \dots)$$

B/ Cas des petites ouvertures : 10 % < RP < 25 %

Pour l'évaluation de l'effort tranchant π , on doit utiliser des approximations utilisées dans le cas des moyennes ouvertures:

$$\pi_i = H_0 n_i \cdot h \frac{(1 - \xi)}{I}$$

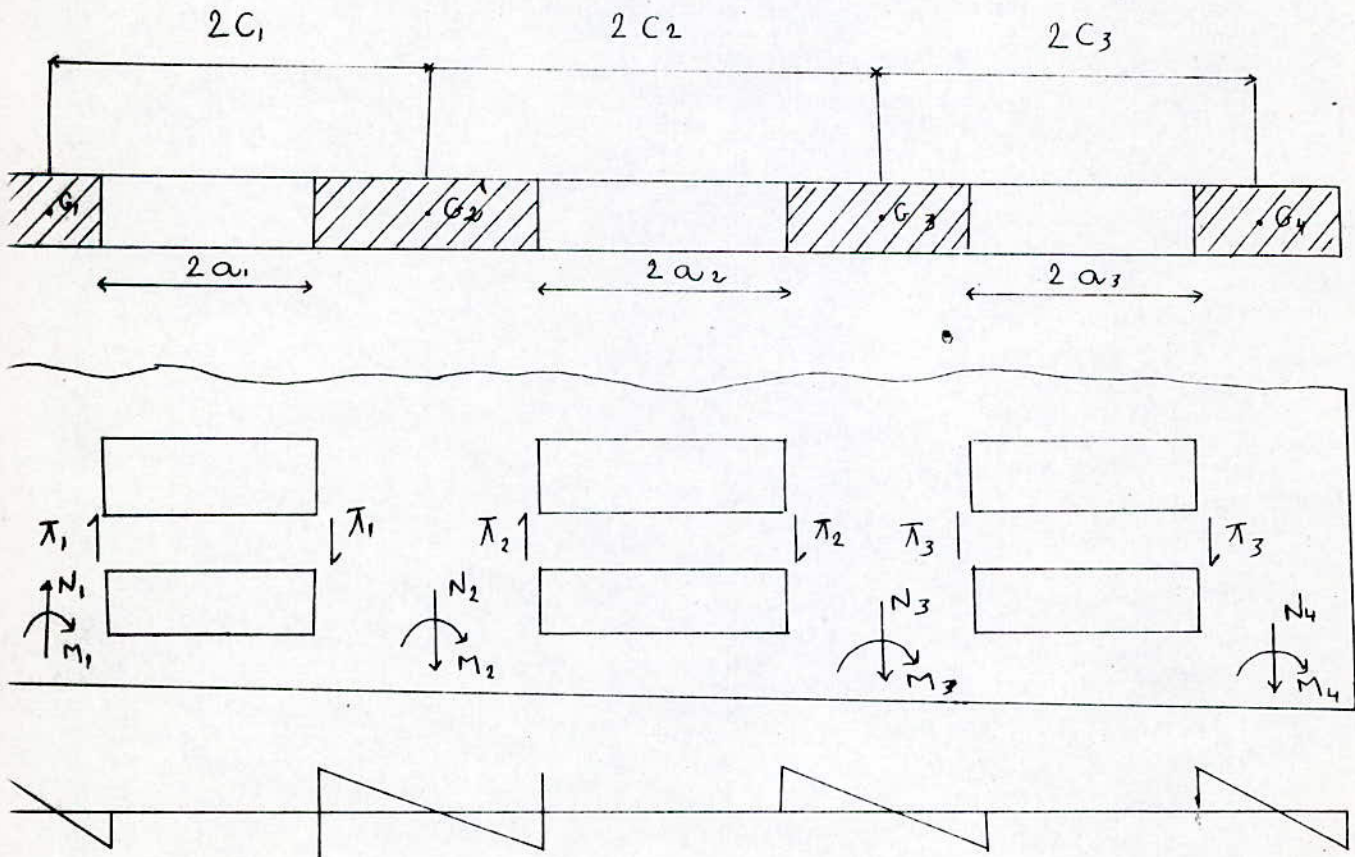
C/ Cas des refends pratiquement monolithiques RP < 10 %

L'effort tranchant est donné par la formule :

$$\pi_i = H_0 n_i \cdot h$$

De la même manière, on vérifiera l'équilibre extérieur en écrivant :

$$M = 2N_1 (C_1 + C_2 + \dots) + 2N_2 (C_2 + C_3 + \dots) + 2N_3 (C_3 + \dots) + \dots$$



2/ Contreventement par portiques:

2.1 Etude des portiques sous charges horizontales

2.1.1. Introduction

Pour le calcul des efforts dûs aux charges horizontales (séisme), on utilisera la méthode de MUTO. C'est une méthode approchée permettant d'analyser une structure constituée uniquement de portiques sollicités par des charges horizontales. Elle est basée sur les rigidités de niveau (portique), d'étage (bâtiment) dont MUTO propose des formules approchées.

2.1.2 Principe de la méthode

Elle permet en une première étape de distribuer les efforts tranchants dans les niveaux correspondants des différents portiques et en une deuxième étape de déterminer les efforts internes dans les poteaux et poutres.

2.1.3. Domaine d'application de la méthode

Elle est applicable pour les structures vérifiant les conditions suivantes:

- Les bâtiments à étages rigides constitués de planchers monolithiques ayant une ossature autostable reprenant la totalité des charges horizontales et verticales.
- Les charges sont supposées concentrées au niveau des planchers, et la raideur des poutres (I/L) ne doit pas être trop faible par rapport à celle des poteaux (I/h).
- Les raideurs (I/L) des travées adjacentes d'une même poutre n'ont pas de valeurs trop écartées (rapport compris entre 0,5 et 2).
- Les raideurs (I/h) d'un poteau ne varient pas trop entre étages successifs (rapport compris entre 0,5 et 2).

2.1.4. Etapes de calcul

Elles se résument comme suit:

1. Calcul des raideurs des poteaux et des poutres "K"

$$K_{\text{pot}} = I/h \text{ [m}^3\text{]}; K_{\text{pout}} = I/L \text{ [m}^3\text{]}$$

2. Calcul des coefficients : \bar{K}

- Etage courant : $\bar{K} = \sum K_i / 2K_{\text{pot}}$
- RDC : $\bar{K} = \sum K_i / K_{\text{pot}}$

K_i : Raideur des poutres

K_{pot} : Raideur des poteaux

3. Calcul des coefficients correcteurs : a :

- Etage courant : $a = \bar{K} / (2 + \bar{K})$
- RDC : $a = (0,5 + \bar{K}) / (2 + \bar{K})$

4. Calcul des rigidités relatives de niveau corrigées d'un portique:

$$R_j = 12ED_j / h_j^2 \text{ avec } D_j = \sum a_j \cdot K_j$$

5. Calcul des rigidités relatives à l'étage j :

- Sens x : $R_j x^l = \sum_{l=1}^m R_j x$
- Sens y : $R_j y^t = \sum_{t=1}^m R_j y$

où

$R_j x^l$: Rigidité du niveau j du portique longitudinal

$R_j y^t$: Rigidité du niveau j du portique transversal

6. Calcul des efforts tranchants de niveau:

L'effort tranchant revenant à un niveau donné j est obtenu en cumulant les forces sismiques appliquées aux niveaux supérieurs.

$$\tau_n = F_n$$

$$\tau_{n-1} = F_n + F_{n-1}$$

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

$$\tau_1 = F_n + \dots + F_j + \dots + F_2 + F_1.$$

7. Détermination du centre de torsion "C"

Les coordonnées de C sont :

$$X_{cj} = \frac{\sum R_j^t y_j \cdot x_j^t}{\sum R_j y_j^t}$$

$$Y_{cj} = \frac{\sum R_j^l x_j \cdot y_j^l}{\sum R_j x_j^l}$$

où :

x_j : position du portique transversal t / à oy

y_j : position du portique longitudinal l / à ox

8. Détermination de la rigidité à la torsion de l'étage j : $R_j\theta$

$$R_j\theta = \sum R_j^t x_j^t + \sum R_j^l y_j^l$$

9. Distribution des efforts tranchants de niveau T aux différents portiques

NB : L'effort tranchant de l'étage j : τ_j dans la direction considérée passant par le centre de masses G est équivalent à l'effort tranchant τ_j passant par le CDT C est plus un couple de torsion

$$M_{j \text{ tor}} = \tau_j \cdot Y_G \text{ (ou } X_G)$$

- Sous l'action de τ_{jx}

$$T_{jx}^1 = (\tau_{jx} \cdot R_{jx}^1) / R_{jx} + (\tau_{jx}^1 \cdot R_{jx}^1 + y_j^1 \cdot y_G) / R_{j0}$$

$$T_{jy}^t = (\tau_{jx} \cdot R_{jy}^t \cdot x_j^t \cdot x_G) / R_{j0}$$

- Sous l'action de τ_{jy}

$$T_{jy}^t = (\tau_{jy} \cdot R_{jy}^t) / R_{jy} + (\tau_{jy}^t \cdot R_{jy}^t \cdot x_j^t \cdot x_G) / R_{j0}$$

$$T_{jx}^1 = (\tau_{jy} \cdot R_{jx}^1 \cdot y_j^1 \cdot y_G) / R_{j0}$$

10. Distribution des efforts tranchants revenant à chaque portique ou poteau : t_j

$$t_j = a_j K_{pot} T_j / \sum (a_j \cdot K_{pot}) = a_j K_{pot} T_j / D_j$$

11. Détermination de la position du moment nul

$$Z = y \cdot h : \text{Côte position du moment nul}$$

avec y : coefficient tel que : $y = y_0 + y_1 + y_2 + y_3$

où :

y_0 : coef. donné dans un tableau en fonction de :

- nombre total de niveaux constituant le portique
- Rang du niveau occupé par le poteau considéré
- K

y_1 : Terme de correction dû à la variation de la rigidité linéaire (I/L) des poutres supérieures en inférieures, donné dans un tableau en fonction de α_1 et K :

$$\alpha_1 = K_s / K_i = (K_1 + K_2) / (K_3 / K_4)$$

y_2 : Terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage supérieur adjacent donné par un tableau en fonction de α_2 et

$$h. \quad \alpha_2 = h_s / h$$

NB : Pour les poteaux du dernier étage : $y_2=0$

Y_3 : terme de correction dû à la variation de la hauteur d'étage inférieur adjacent, donné par un tableau en fonction de $\alpha_3 = h_i / h$

NB : Pour le premier niveau $y_3 = 0$

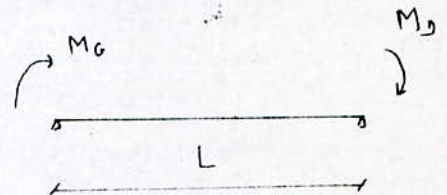
12. Calcul des moments en tête des poteaux:

$$M_{inf} = t_j \cdot Z \quad M_{sup} = (h-Z) \cdot t_j$$

13. Calcul des moments et des efforts tranchants dans les poutres et efforts normaux dans les poteaux.

- Moments fléchissant dans les poutres: Ils se calculent en écrivant l'équilibre de chaque noeud.
- Efforts tranchants dans les poutres.

$$T = \frac{MG + MD}{L}$$



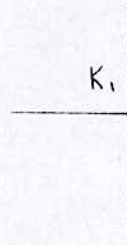
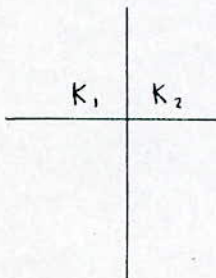
$$MG + MD + TL = 0$$

- Moments aux noeuds dans les poutres

$$M_1 = K_1(Ma + Mb) / (K_1 + K_2)$$

$$M_2 = K_2(Ma + Mb) / (K_1 + K_2)$$

$$M = .Ma + Mb$$



CHAPITRE V

THEORIE DE L'INERTIE EQUIVALENTE

1. Introduction

La structure ayant été conçue pour reprendre les efforts verticaux engendrés par les charges permanentes et d'exploitations. Il s'agit de la prémunir contre les sollicitations horizontales dues au séisme; pour cela, on prévoit des éléments de contreventement disposés dans deux sens de manière à ce que la flèche au sommet du bâtiment soit inférieure à une certaine limite disposée par les conditions de confort et de sécurité.

Chaque refend travaillera proportionnellement à son inertie propre.

2. Définition

L'inertie équivalente " I_e " est égale à l'inertie du refend plein qui a la même flèche au sommet du refend avec files d'ouvertures, soumis à une charge répartie horizontale uniforme pour le vent et triangulaire pour le séisme, en, d'autres termes cela consiste à remplacer le voile présentant des ouvertures par un voile plein fictif qui, soumis à la même charge présente une même flèche.

3. Calcul des inerties

3.1 Cas d'un voile à une file d'ouverture

- La flèche au sommet du refend plein s'exprime :

$$f = (H_0 \cdot Z^3) / (8 \cdot E \cdot I_e)$$

- La flèche au sommet du refend avec ouverture s'exprime :

$$f = \frac{(H_0 \cdot Z^3)}{(8 \cdot E \cdot I)} + \frac{H_0 \cdot Z^3 \cdot 2nC \cdot \psi_0}{E(I_1 + I_2)I\alpha^2}$$

- Dans le cas d'un voile sollicité par un chargement réparti uniformément sur sa hauteur, l'inertie équivalente est donnée par :

$$I_e = \frac{I}{11 \cdot (I_1 + I_2) \cdot \alpha^2 + 1}$$

- Dans le cas d'un chargement triangulaire, elle devient :

$$I_e = \frac{I}{11 \cdot I_0 \cdot \alpha^2 + 1}$$

Le coefficient a_n est donné par une table en fonction du nombre de niveaux n .

pour $n > 11$ $a_n = 1$

3.2 Cas d'un voile à plusieurs files d'ouvertures

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

$$f = \frac{H_0 \cdot Z^3 \cdot \psi_0}{E \cdot I_0 \cdot \alpha^2} + \frac{H_0 \cdot Z^3}{8 \cdot E \cdot I}$$

- L'inertie équivalente d'un chargement uniforme s'exprime comme suit :

$$I_e = \frac{I}{8 \cdot I \cdot \psi_0 \cdot \alpha^2 + 1}$$

où $\alpha = \omega \cdot Z$

$$\text{et } \omega^2 = \frac{6 \cdot E'}{E \cdot I_0 \cdot h} \sum_{i=1}^n \left(\frac{i_i \cdot c_i^2}{a_i^3} \right)$$

- Pour un chargement triangulaire, l'inertie équivalente devient:

$$I_e = \frac{a_n \cdot I}{60 \cdot \zeta_0 \cdot \Lambda \cdot \alpha^2 + 1}$$

$$I = I_0 + \sum_{i=1}^n c_i n_i$$

$$I_0 = I_1 + I_2 + \dots + I_{n-1}$$

CHAPITRE VI

ETUDE AU VENT

ETUDE AU VENT

1. Introduction

Le bâtiment est assimilé à une console verticale encastrée à sa base et soumise à une pression due au vent, répartie sur toute la hauteur.

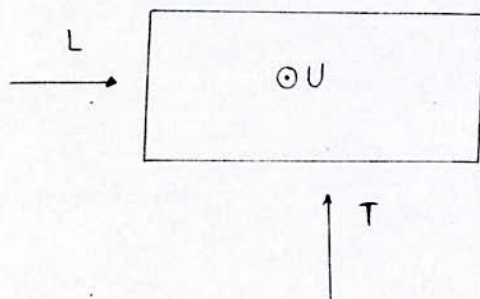
Une telle pression a sur la construction un effet statique, ceci pour de faibles vitesses du vent, donc un calcul à ce niveau n'est pas nécessaire.

Par contre, pour des vitesses plus élevées, le vent devient turbulent et agit par rafales périodiques qui peuvent être dangereuses lorsque leur période avoisine la période propre de vibration de l'ouvrage; là il y a risque de résonance, et l'effet du vent est dit dynamique.

L'action due au vent soufflant dans une direction donnée sur une construction est la résultante géométrique de toutes les actions sollicitant les différentes parois de la construction et se décompose comme suit:

- une force ou composante verticale ascendante ou force de portance "U" dont l'effet est le soulèvement et éventuellement le renversement.
- Une composante perpendiculaire au vent ou force de dérive "L".
- Une composante horizontale ou force de trainée "T" dont l'effet est l'entraînement et le renversement de la construction.

Le dimensionnement d'un ouvrage se voit conditionné par la plus importante des 3 composantes et qui est la force de trainée "T"



2) Etude de la force de portance

Elle est déterminée par la formule suivante:

$$U = C_u \cdot \delta \cdot q \cdot S_u$$

2.1/ Coefficient global de portance: C_u

$$C_u = C_i - C_e$$

- C_i : Coef. de surpression intérieure sur la terrasse
- C_e : Coef. de dépression extérieure sur la terrasse

Le coefficient C_e est déterminé à partir de l'abaque R III 6 p. 93 des NV65, qui est en fonction de l'angle α et du coef. γ_0 .

γ_0 : $f(\lambda_a, \lambda_b)$ déterminé d'après l'abaque R III 5 p. 89 des NV65

Avec:

$$\lambda_a = h / a; \quad \lambda_b = h / b$$

a : longueur du bâtiment

b : largeur du bâtiment

h : hauteur du bâtiment

$$\lambda_a = h / a = 52,36 / 27 = 1,94$$

$$0,5 < \lambda_a, \lambda_b < 2,5 \Rightarrow \gamma_0 = 1$$

$$\lambda_b = h / b = 52,36 / 24 = 2,18$$

Donc d'après l'article 2.143 des NV65 p. 105

- pour une surpression : $C_i = 0,6 = 0,6 (1,8 - 1,3 \lambda_0)$
- pour une dépression : $C_e = -0,6 (1,3 \lambda_0 - 0,8)$

$$\alpha = 0$$

Pour $\Rightarrow C_i = 0,3; C_e = -0,5$

$$\alpha = 1$$

$$C_u = C_i - C_e = 0,3 - (-0,5) = 0,8$$

2.2/ Coefficient de réduction de dimension: δ

Le coefficient de réduction δ tient compte des dimensions de l'ouvrage, il est déterminé à partir de l'abaque RIII2 p. 63 en fonction de la plus grande dimension de la surface offerte au vent et de la hauteur de l'édifice.

Pour la côte $a = 27$ m et $h = 52,36$ m
on aura donc: $\delta = 0,90$

2.3/ Pression au vent : q

Elle est donnée par la formule suivante:

$$p = k_s \cdot k_m \cdot q_h$$

La pression normale du vent dépend de la région où est implanté l'ouvrage, du site et de la hauteur au dessus du sol du niveau considéré.

- k_m : coefficient de masque

Il y a effet de masque lorsqu'une construction est masquée partiellement ou totalement par d'autres constructions ayant une grande possibilité de durée.

Comme notre ouvrage n'est pas abrité, et comme il est décrit dans les NV65 p. 60-61, par conséquent il n'y a pas effet de masque d'où:

$$K_m = 1$$

- k_s : coefficient de site

Le site est exposé et appartient à la zone II

$$k_s = 1,3$$

• q_H : pression dynamique de base

Elle est déterminée à partir de

$$q_H = 2,5q \frac{H + 18}{H + 60} \text{ avec}$$

H : Hauteur à partir du sol jusqu'au niveau où l'on détermine la pression.

q : pression dynamique normale de base à 10 m de hauteur, déterminée d'après le tableau provisoire des données climatiques en Algérie.

Pour une construction située à une altitude inférieure à 500 m en région II : $q_{10}^h = 70 \text{ daN} / \text{m}^2$

Remarque :

La valeur du produit ($\delta \cdot q$) avec $\delta q = \delta \cdot k_s \cdot k \cdot q_H$ doit demeurer comprise entre 30 et 170 daN/m².

Pour le calcul de la portance "U" on prendra la plus grande valeur de la pression dynamique de base qui est donnée pour h=52,36 m

$$q_H = 2,5 \times 70 \frac{52,36 + 18}{52,36 + 60} = 109,58 \text{ daN/m}^2$$
$$q = k_s \cdot k_m \cdot q_H = 1 \times 1,3 \times 109,58$$
$$q = 142,45 \text{ daN/m}^2$$

2.4 Projection horizontale de la toiture Su

Su est donc l'aire totale et est égale à :

$$Su = 24 \times 27 = 648 \text{ m}^2$$

Tous les paramètres étant déterminés, calculons la force de portance "U"

$$U = C_u \cdot \delta \cdot q \cdot Su$$
$$U_{\text{normal}} = 66,46 \text{ t}$$

Le poids total à vide de notre structure étant :

- Structure I : $N_I = 136,15 \text{ MN}$
- Structure II : $N_{II} = 145,37 \text{ MN}$

Conclusion

La force de portance "U" n'est donc pas capable de surélever et/ou de renverser l'ouvrage qui reste très stable vis à vis de cette force.

3°/ Etude de la force de dérivé : "L"

Elle constitue la composante perpendiculaire au vent et permet de tenir compte de l'apparition des tourbillons de Karman et leur effet viratoire sur la construction.

Elle est déterminée comme suit :

$$L = \delta \cdot C_L \cdot \beta' \cdot q_G \cdot d \cdot H/h$$

avec :

δ : Coeff. de réduction tenant compte de l'effet de dimension.

C_L : Coeff. de dérive.

β' : Coeff. de majoration dynamique tenant compte de l'amortissement.

Q_G : La pression dynamique critique correspondante à la vitesse de résonance.

d : Largeur du maître couple

h : hauteur de la construction

H : La côte du niveau considéré comptée à partir du sol.

• Détermination de la vitesse critique

$$V_{cr} = d/S.T$$

L'augmentation de la vitesse du vent diminue la possibilité de mise en résonance; on a donc admis arbitrairement qu'à partir d'une vitesse de 25 m/s, il est inutile de faire un calcul à la résonance.

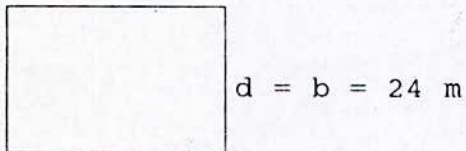
S : Nombre de STROUHAL (sans dimension), fonction de la rugosité des surfaces, de la forme de la construction et de la viscosité de fluide.

d: Largeur

T : Période de vibration propre à la construction

Il y a résonance lorsque $T = T_k$.

• **Sens longitudinal // au vent**



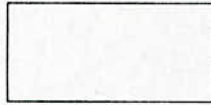
Pour les prismes à base carrée S varie de 0,25 à 0,3.

- $S = 0,25$
- $d = 24 \text{ m}$
- $T = 0,08 \frac{h}{\sqrt{l}} \sqrt{\frac{h}{(1+h)}}$
- $l = 27 \text{ m}$
- $h = 52,36 \text{ m}$

$$T = 0,65 \text{ s} \Rightarrow V = 24 / (0,25 \times 0,65) = 147,7 \approx 148 \text{ m/s}$$

148 m/s >> Ver.

• **Sens transversal // au vent**



$d=a=27 \text{ m}$

- $S = 0,25$
- $d = 27 \text{ m}$
- $T = 0,71$
- $l = 24 \text{ m}$
- $h = 52,36 \text{ m}$

$V = 27 / (0,25 \times 0,71) = 152,11 \text{ m/s} \gg V_{cr}$

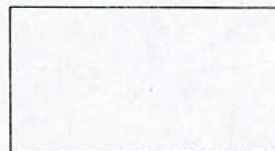
Conclusion

Dans les deux directions $V \gg V_{cr}$, il est alors inutile de faire un calcul de résonance et de calculer la force dérivé "L".

4° Etude de la force trainée "T"

C'est la composante parallèle à la direction du vent et la plus importante dans étude. Elle est calculée par la relation suivante:

$T = C_t \cdot \beta \cdot \delta \cdot q \cdot d$



$b = 24 \text{ m}$

$a = 27 \text{ m}$

4.1/ Coeff. global de trainée c_t

$C_t = C_{t0} \cdot \gamma_0$

Notre ouvrage se situe dans la catégorie I (ouvrage prismatique à base rectangulaire avec toiture terrasse) d'après le tab. VII p. 143 des NV65, on a: $C_{t0} = 1,3$

- Coeff. γ_0 : d'après l'abaque RIII 5 p. 89.

$\gamma_{0a} = \gamma_{0b} = \gamma_0 = 1 \Rightarrow$

$C_t = 1,3$

4.2/ Coefficient de majoration dynamique β

Il est donné par la relation :

$$\beta = \theta(1 + \xi \cdot \tau)$$

θ : Coeff. global dépendant du type de la construction :

La hauteur totale de notre ouvrage est :

$$30 \text{ m} < h < 60 \text{ m} \Rightarrow$$

$$\theta = 0,7 + 0,01 (H + 30) = 0,924$$

τ : Coeff. de pulsation : déterminé à chaque niveau en fct de la cote H au dessus du sol par l'échelle fonctionnelle de la figure RIII 4 p. 83 des NV65.

expte: $H=52,36 \text{ m}$ $\tau = 0,297$ (Niv. terrasse)

$H=7,48 \text{ m}$ (et moins) $\tau = 0,36$.

ξ : Coeff. de réponse : donné par le 1er diagramme RIII 3 p. 83 en fonction de la période T, du mode fondamental d'oscillation de l'ouvrage pour un contreventement par voiles ou par portiques en BA, on aura : les périodes T des deux sens : longitudinal et transversal.

• sens long : $T_e = 0,65$ -----> $\xi_e = 0,65$

• sens trans. : $T_t = 0,71$ -----> $\xi_t = 0,7$

4.3/ Coeff. de réduction ou de dimension

Calculé précédemment : $\delta = 0,9$

4.4/ Pression du vent

$$q = 142,45 \text{ daN/m}^2$$

4.5/ Largeur du maître-couple : d :

La largeur du maître couple est en fait la dimension en plan du bâtiment suivant la direction du vent :

- Pour un vent agissant longitudinalement : $d = 24 \text{ m}$
- Pour un vent agissant transversalement : $d = 27 \text{ m}$.

L'ensemble des paramètres étant déterminé calculons la force de trainée "T" à chaque niveau et pour chaque sens du vent.

Les résultats seront donnés dans des tableaux.

- Vent agissant dans le sens transversal:

$$T = 0,71 \text{ s}$$

$$d = a = 27 \text{ m}$$

côte H(m)	C	ξ	τ	$1+\xi\tau$	θ	β	b	ks.km	qH (daN)/m	q(daN)/m	d(m)	T (daN)
52.36	1.3	0.7	0.297	1.208	0.924	1.116	0.9	1.3	109.58	142.46	27	5022.38
48.62	"	"	0.302	1.211	"	1.116	0.85	"	107.33	139.53	"	4645.87
44.88	"	"	0.308	1.216	"	1.123	0.85	"	104.92	136.40	"	4569.91
41.14	"	"	0.315	1.221	"	1.128	0.82	"	102.33	133.03	"	4318.87
37.40	"	"	0.320	1.224	"	1.131	0.8	"	99.54	129.40	"	4109.52
33.66	"	"	0.325	1.228	"	1.134	0.78	"	96.52	125.48	"	3895.80
29.92	"	"	0.330	1.231	"	1.137	0.77	"	93.26	121.24	"	3725.64
26.18	"	"	0.335	1.235	"	1.141	"	"	89.71	116.63	"	3596.52
22.44	"	"	0.340	1.238	"	1.144	"	"	85.84	111.60	"	3450.49
18.70	"	"	0.350	1.245	"	1.150	"	"	81.61	106.10	"	3297.39
14.96	"	"	0.351	1.246	"	1.151	"	"	76.95	100.03	"	3111.80
11.22	"	"	0.355	1.249	"	1.154	"	"	71.79	93.34	"	2911.13
7.48	"	"	0.360	1.252	"	1.157	"	"	66.08	85.90	"	2686.18
3.74	"	"	0.360	1.252	"	"	"	"	59.69	77.60	"	2426.38
0	"	"	0.360	1.252	"	"	"	"	52.50	68.25	"	2134.19

- Vent agissant dans le sens longitudinal:

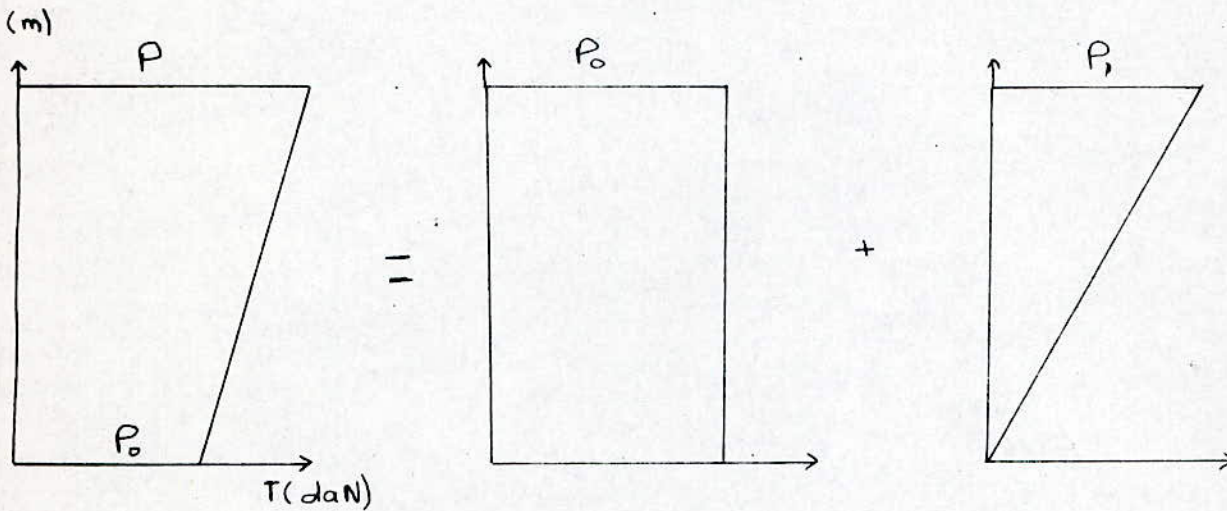
côte H(m)	C	ξ	τ	$1+\xi\tau$	θ	β	b	ks.km	qH (daN)/m	q(daN)/m	d(m)	T (daN)
52,36	1,3	0,65	0,297	1,19	0,924	1,10	0,90	1,3	109,58	142,46	24	4400,34
48,62	"	"	0,302	1,20	"	1,11	0,85	"	107,33	139,53	"	4107,46
44,88	"	"	0,308	"	"	"	0,85	"	104,92	136,40	"	4015,12
41,14	"	"	0,315	"	"	"	0,82	"	102,33	133,03	"	3777,73
37,40	"	"	0,320	1,21	"	1,12	0,80	"	99,54	129,40	"	3617,37
33,66	"	"	0,325	"	"	"	0,78	"	96,52	125,48	"	3420,18
29,92	"	"	0,330	"	"	"	0,77	"	93,26	121,24	"	3262,16
26,18	"	"	0,335	1,22	"	1,13	"	"	89,71	116,62	"	3166,1
22,44	"	"	0,340	"	"	"	"	"	85,84	111,6	"	3029,56
18,70	"	"	0,350	1,23	"	"	"	"	81,60	106,1	"	2880,04
14,96	"	"	0,351	"	"	"	"	"	76,95	100,03	"	2715,56
11,22	"	"	0,355	"	"	1,14	"	"	71,80	93,34	"	2556,28
7,48	"	"	0,360	"	"	"	"	"	66,08	85,90	"	2352,63
3,74	"	"	"	"	"	"	"	"	59,69	77,59	"	2125,1
0	"	"	"	"	"	"	"	"	52,50	68,25	"	1869,2

5° Réduction des efforts de trainée

On procède dans ce paragraphe à une simplification des diagrammes de chargement dûs à la force de trainée, qui est une forme parabolique, donc il s'agit de les simplifier en des diagrammes trapézoïdaux dont la variation est linéaire.

- Vent agissant dans le sens longitudinal

- Diagramme des efforts



• Calcul des efforts à la base de la construction

Diagramme I

$$T_{01} = P_0 \cdot h = 1869,2 \times 52,36 = 97871,3 \text{ daN}$$

$$M_{01} = P_0 h^2 / 2 = 1869,2 \times 52,36^2 / 2 = 25,62 \text{ MN.m}$$

Diagramme II

$$T_{02} = P_1 \cdot h / 2 = 1/2 \cdot 2531,15 \times 52,36 = 66262,51 \text{ daN}$$

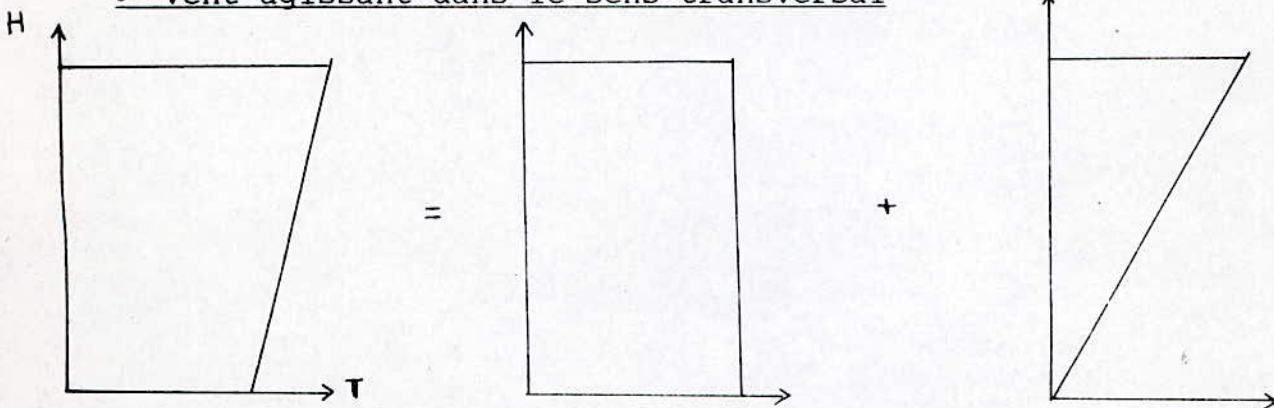
$$M_{02} = 1/2 \cdot P_1 \cdot h \cdot 2/3 \cdot h = P_1 h^2 / 3 = 23,1 \text{ MN.m}$$

En superposant, on aura à la base de l'ouvrage, dans le sens longitudinal :

$$M_{01} = M_{01} + M_{02} = 25,62 + 23,1 = 48,72 \text{ M N.m}$$

$$T_{01} = 97871,3 + 66262,51 = 164133,81 \text{ daN.}$$

• Vent agissant dans le sens transversal



Calcul des efforts réduits à la base :

$$Tot = T_{01} + T_{02} = 111746,19 + 75612,81 = 187,36 \cdot 10^3 \text{ daN}$$

$$Mot = M_{01} + M_{02} = 29,25 + 23,13 = 52,38 \text{ MN.m.}$$

Conclusion

Les sollicitations à la base de l'ouvrage dues à la force de trainée étant faibles vis à vis de celles dues au séisme, donc on ne tiendra pas compte des charges horizontales dues au vent qui seront substituées pour la suite de l'étude par celles dues au séisme qui sont plus prépondérantes.

CHAPITRE VII

ETUDE DYNAMIQUE

1/ Introduction

La dynamique des structures a pour objectifs le calcul et l'étude du comportement des structures soumises à des vibrations ou à des chocs. Les structures généralement caractérisées par une masse et une élasticité peuvent effectuer des mouvements relatifs sur l'action des sollicitations dynamiques. Si le mouvement est répétitif, il est appelé "vibration".

Généralement, on comprend par action dynamique la sollicitation produite par des charges qui varient rapidement avec le temps et qui contribuent à l'apparition des forces d'inertie.

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 ces sollicitations en termes de cinématique.

L'étude des oscillations portant sur des considérations théoriques et mathématiques nécessite la définition d'un modèle dynamique rationnel traduisant au mieux les capacités réelles du bâtiment.

2/ Modélisation

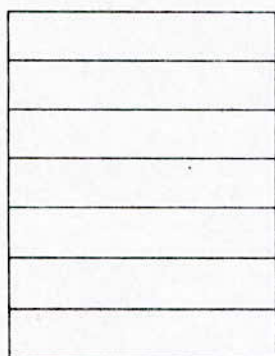
Le modèle mathématique d'une structure dépend principalement de sa nature, de ses caractéristiques mécanique (rigidité) et physique (masse). Leur répartition dépend de son comportement réel vis à vis des charges dynamiques notamment le séisme.

Tout modèle de calcul est supposé vérifier les hypothèses de base suivantes:

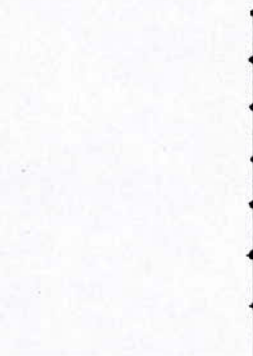
- 1/ Les masses du bâtiment le long de sa hauteur sont supposées concentrées au niveau de ses différents planchers.

- 2/ Les masses sont supposées infiniment rigides dans leur plan horizontal.
- 3/ Les déformations axiales des éléments de contreventement sous l'effet d'un déplacement latéral du bâtiment par rapport aux déformations horizontales sont négligeables.

Nous avons alors un modèle en console à masses concentrées reliées par des colonnes de masses négligeables.



Structure réelle



Modèle mathématique

3/ Détermination des caractéristiques du modèle

a) Masse concentrée:

La masse concentrée M_i au niveau i du modèle est égale à la somme des charges permanentes : poids propre du plancher i , de ses poutres, de la moitié des poteaux (ou des voiles) qui sont au dessous et au dessus du plancher, 25% ou 50% de la valeur des surcharges conformément au RPA 88 (art. 3315).

b) Matrice masse modèle

La matrice masse (ou d'inertie) est diagonale, le nombre de termes diagonaux est égal au nombre de degrés de liberté du modèle correspondant aux translations horizontales des masses.

La rotation et le déplacement verticale sont supposés négligeables pour chaque masse du modèle.

c) Rigidité latérale K_i du niveau i:

Les éléments (poteau, voiles) sont supposés encastres aux planchers, la rigidité d'un élément bi-encastree est égale à : $12EI/h^3$

où:

I : Inertie propre de l'élément dans la direction considérée.

h : hauteur de l'élément.

E : Module de Young.

En raison des hypothèses établies pour le choix du modèle, les éléments de contreventement (poteaux ou voiles) d'un même niveau, dans la même direction auront, tous, en tête le même déplacement horizontal. En conséquent la rigidité latérale K_i des éléments de contreventement dans une direction choisie est la somme des rigidités latérales des éléments dans la même direction.

$$K_i = \sum_{j=1}^n \frac{12EI_j}{h_i^3}$$

d) Matrice de rigidité latérale K du modèle

La matrice K est bande symétrique.

Les matrices masse [M] et de rigidité [K] de degrés de liberté "n" de dimension "n x n" correspondant au nombre de masses du modèle.

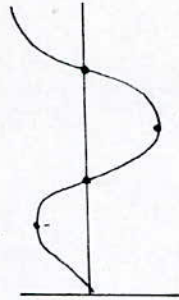
Les valeurs propres sont obtenues à partir de l'équation caractéristique suivante:

$$|K - (W^2) M| = 0$$

Ces valeurs représentent les pulsations propres " w_k ", auxquelles est associé un mode de vibration.

Pour un mode propre "k" de pulsation " ω_k ", nous avons donc un vecteur propre tel que :

$$\Phi_k = \begin{pmatrix} \phi_{1k} \\ \phi_{2k} \\ \vdots \\ \phi_{nk} \end{pmatrix}$$



e) Choix de la méthode de calcul

Pour la détermination des valeurs et vecteurs propres, on utilisera la méthode de JACOBI qui permet de déterminer les valeurs propres et les vecteurs propres d'une matrice diagonale.

f) Algorithme de calcul

On rend la matrice [A] sous forme diagonale par une suite de transformations orthogonales U_1, U_2, \dots, U_k . Ces transformations conservent les valeurs propres.

UAU' a donc la même valeur propre que [A] et $UU' = I$ (orthogonalité).

La méthode consiste à annuler le coefficient non diagonal de plus grand module.

Après une suite de transformations, on obtient:

$$A(k) = U(k) A(k-1) U'(k)$$

Jusqu'à ce que A devienne diagonale: D.

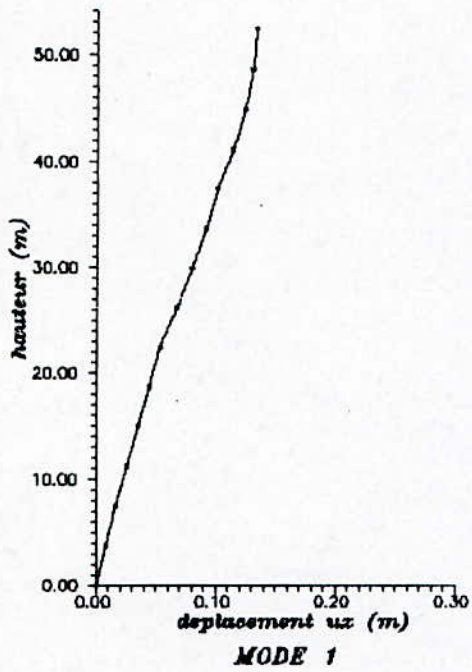
$$a_{qp}^k = (a_{qq}^{k-1} - a_{pp}^{k-1}) \frac{\sin 2\theta}{2} + a_{pq}^{k-1} \cos 2\theta$$

on pose :

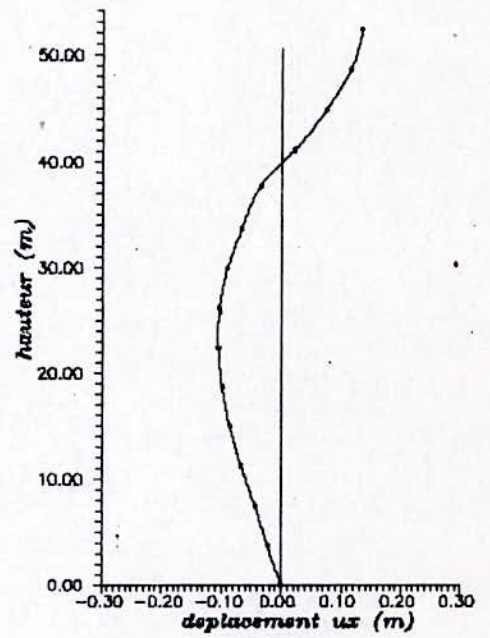
$$\lambda = -a_{pq}^{(k-1)} \text{ et } \mu = \frac{1}{2} (a_{pp}^{(k-1)} - a_{qq}^{(k-1)})$$

$$\text{d'où } \omega = \text{signe}(\mu) \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda^2 + \mu^2}}$$

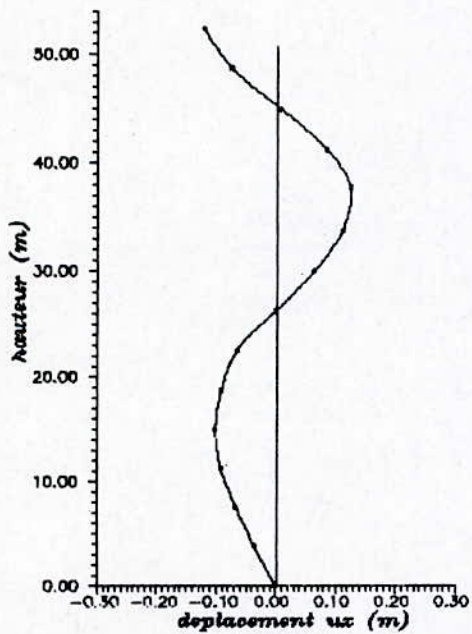
NB : Les tableaux comprenant les résultats de la résolution du système fondamentale par JACOBI sont présentés en annexe.



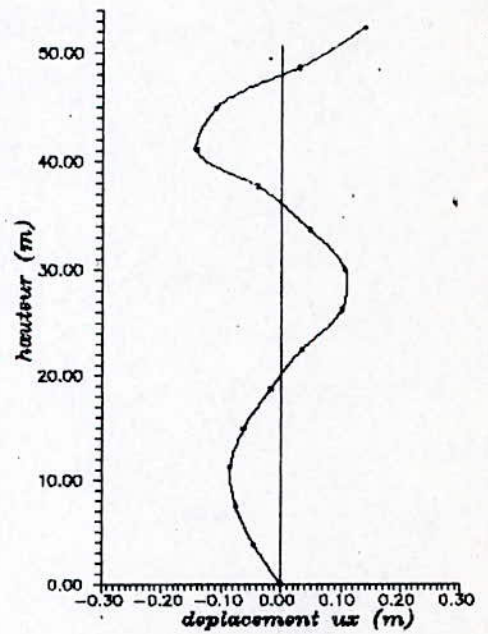
MODE 1



MODE 2

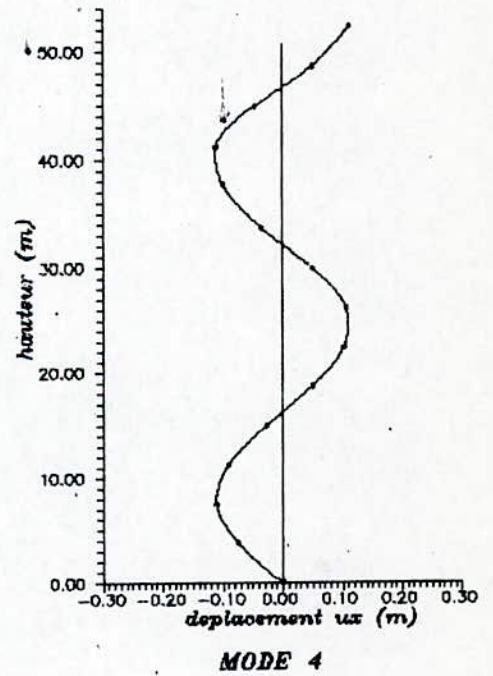
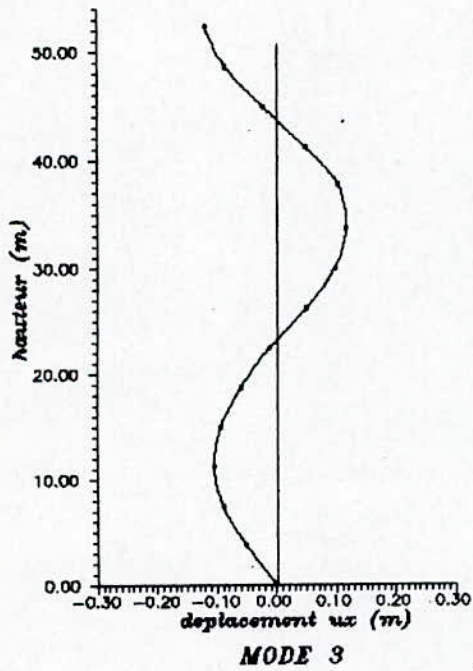
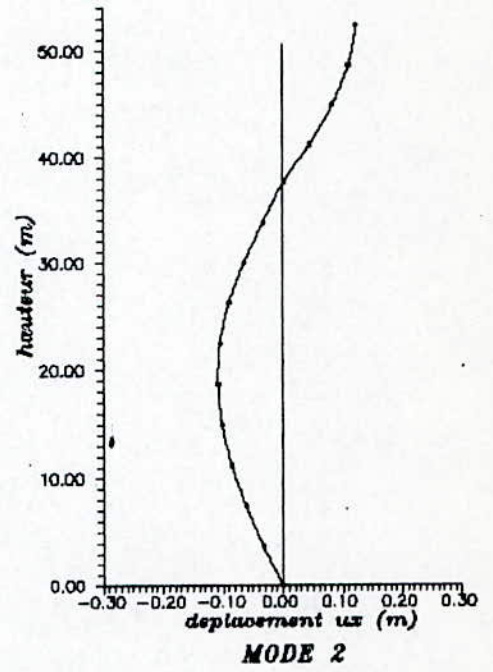
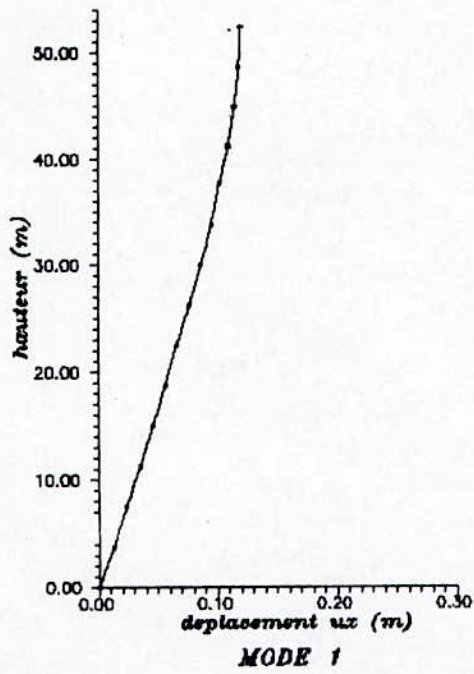


MODE 3

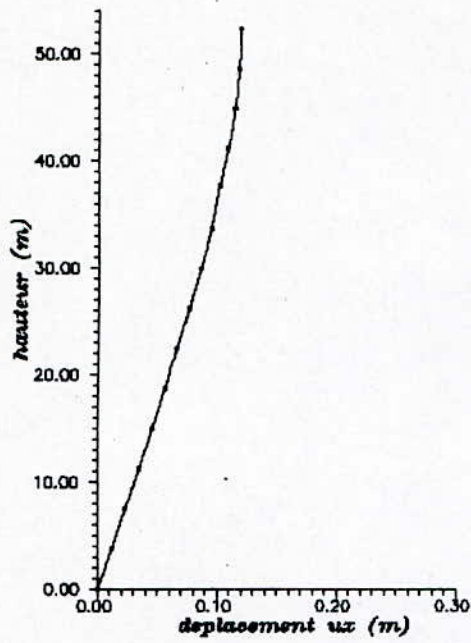


MODE 4

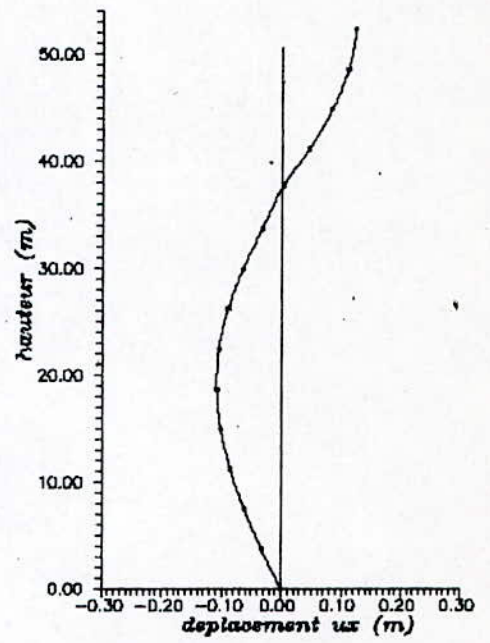
STUCTURE I



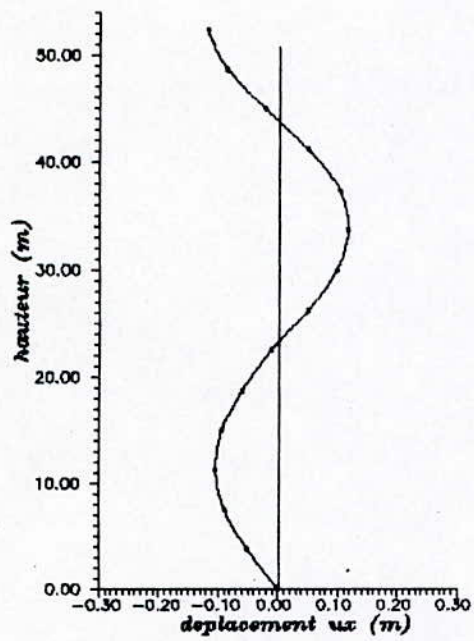
STRUCTURE II :Sens longitudinal



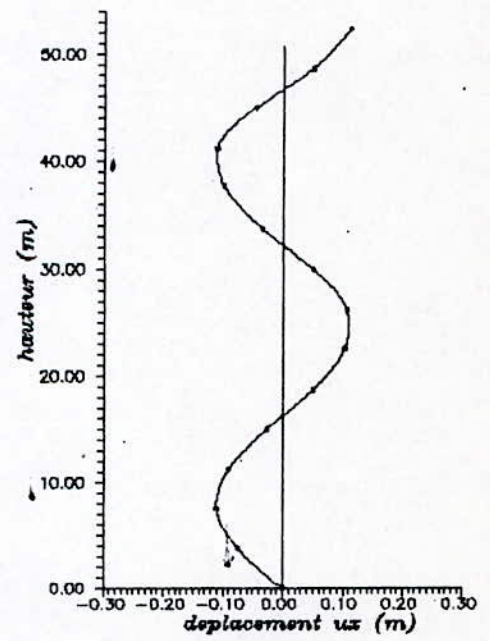
MODE 1



MODE 2



MODE 3



MODE 4

STRUCTURE II: Sens transversal

CHAPITRE VIII

ETUDE SISMIQUE

1/ détermination des efforts sismiques

1.1/ Introduction:

Les forces réelles dynamiques qui se développent dans la construction sont remplacées par un système de forces statiques fictives dont les effets sont considérés équivalents aux effets de l'action sismique.

1.2/ Méthode statique équivalente

Le règlement parasismique algérien permet sous certaines conditions (art 3.2 p. 30) de calculer la structure par une méthode statique équivalente qui consiste à considérer la structure comme étant soumise à un effort tranchant V à sa base dont l'expression est:

$$V = A.B.D.Q.W$$

où

A : coefficient d'accélération de zone, fonction de la zone d'implantation de la structure et de la classe de cette dernière.

Zone I, groupe d'usage 2 : $A = 0,08$.

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

D : facteur d'amplification dynamique moyen fonction de la période d'oscillation pour chaque sens d'application de la force sismique.

Q : facteur de qualité du système de contreventement, il est fonction de:

- | | | |
|---|---|------------|
| 1 | Conditions minimales de files porteuses : | $q = 0$ |
| 2 | Symétrie en plan | $q = 0$ |
| 3 | Régularité en élévation | $q = 0,05$ |

4	Contrôle des matériaux	$q = 0,05$
5	Surabondance en plan	$q = 0$
6	Contrôle de la qualité de construction	$q = 0,1$

W : Poids total de la structure.

2 - Méthode dynamique directe:

Il est possible d'utiliser une méthode dynamique plus exacte appelée "méthode dynamique par analyse du spectre de réponse", quand les conditions d'applications de la méthode statique équivalente ne sont pas vérifiées.

Dans notre cas, les conditions sont généralement satisfaites, sauf l'estimation de la période principale qui est supérieure à 1.

• Hypothèses

- 1) Les masses sont supposées concentrées au niveau des noeuds principaux (planchers).
- 2) Seuls les déplacements horizontaux sont pris en compte.
- 3) Les planchers et les fondations doivent être rigides dans leurs plans.

• Force sismique

La force sismique latérale au niveau k pour le mode i est:

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

avec

$$A = 0,08 \quad \text{déjà défini}$$

$$B = 0,25 \quad " \quad "$$

$$D: D = \text{fct}(T)$$

Pour un sol ferme : $0,78 \leq D = 2 \sqrt{\frac{0,3}{T_i}} \leq 2$

$$Q = 1 + \sum_1^6 q_i = 1,2$$

γ_i : Coefficient de mode de vibration ou de distribution, il permet de différencier les efforts sismiques à chaque niveau, selon son amplitude d'oscillation, il est donné par la formule suivante:

$$\gamma_{ki} = \phi_{ki} \frac{\sum W_k \cdot \phi_{ki}}{\sum W_k \cdot \phi_{ki}^2}$$

où:

ϕ_{ki} : Amplitude de niveau k dans le mode i.

La force sismique résultante au niveau k due aux différents modes est:

$$F_k = [\sum F_{ki}^2]^{1/2}$$

• **Détermination du facteur D**

A) Structure I: portiques

	MODE 1	2	3	4
T_i	4,03	2,52	1,98	1,65
D_i	0,546	0,690	0,778	0,853

B) Structure II: Noyau central

• **sens longitudinal**

T_i	1,41	0,85	0,66	0,56
D_i	0,923	1,188	1,348	1,464

• **sens transversal**

T_i	1,75	1,05	0,82	0,69
D_i	0,828	1,065	1,210	1,319

CHAPITRE IX

VERIFICATION DE RENVERSEMENT

Selon les RPA 88 (art 3, 2, 1, 6), la structure doit obligatoirement être vérifiée au renversement pouvant être engendré par des efforts horizontaux (efforts sismiques principalement).

Pour éviter tout risque d'instabilité, l'inégalité suivante doit être vérifiée.

$$\text{Moment résistant} \geq 1,5 \text{ moment renversant}$$

1. Moment résistant

Il a pour expression: $M_{\text{res}} = \frac{WL}{2}$

W : Poids total du bâtiment.

L : Longueur du bâtiment dans le sens considéré.

2. Moment renversant:

Il a pour expression : $M_{\text{renv}} = \sum_{i=1}^n (F_i \cdot Z_i) + H_0 \cdot Z$

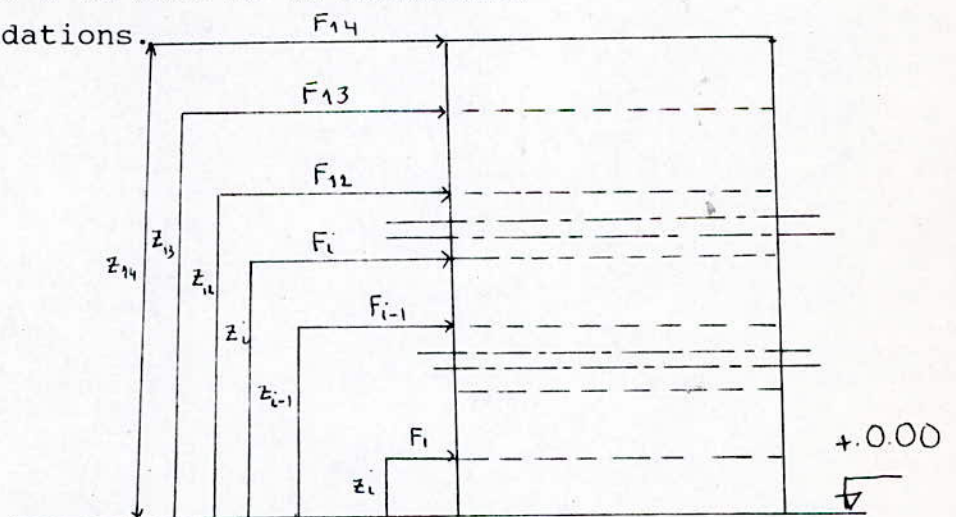
Avec:

F_i : Effort sismique revenant au plancher du niveau i .

Z_i : Hauteur comptée à partir du sol jusqu'au niveau i .

H_0 : Effort tranchant à la base de la structure.

Z : hauteur des fondations.



• Structure I: portiques

$$W = 136,149 \text{ MN.}$$

a) sens longitudinal : $L = 27,00 \text{ m}$

$$M_{\text{res}} = WL/2 = 1838,01 \text{ MN.m}$$

$$M_{\text{renv}} = 0,406 \times 52,36 + 0,312 \times 48,62 + \dots + 0,257 \times 7,48 + \\ 0,146 \times 3,74 + 4,263 \times 4$$

$$M_{\text{renv long}} = M_{\text{renv trans}} = 146,183 \text{ MN.m}$$

$$\text{Donc } \frac{M_{\text{res}}}{M_{\text{renv}}} = 12,57 > 1,5$$

b) Sens transversal : $L = 24,00 \text{ m}$

$$M_{\text{res}} = 1633,788 \text{ MN m}$$

$$\frac{M_{\text{res}}}{M_{\text{renv}}} = 11,17 > 1,5$$

• Structure II: Noyau central

$$W = 145,370 \text{ MN}$$

a) Sens longitudinal : $L = 27,00 \text{ m}$

$$M_{\text{res}} = 1962,49 \text{ MN.m}$$

$$M_{\text{renv}} = 137,45 \text{ MN.m}$$

$$\frac{M_{\text{res}}}{M_{\text{renv}}} = 14,3 > 1,5$$

b) Sens transversal: $L = 24,00$ m

$$M_{res} = 1744,44 \text{ MN.m}$$

$$M_{renv} = 120,41 \text{ MN.m}$$

$$\frac{M_{res}}{M_{renv}} = 14,4 > 1,5$$

Conclusion:

Les résultats trouvés nous poussent à conclure qu'il n'y a aucun risque de renversement pour les deux structures et ceci selon les deux directions principales.

PARTIE PRATIQUE

CHAPITRE X

ELEMENTS DE LA SUPERSTRUCTURE

X 1 PRESENTATION DE L'OUVRAGE

X 2 CONCEPTION ET CHOIX STRUCTURAL

X 3 REGLEMENTATION ET NORMES UTILISEES

X 4 CARACTERISTIQUES MECANQUES DES ELEMENTS

1) Présentation de l'ouvrage

L'ouvrage faisant l'objet de la présente étude est un bâtiment à usage d'habitation. C'est un R+13+1 S. sol, de groupe d'usage (2), implanté à SAIDA : zone de sismicité négligeable (zone I).

L'ouvrage a une forme rectangulaire, et ne présente aucun décrochement en élévation.

Il se compose donc:

- D'un sous sol à usage de parking.
- D'un rez de chaussée à usage de commerce.
- D'un premier étage à usage de service.
- De douze étages courants (2 ème au 13 ème étage) à usage d'habitation.
- D'une cage d'ascenseur.
- Des escaliers droits et hélicoïdaux.

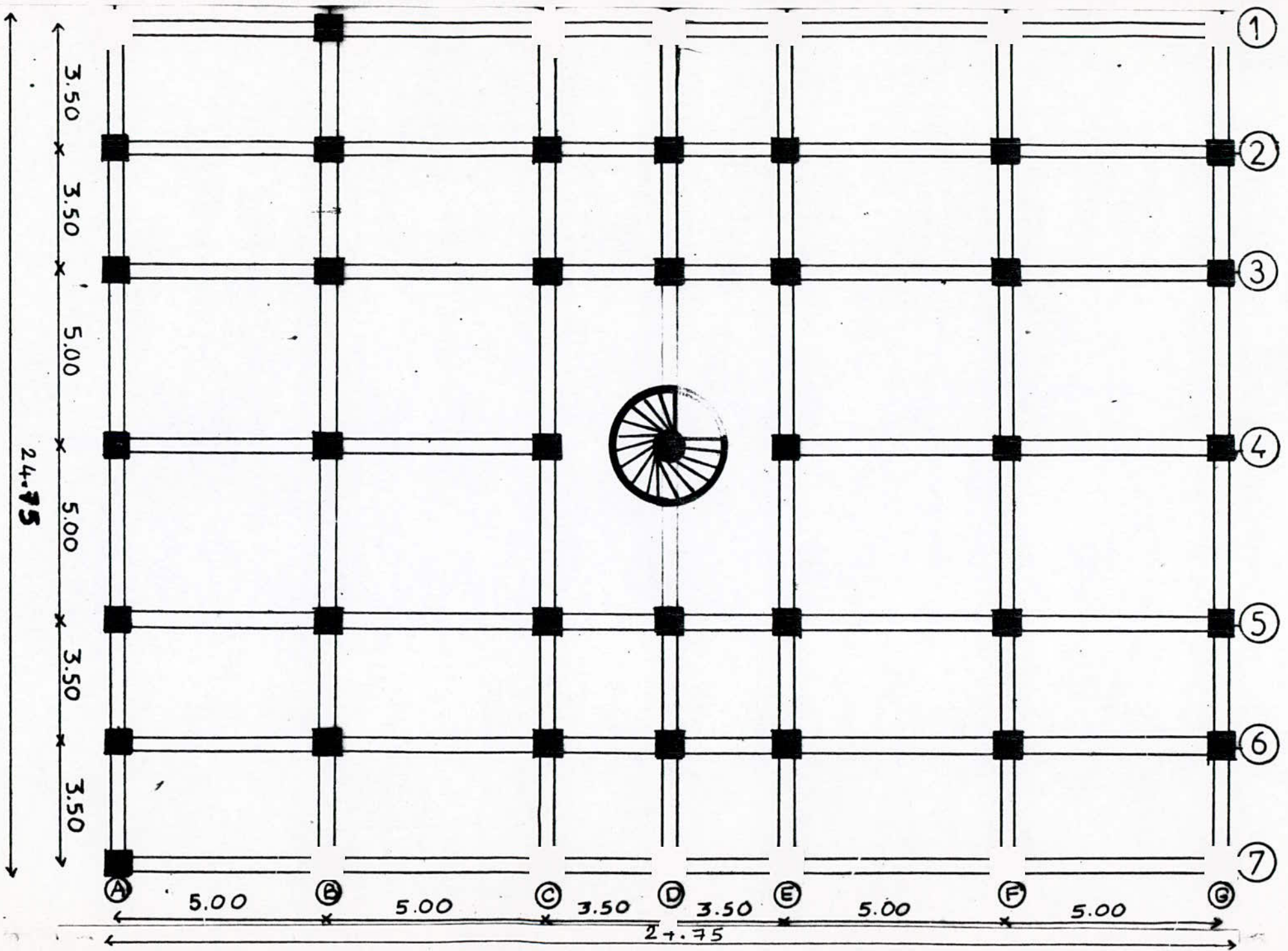
Caractéristiques géométriques du bâtiment:

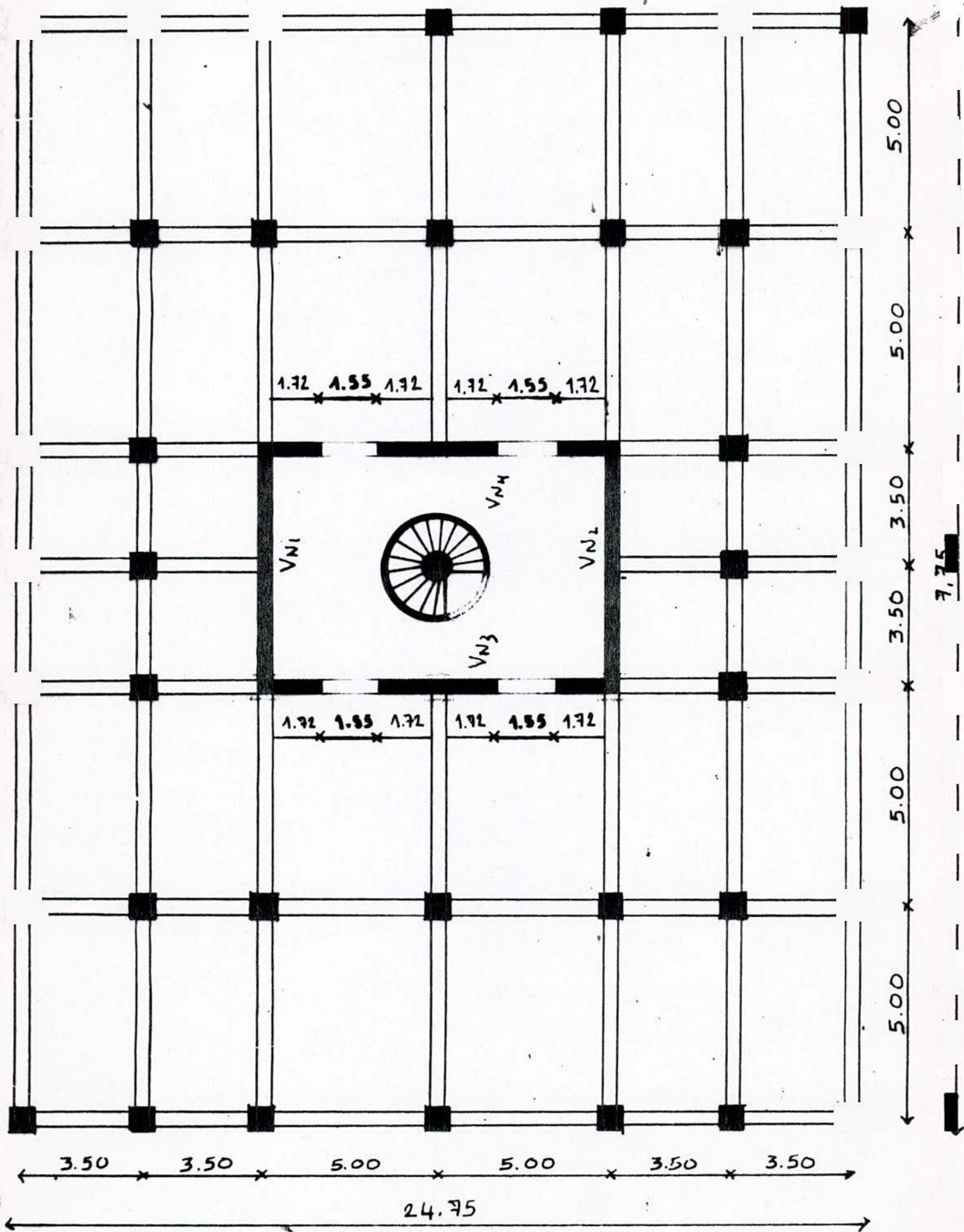
- Ossature: le contreventement est assuré, une fois par des portiques autostables dans les deux directions, et une fois par un noyau central.

(voir figures détaillée ci après)

- Dimensions :

* longueur en plan	27,75 m
* Largeur en plan	24,75 m
* Hauteur totale du bâtiment (sans acrotère)	52,36 m
* Hauteur de chaque niveau (hauteur constante)	3,74 m





2) Conception et choix structural

L'ossature du bâtiment est en fonction de la résistance.

Elle doit assurer la stabilité d'ensemble et est sollicitée par deux natures d'efforts:

a) Efforts horizontaux:

- Charges accidentelles (séisme).
- Charges variables (vent, neige).

b) Efforts verticaux:

- Charges permanentes (poids propre).
- Charges d'exploitation (surcharges).

3) Réglementation et normes utilisées

Hypothèses de calcul

Les règlements et normes appliqués pour l'étude de l'ouvrage sont les suivants:

- RPA 88: pour l'étude du séisme ainsi que toutes les recommandations.
- Neige et vent 1965 et annexes.
- Règles BAEL 83: pour le calcul du béton armé.

4) Caractéristiques mécaniques des matériaux

Le règlement utilisé est le BAEL 83.

1) Béton

1-1 Composition pour un mètre cube (1 m^3) de béton:

- Ciment : 350 Kg de CPA 325.
- Gravier : 800 l ($8 \text{ mm} \leq D_g \leq 25 \text{ mm}$).
- Sable : 400 l ($D_s \leq 5 \text{ mm}$).
- Eau : 175 l (eau de gâchage).

1-2 Résistance du béton:

Pour l'établissement d'un projet, le béton est défini par la valeur de sa résistance à la compression à 28 jours d'âge.

Pour un dosage de 350 Kg de ciment, on prendra:

$$F_{c28} = 25 \text{ MPA}$$

• Résistance à la traction

$$F_{t28} = 0,6 + 0,06 F_{c28} = 2,1 \text{ MPA.}$$

• Résistance à la compression à l'ELU:

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

avec:

$$\gamma_b = \begin{cases} 1,5 : \text{situation durable} & F_{bu} = 14,17 \text{ MPA} \\ 1,15 : \text{Situation accidentelle} & F_{bu} = 18,48 \text{ MPA} \end{cases}$$

- **Résistance à la compression à l'ELS:**

$$\delta_{bc} = 0,6 F_{c28} = 15 \text{ MPa}$$

- **Déformation longitudinale du béton**

$$E_{ij} = 11.10^3 (F_{cj})^{1/3} \text{ à } j = 28 \text{ jours} \Rightarrow E_{ij} = 3.22.10^4 \text{ MPa.}$$

* Sous charges instantannées ≤ 24 heures *

$$E_{vj} = 1/3 E_{ij} = 1/3 3,22.10^4 = 1,07.10^4 \text{ MPa}$$

2) Acier

On utilisera des aciers de type 1 : armatures de haute adhérence de nuance Fe40.

2.1/ Contraintes à l'ELU:

Limite élastique

$$F_e = 400 \text{ MPa}$$

- **Contrainte ultime**

$$F_{su} = F_e / \gamma_s$$

- | | |
|---|------------------------|
| - $F_{su} = 400/1,15 \approx 348 \text{ MPa}$ | Situation durable |
| - $F_{su} = 400/1,00 = 400 \text{ MPa}$ | Situation accidentelle |

2.2/ Contrainte à l'ELS

- **Fissuration peu nuisible** : Les contraintes de l'acier ne sont pas limitées.

• **Fissuration préjudiciable :**

$$\delta_s = \text{Min}[2/3 \text{ Fe}, 150\eta] \quad \delta_s = 240 \text{ MPa}$$

• **Fissuration très préjudiciable**

$$\delta_s = \text{Min}[1/2 \text{ Fe}, 110\eta] \quad \delta_s = 176 \text{ MPa}$$

avec :

η : Coefficient de fissuration

$$\eta = \begin{cases} 1 & \text{: Pour les ronds lisse} & \text{RL} \\ 1,6 & \text{: Pour les hautes adhérences} & \text{HA} \end{cases}$$

2.3 Adhérence

C'est la propriété qui assure la transmission des efforts entre l'acier et le béton. Elle permet de lier les armatures par un simple recouvrement, compte tenu des longueurs disponibles sur le marché. Elle assure le scellement ou l'ancrage des barres dans le béton au niveau des extrémités d'un élément, les barres doivent être ancrées. Cet ancrage doit équilibrer les efforts s'y développant.

$$\tau = F / U_i L$$

U_i : périmètre de la barre

F : effort de traction

L : Longueur de

recouvrement

Selon les BAEL 83 :

$$\tau_s = 0,6 \Psi_s^2 Ft28$$

Ψ : Coefficient de scellement

$$\Psi_s \begin{cases} 1,5 \text{ pour les HA} \\ 1 \text{ pour les RL} \end{cases}$$

• **Longueur de scellement droit**

HA : $l_s = 40 \varnothing$

RL : $l_s = 50 \varnothing$

• **Fonction par recouvrement**

$l_r = l_s$ si $C < 50 \varnothing$

$l_r = l_s + C$ si $C \geq 50 \varnothing$

Selon les BAEL 83 :

$$\tau_s = 0,6 \Psi_s^2 Ft_{28}$$

Ψ : Coefficient de scellement

$$\Psi_s \begin{cases} 1,5 \text{ pour les HA} \\ 1 \text{ pour les RL} \end{cases}$$

• **Longueur de scellement droit**

HA : $l_s = 40 \varnothing$

RL : $l_s = 50 \varnothing$

• **Fonction par recouvrement**

$l_r = l_s$ si $C < 50 \varnothing$

$l_r = l_s + C$ si $C \geq 50 \varnothing$

CHAPITRE XI

CARACTERISTIQUES DES ELEMENTS

XI 1 DESCENTE DE CHARGE

XI 2 PREDIMENSIONNEMENT

XI 3 CONCENTRATION DES MASSES

XI 4 CALCUL DES CENTRES DE MASSES

XI 5 CALCUL DES RIGIDITES

XI 6 CALCUL DES INERTIES

XI 7 CALCUL DES CENTRES DE TORSION

XI 8 EXCENTRICITES

XI 9 RIGIDITES A LA TORSION

1/ DESCENTE DE CHARGES

Le but de la descente de charge est de déterminer pour chaque élément porteur de la structure les charges qu'il supporte au niveau de chaque étage jusqu'aux fondations.

• charges et surcharges en daN/m²

1/ Plancher terrasse inaccessible:

• Gravillons de protection: (ep = 5cm) x 1600	80
• Etanchéité multicouche	12
• Forme de pente (ep = 12cm) x 2200.	264
• Liège (isolation) (ep = 4cm) x 400	16
• Plancher dalle (ep = 20cm) x 2500	500
• Enduit de plâtre (ep = 3cm) x 1000	30
• Poids propre:	G = 902 daN/m ²
• Surcharges:	P = 100 daN/m ²

2/ Plancher courant (habitation) en daN/m²

• Cloison de distribution.	100
• Carrelage (ep = 2cm) x 2500.	50
• Mortier de pose (ep = 1cm) x 100.	20
• Sable (ep = 3cm) x 1600.	48
• Plancher dalle (ep = 20cm) x 2500.	500
• Enduit de plâtre (ep = 3cm) x 1000.	30
• Poids propre:	G = 748 daN/m ²
• Surcharges:	P = 250 daN/m ²

3/ Plancher RDC et 1er étage

• Poids propre:	G = 748 daN/m ²
• Surcharges:	P = 400 daN/m ²

4/ Murs extérieurs (daN/m²)

- Briques creuses: 15 cm 135
- Briques creuses: 13 cm 90
- Plâtre : 2 cm 20
- Plâtre : 3 cm 54
- Poids propre: $G = 299 \text{ daN/m}^2$

5/ Acrotère:

- Poids propre $G = 175 \text{ daN/ml}$
- Surcharges: $P = 100 \text{ daN/ml}$

6/ Cage d'ascenseur + machinerie (daN)

- Machine et cabine (donné par le constructeur) 16.850
- Dalle en béton armé (10cm) 1,3 x 2,13 x 2500 692,25
- Étanchéité multicarحة: 12 x 1,3 x 2,13. 33,23
- Poids propre : $G = 17575,48 \text{ daN}$

7/ Escalier: daN/m²

- Poids propre 312
- Revêtement + Mortier (4cm) 88
- Garde - corp (acier). 20
- Poids propre: $G = 420 \text{ daN/m}^2$
- Surcharges: $P = 400 \text{ daN/m}^2$

8/ Balcon

- Poids propre: $G = 849 \text{ daN/ml}$
- Surcharges: $P = 350 \text{ daN/ml}$

2 PREDIMENSIONNEMENT DES ELEMENTS

1/ Planchers:

Les planchers déterminent les niveaux d'un bâtiment, ils s'appuient sur les éléments porteurs tels que: Murs, poteaux et poutres. Leur fonction principale est de résister, reprendre pour transmettre aux éléments porteurs les charges et surcharges. Ils ont également des fonctions plus importantes, telles que: la distribution des efforts horizontaux, l'isolation thermique la résistance au feu...; tout en assurant la stabilité de l'ouvrage.

Les planchers à adopter sont des dalles pleines, leur épaisseur doit être choisie de manière à éviter les fissurations naissantes dans les cloisons et les revêtements.

Cette épaisseur est en relation directe avec la flèche limite du plancher.

Pour la vérification, on prendra une bande de 1 mètre de largeur, ayant une longueur $l = 5 \text{ m}$ et encasté aux deux extrémités.

On se fixe l'épaisseur de la dalle:

$e = 20\text{cm}$, avec une surcharge: $Q = 250 \text{ daN/m}^2$

$$\Rightarrow Q = 250 \text{ daN/ml}$$

- Poids propre de la dalle: $2500 \times 0,1 \times 1 = 500 \text{ daN/ml}$
- Poids de revêtement : $100 \times 1 = 100 \text{ daN/ml}$

$$G = 600 \text{ daN/ml}$$

D'où la charge sur la dalle:

$$P = G + Q = 600 + 250 = 850 \text{ daN/ml}$$

D'autre part, on a:

$$f_{\max} = \frac{5 PL^4}{384 EI} \leq \frac{L}{500} \Rightarrow I \geq \frac{5 \times 500 PL^3}{384 E}$$

$$\Rightarrow I \geq 64.647,83 \text{ cm}^4$$

$$\Rightarrow \frac{be^3}{12} \geq 64.647,83 \text{ cm}^4$$

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

$$e \geq 19,8 \text{ m}$$
$$e_1 = 20\text{cm}$$

• Condition d'isolation acoustique

La loi de masse exige que pour un bon confort acoustique, une épaisseur des planchers doit être telle que:

$$e_2 \geq 16 \text{ cm}$$

• Condition de resistance au feu:

- $e = 7\text{cm}$ pour une heure de coupe feu
- $e = 11\text{cm}$ pour deux heures de coupe feu

$$e_3 = 11 \text{ cm}$$

Donc finalement on adoptera:

$$e = \text{Max}[e_1, e_2 = e_3] = e_1$$
$$e = 20 \text{ cm}$$

2/ Poutres:

D'après les BAEL 83 (P, charon) et les RPA 88

- BAEL 83 $\left| \begin{array}{l} L_{\max}/15 < h < L_{\max}/10 \\ 0,4 \leq b/h \leq 0,7 \end{array} \right.$

- RPA 88 : $b \geq 20, h \geq 30, h/b \leq 3$

$L_{\max} = 5\text{m}$ (dans les deux sens) \Rightarrow

$h = 50\text{ cm}, b = 30\text{ cm}$	vérifier les RPA
$h \geq 30\text{ cm}, b \geq 20$	
$h/b = 1,67 < 3$	

De plus : $b_{\max} \leq 1,5 h + b_1$ vérifient avec b_1 : largeur du poteau.

3/ Poteaux: Structure I (portiques)

- Surfaces offertes aux poteaux

Poteau	surface (m ²)
A1, G1	4,375
B1	8,750
C1	10,625
D1	12,500
A2	8,750
B2	17,500
C2	21,250
D2	25,000

• Calcul des efforts verticaux

1/ Poteau central : D2 : S = 25m²

1.1/ Charges: Niveau 14 (terrasse)

• Terrasse inaccessible : 902 x 25	22,55 t
• Poutre longitudinale : 0,5 x 0,3 x 5 x 2.500	1,875 t
• Poutre transversale:	1,875 t
N14 = 26,3t	

- Niveau 13 (etage courant)

• Plancher courant: 748 x 25	18,7 t
• PL	1,875 t
• PT	1,875 t
Venant du niveau 14	26,3 t

	N13 = 48,75t
Niveau 12 :	N12 = 71,2 t
" 11 :	N11 = 93,65 t
" 10 :	N10 = 116,10 t
" 9 :	N9 = 138,55 t
" 8 :	N8 = 161,00 t
" 7 :	N7 = 183,45 t
" 6 :	N6 = 205,90 t
" 5 :	N5 = 228,35 t
" 4 :	N4 = 250,80 t
" 3 :	N3 = 273,25 t
" 2 :	N2 = 295,70 t
" RDC :	N1 = 318,15 t

1.2/ Surcharges

En tenant compte de la dépression de charge :

$$Q(\text{base}) = Q_0 + \frac{(3 + n)}{2 \cdot n} (Q_1, Q_2 + \dots + Q_n) \quad n \geq 5$$

$$Q(\text{base}) = 57,12 \text{ t}$$

• A l'ELU : $N_u = 1,35 G + 1,5 Q$

• A l'ELS : $N_{ser} = G + Q$

Donc pour un poteau central : D2

$N_u = 515,18 \text{ t}$
$N_{ser} = 375,27 \text{ t}$

2°/ Poteau de niv D1 : $S = 12,5$

2.1/Charges

Niveau i	Effort : Ni (t)
14	14,948
13	36,956
12	58,954
11	80,972
10	102,980
9	124,988
8	146,996
7	169,004
6	191,020
5	213,020
4	235,028
3	256,036
2	273,766
1	291,562

2.2/ Surcharges

$Q_{base} = 40,71 \text{ t}$

A l'ELU : $N_u = 454,674 \text{ t}$

A l'ELS : $N_{ser} = 332,272 \text{ t}$

3°/ Poteau d'angle : A1 $s = 4,375$

3.1/ Charges

Niveau i	Effort (t)
14	6,292
13	19,518
12	32,744
11	45,970
10	59,196
9	72,422
8	85,648
7	98,874
6	112,100
5	125,326
4	138,552
3	151,778
2	161,396
1	171,014

3.2/ Surcharges

$Q(\text{basé}) = 20,326$

- A l'ELU : $N_u = 261,36 \text{ t}$
- A l'ELS : $N_{ser} = 191,34 \text{ t}$

- Prédimensionnement

On majore l'effort normal de 20 % ou qu'on néglige les poteaux dans la descente de charge.

- $f_{bu} = 14,17 \text{ MPA}$

1/ Poteau central

$$\frac{N_v}{S} \leq f_{bu} \Rightarrow S \geq \frac{N_s}{f_{bu}} = 0.436 \text{ m}^2$$
$$S \geq 436 \text{ cm}^2$$

On choisit un poteau carré de section $a \times a = 75 \times 75 \text{ cm}^2$

Vérification

- $\text{Min}(b, h) \geq 25$ en zone I Vérifié

- $\frac{1}{3} \leq \frac{b}{h} \leq 3$ "

$$\text{Min}(b, h) \geq \frac{h}{20} = 3,75$$

2/ Poteau de rive

$$S \geq 0,385$$

soit : $65 \times 65 \text{ cm}^2$

2/ Poteau d'angle

$$S \geq 0,221$$

soit : $55 \times 55 \text{ cm}^2$

- Dégression de la section des poteaux

Niveau	pot. central	Pot. rive	Pot. d'angle
SS ----> 2	75 x 75	65 x 65	55 x 55
3 ----> 6	65 x 65	65 x 65	55 x 55
7 ----> 10	55 x 55	55 x 55	55 x 55
11 ----> 14	45 x 45	45 x 45	45 x 45

4°/ Noyau central : Structure II (noyau central)

D'après l'article (4.3.1.1) des RPA88, ne sont considérés comme voiles de contreventement que les voiles satisfaisant les conditions suivantes :

- $L \geq \text{Max}(\frac{h_e}{2}, 5t)$
- $t \geq \text{Max}(\frac{h_e}{25}, 12\text{cm})$: zone I, groupe d'usage 2

avec :

L : Longueur du voiles

t : épaisseur du voiles

H_e : Hauteur d'étage.

On affectera donc, aux voiles des épaisseurs arbitraires en tenant compte des circonstances dans lesquelles ils se trouvent.

a/ L'importance de l'ouvrage reflétée par ses dimensions.

b/ Le nombre réduit des voiles proposés pour contreventer l'ouvrage.

c/ L'importance du rôle alloué aux voiles, on arrête alors notre choix des épaisseurs comme suit.

$$t \geq \text{Max}(\frac{374}{22}, 12\text{cm}) \Rightarrow t \geq \text{max}(17, 12)\text{cm}$$

on prend $t = 30 \text{ cm}$.

$$L \geq \left(\frac{374}{22}, 5 \times 30 \right) \Rightarrow L = 5 \text{ m} \geq \max(1,87; 1,5)$$

Tous les voiles vérifient les conditions.

- Dégression de la section des voiles

Niveau	Section
SS ----> 6	30 cm
7 ----> 10	25 cm
11 ----> 14	20 cm

3/ Concentration des masses

- Hypothèses

- Le matériau est continu, homogène et isotrope.
- Les planchers sont infiniment rigides dans leurs plans.
- Le comportement du matériau peut-être considéré comme élastique linéaire.
- La concentration des masses (ou poids propre) sera faite à chaque plancher de chaque niveau.

- CALCUL DES MASSES.

1. Structure I (portiques)

1.1/ Masse revenant à la terrasse.

• Poids du plancher	5,845
• Poids de l'acrotère	0,176
• Poids des poutres	1,197
• Poids 1/2 poteaux	0,464
• Poids des 1/2 maçonneries	0,535
• 1/2 cage d'ascenseur + machinerie	0,088
• 1/2 escaliers	0,007
• 20 % QS (charges d'exploitation)	0,151

$$W14 = 8,463 \text{ MN}$$

1.2/Masse revenant au plancher du 13e, 12e et 11 e étage.

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poutres	1,197
• Poids des poteaux	0,928
• Poids des balcons	0,289
• Poids des maçonneries	1,07
• cage d'ascenseur	0,176
• escaliers	0,013
• 20 % QS	1,752

$$W_{13} = W_{12} = W_{11} = 10,272 \text{ MN}$$

1.3/Masse revenant au plancher du 10e, 9e, 8e et 7e.

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poutres	1,197
• Poids des poteaux	1,199
• Poids des balcons	0,289
• Poids de la maçon	1,07
• ascenseur	0,176
• escalier	0,013
• 20 % QS	1,752

$$W_{10} = W_9 = W_8 = W_7 = 10,543 \text{ MN}$$

1.4/Masse revenant au plancher du 6e, 5e, 4e et 3e.

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poutres	1,197
• Poids des poteaux	1,199
• Poids des balcons	0,289
• Poids de la maçon	1,07
• ascenseur	0,176
• escalier	0,013
• 20 % QS	1,752

1.5/Masse du 2e étage et du 1er étage (RDC)

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poteaux	2,000
• Poids des poutres	1,197
• Poids de la maçonnerie	1,07
• ascenseur	0,176
• escalier	0,013
• 50 % QS	2,50

$$W_2 = W_1 = 11,627 \text{ MN}$$

$$W \text{ struc I} = 136,149 \text{ MN}$$

2. Structure II (portiques)

2.1/ Masse revenant à la terrasse.

$$W_{14} = 8,467 \text{ MN}$$

2.2/Masse du 13e au 11 e étage.

$$W_{13} = W_{10} = W_{11} = 10,451 \text{ MN}$$

2.3/Masse revenant au plancher du 10e au 7e niveau.

- ascenseur 0,176
- escalier 0,013
- 20 % QS 1,752

$$W_{10} = W_9 = W_8 = W_7 = 10,74 \text{ MN}$$

2.4/Masse revenant au plancher du 6e, 5e, 4e et 3e.

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poutres	0,999
• Poids des poteaux	1,124
• Poids des voiles	0,780
• Poids des balcons	0,289
• Poids de la maçon	1,070
• ascenseur	0,176
• escalier	0,013
• 20 % QS	1,752

$$W_6 = W_5 = W_4 = W_3 = 11,05 \text{ MN}$$

2.5/Masse revenant au plancher du 2e étage et du 1er étage (RDC).

• Poids du plancher	4,847
• Poids des poutres	0,972
• Poids des poteaux	1,330
• Poids des voiles	0,780
• Poids de la maçonnerie	1,070
• ascenseur	0,176
• escalier	0,013
• 50 % QS	2,521

$$W_2 = W_1 = 11,709 \text{ MN}$$

$$W \text{ struc II} = 145,371 \text{ MN}$$

4. Calcul des rigidités

- Structure I : Portique

4.1/ Calcul des inerties des poutres et poteaux

- Poteaux

75 x 75	$I_p = 23,37 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$	$K_p = 7050,05 \text{ cm}^3$
65 x 65	$I_p = 14,87 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$	$K_p = 3977,41 \text{ cm}^3$
55 x 55	$I_p = 72,25 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$	$K_p = 2038,91 \text{ cm}^3$
45 x 45	$I_p = 34,17 \cdot 10^5 \text{ cm}^4$	$K_p = 913,69 \text{ cm}^3$

- Poutres

$$I_{\text{pout}} = 312500 \text{ cm}^4$$

$$K_{\text{pout}}(500) = 625 \text{ cm}^3$$

$$K_{\text{pout}}(350) = 892,86 \text{ cm}^3$$

4.2/ Calcul des rigidités

Tous les résultats sont dressés dans les tableaux suivant.

Portique longitudinal de rive A - A

Niv	File	K	a	K_p	$a.K_p$	D_j	$R_j \cdot 10^3$	$R \cdot 10^3$
14	1 - 7	0.684	0.255	913.69	232.86	2488.70	68.75	481.25
	2 - 6	0.368	0.406	"	371.13			
	3 - 5	1.661	0.454	"	414.57			
10	4	1.954	0.494	"	451.58			
10	1 - 7	0.307	0.133	2038.91	270.97	3225.74	89.11	623.77
	2 - 6	0.613	0.235	"	478.36			
	3 - 5	0.744	0.271	"	553.07			
7	4	0.876	0.305	"	620.94			
6	1 - 7	0.307	0.133	2038.91	270.97	3226.01	100.17	701.19
	2 - 6	0.314	0.136	3977.41	540.13			
	3 - 5	0.382	0.160	"	637.32			
3	4	0.449	0.183	"	729.17			
2	1 - 7	0.307	0.133	2038.91	270.97	3626.01	100.17	701.19
	2 - 6	0.314	0.136	3977.41	540.13			
	3 - 5	0.382	0.160	"	637.32			
	4	0.449	0.183	"	729.17			
1	1 - 7	0.307	0.350	2038.91	712.95	8710.71	240.63	1.68 10^3
	2 - 6	0.314	0.350	3977.41	1399.45			
	3 - 5	0.382	0.370	"	1472.34			
	4	0.449	0.387	"	1541.23			

Portique longitudinal central D - D

Niv	File	K	a	K _p	a.K _p	D _j	R _j .10 ³	R 10 ³
14	1 - 7	0.684	0.255	913.69	232.86	2490.70	68.80	481.63
	2 - 6	1.368	0.406	"	371.13			
	3 - 5	1.661	0.454	"	415.570			
	10	4	1.954	0.494	"				451.970
10	1 - 7	0.307	0.133	2038.91	270.970	3225.75	89.11	623.77
	2 - 6	0.613	0.235	"	478.364			
	3 - 5	0.744	0.271	"	553.070			
	7	4	0.876	0.305	"			
6	1 - 7	0.157	0.073	3977.41	289.74	3663.55	101.20	708.42
	2 - 6	0.314	0.136	3977.41	540.13			
	3 - 5	0.382	0.160	"	637.32			
	3	4	0.449	0.183	"				729.17
2	1 - 7	0.157	0.073	"	289.74	3890.51	107.47	752.31
	2 - 6	0.177	0.081	7050.05	574.10			
	3 - 5	0.215	0.097	7050.05	689.17			
	4	0.253	0.112	"	792.49			
1	1 - 7	0.157	0.305	3977.41	1211.65	13719.16	378.98	2.65 10 ³
	2 - 6	0.177	0.311	7050.05	2193.09			
	3 - 5	0.215	0.323	"	2276.40			
	4	0.253	0.334	"	2356.88			

Portique transversal central 1 - 1

Niv	File	K	a	K_p	$a.K_p$	D_j	$R_j \cdot 10^3$	$R 10^3$
14	A - G	0.977	0.328	913.69	299.90	2703.03	74.67	522.73
	B - F	1.954	0.494	"	451.58			
	C - E	1.661	0.454	"	415.57			
11	D	1.368	0.406	"	371.13			
10	A - G	0.438	0.180	2038.91	366.24	3558.85	98.31	688.18
	B - F	0.876	0.305	"	620.94			
	C - E	0.744	0.271	"	553.07			
7	D	0.613	0.235	"	478.36			
6	A - G	0.438	0.180	2038.91	366.24	4005.59	110.69	774.87
	B - F	0.449	0.183	3977.41	729.17			
	C - E	0.382	0.160	"	637.32			
3	D	0.314	0.136	"	540.13			
2	A - G	0.438	0.180	2038.91	366.24	4005.59	110.69	774.87
	B - F	0.449	0.183	3977.41	729.17			
	C - E	0.382	0.160	"	637.32			
	D	0.314	0.136	"	540.13			
1	A - G	0.438	0.385	2038.91	784.41	8995.40	248.49	1.74 10 ³
	B - F	0.449	0.387	3977.41	1541.23			
	C - E	0.382	0.370	"	1478.34			
	D	0.314	0.352	"	1399.45			

Portique transversal central 4 - 4

Niv	File	K	a	K _p	a.K _p	D _j	R _j .10 ³	R 10 ³
14	A -G	0.977	0.328	913.69	299.90	2703.03	74.67	522.69
	B - F	0.954	0.494	"	451.58			
	C - E	1.661	0.454	"	414.57			
11	D	1.368	0.406	"	371.13			
10	A -G	0.438	0.180	2038.91	366.24	3558.86	98.31	688.17
	B - F	0.876	0.305	"	620.94			
	C - E	0.744	0.271	"	553.07			
7	D	0.613	0.235	"	478.36			
6	A -G	0.224	0.101	3977.41	401.38	4075.87	112.59	788.13
	B - F	0.449	0.183	"	729.17			
	C - E	0.382	0.160	"	637.32			
3	D	0.314	0.136	"	540.13			
2	A -G	0.224	0.101	3977.41	401.38	4332.18	119.67	837.69
	B - F	0.253	0.112	7050.05	792.49			
	C - E	0.215	0.097	"	685.17			
	D	0.177	0.081	"	574.10			
3	A -G	0.224	0.326	3977.41	1295.39	1050.43	388.13	2.72 10 ³
	B - F	0.253	0.334	7050.05	2356.88			
	C - E	0.215	0.323	"	2276.40			
	D	0.177	0.311	"	2193.09			

4.3/ Calcul des quantités r_{ij}/a_i pour chaque poteau

$$r_{ij} / a_i = \frac{12 EZ_i}{h_j^3}$$

Sens longitudinal # sens transversal

pot	Niv	14	13	12	11	10	9	8
de rive		25240.1	25240.1	25240.1	25240.1	53369.3	53369.3	53369.3
central		"	"	"	"	"	"	"
d'angle		"	"	"	"	"	"	"
pot	Niv	14	13	12	11	10	9	8
de rive		53369.1	1.1 10 ⁵	1.1 10 ⁵	1.1 10 ⁵	1.1 10 ⁵	1.1 10 ⁵	1.1 10 ⁵
central		"	"	"	"	"	1.72 10 ⁵	1.72 10 ⁵
d'angle		"	53369.1	53369.1	53369.1	53369.1	53369.1	53369.1

5. Calcul des inerties

- Structures II : Noyau central

5.1/ Inertie des voiles longitudinaux : voiles pleins

Elle est calculée par la formule :

$$I = \frac{bh^3}{12}$$

pour $b = 0,3 \text{ m}$, $h = 7,0 \text{ m}$

$$I = 0,3 \times 7^3 / 12$$

d'où $I_{el} = 11.43 \text{ m}^4$

5.2/ Inertie des voiles transversaux : voiles avec ouvertures

Données :

$$l_1 = l_3 = 2.00 \text{ m} \quad l_2 = 2,9 \text{ m}$$

$$2C_1 = 2C_2 = 4,00 \text{ m}$$

$$e = 30 \text{ cm} \quad h_0 = 1,54 \text{ m} \quad h = 3,74 \text{ m} \quad Z = 52,36 \text{ m}$$

$$2a_1 = 2a_2 = 1,5 \text{ m}$$

$$E = E' \quad n = 14$$

- Calcul de l'inertie des linteaux

$$i = \frac{e \cdot h_0^3}{12} = \frac{0,3(1,54)^3}{12} = 0,0913 \text{ m}^4$$

(linteaux identiques)

- Calcul de l'inertie brute totale du voile.

$$I = \frac{0,3 \times 10^3}{12} = 25,00 \text{ m}^4$$

- Calcul des inerties des trumeaux.

$$I_1 = I_3 = 0,2 \text{ m}^4$$

$$I_2 = 0,61 \text{ m}^4$$

$$\sum_{i=1}^3 I_i = 1,01 \text{ m}^4$$

$$\omega^2 = \frac{6}{h \sum I_i} \sum \left(\frac{i_i C_i^2}{a_i^3} \right)$$

$$\alpha = Z \left(\frac{6}{h \sum I_i} \sum \left(\frac{i_i C_i^2}{a_i^3} \right) \right)^{\frac{1}{2}}$$

$$\Rightarrow \alpha = 86,83 \Rightarrow$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Lambda_0 = 0,655 \\ \Psi_0 = 0,488 \end{array} \right.$$

$$\text{D'où } I_{\text{et}} = 24,71 \text{ m}^4$$

6. Calcul des centres de masses

Les coordonnées du centre des masses sont les suivantes :

$$x_G = \frac{\sum m_i x_i}{\sum m_i} \quad y_G = \frac{\sum m_i y_i}{\sum m_i}$$

6.1/ Structure I : Portique

Niv	$\sum m_i$	$\sum m_i x_i$	x_G	$\sum m_i y_i$	y_G
14	8,463	0	0	0	0
13 12 11	10,272	"	"	"	"
10 9 8 7	10,543	"	"	"	"
6 5 4 3	10,973	"	"	"	"
2 1	11,627	"	"	"	"

6.2/ Structure II : Noyau central

Niv	$\sum m_i$	$\sum m_i x_i$	x_G	$\sum m_i y_i$	y_G
14	8,467	0	0	0	0
13 12 11	10,451	"	"	"	"
10 9 8 7	10,740	"	"	"	"
6 5 4 3	11,050	"	"	"	"
2 1	11,707	"	"	"	"

Remarque la somme $\sum m_i x_i = \sum m_i y_i = 0$ est due à la parfaite symétrie dans la distribution des éléments (en masse et en géométrie) du bâtiment par rapport au repère choisi :

7. Calcul des centres de torsion

Remarque : Puisque notre bâtiment représente une structure symétrique par rapport à ox et oy .

$G = C$ d'où $x_{cj} = x_{Gj}$ et $y_{cj} = y_{Gj} \Rightarrow e_x \text{ réel} = e_y \text{ réel} = 0$.

- Coordonnées du CDT de chaque niveau pour les deux structures.

niv	$x_G = x_C$	$y_G = y_C$	$e_x = e_y$
14	13,87	12,37	0
13	"	"	"
12	"	"	"
11	"	"	"
10	"	"	"
9	"	"	"
8	"	"	"
7	"	"	"
6	"	"	"
5	"	"	"
4	"	"	"
3	"	"	"
2	"	"	"
1	"	"	"

8. Excentricités

Selon les RPA 88 l'excentricité est fixée à :

$$\text{Max} [5 \% L \text{ 27 , 0}]$$

L : La plus grande dimension du bâtiment

$$L = 27,75 \text{ m}$$

$$\Rightarrow l = \text{Max}[5 \% 27 , 0]$$

$$l = 1,35 \text{ m}$$

9. Rigidités à la torsion

9.1/ Structure I : Portiques

La rigidité à la torsion est donnée par :

$$R_j \theta = \sum R_j^t x_t^2 + \sum R_j^l x_l^2 +$$

- Calcul des coordonnées des portiques par rapport au CDT

- Portiques longitudinaux :

		A - A	B - B	C - C	D - D	E - E	F - F	G - G
y(m)	tous les niveaux	10.65	7.15	3.65	-1.35	-6.35	-9.85	-13.35

- Portiques transversaux

		1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4	5 - 5	6 - 6	7 - 7
x(m)	tous les niveaux	-14.85	-9.85	-4.85	-1.35	2.15	7.15	12.15

• Sens longitudinal

Niv.	Portique	A - A	B - B	C - C	D - D	E - E	F - F	G - G	
		113.42	51.12	13.22	1.82	40.32	97.02	178.22	
14-->11		68.75	68.80	68.80	68.80	68.80	68.80	68.75	34.06
10-->7		89.11	89.11	89.11	89.11	89.11	89.11	89.11	44.13
6 --> 3		100.17	101.20	101.20	101.20	101.20	101.20	100.17	49.82
2		100.17	107.47	107.47	107.47	107.47	107.47	107.47	51.09
1		240.63	378.98	378.98	378.98	378.98	378.98	240.63	147.30

• Sens transversal

Niv.	Portique	1 - 1	2 - 2	3 - 3	4 - 4	5 - 5	6 - 6	7 - 7	
		220.52	97.02	23.52	1.82	4.62	51.12	147.62	-
14-->11		74.67	74.67	74.67	74.67	74.67	74.67	74.67	40.79
10-->7		98.31	98.31	98.31	98.31	98.31	98.31	98.31	53.70
6 --> 3		110.65	112.59	112.59	112.59	112.59	112.59	110.65	60.79
2		110.65	119.67	119.67	119.67	119.67	119.67	110.65	62.05
1		248.49	388.13	388.13	388.13	388.13	388.13	248.49	160.60

• Rigidité à la torsion : $R_j\theta$ (daN.cm)

Niv	14 11	10 7	6 3	2	1
$R_j\theta \cdot 10^{10}$ daN.cm	74.85	97.83	110.61	113.14	307.93

9.2/ Structure II : Noyau central

$$J_0 = \sum I_{x_i} y_i^2 + \sum I_{y_i} x_i^2$$

Voile	X/c (m)	y/c (m)	I _x (m ⁴)	I _y (m ⁴)	I _{x,y} (x,y) ²
Vt1	-3.50	-	-	24.71	302.70
Vt2	+3.50	-	-	24.71	302.70
VL1	-	5	11.47	-	286.75
VL2	-	-5	11.47	-	286.75

$$J_0 = 1178,90 \text{ m}^6$$

CHAPITRE XII

EVALUATION DES CHARGES HORIZONTALES ET VERTICALES

A - Structure I

I/ Charges horizontales

Les charges horizontales pour cette structure ont été déterminées avec la méthode de MUTO.

Le développement théorique de cette méthode a été détaillé dans le chapitre IV (Etude des contreventements par noyau central et par portiques).

Les résultats des calculs sont regroupés en annexes.

II/ Charges verticales

II.1/ Introduction

L'étude pour la détermination des sollicitations dans les différents portiques longitudinaux et transversaux est menée en utilisant la méthode de CAQUOT exposée dans le livre "Calcul pratique des ossatures en béton armé" de A. FUENTES et les recommandations du BAEL 83 (art E.A).

II.2 Principe de la méthode

Il consiste à choisir un noeud et à déterminer les moments à gauche, à droite, en haut et en bas, en tenant compte des charges des travées en encadrant le noeud.

II.3 Description de la méthode appliquée

1. Calcul des tronçons et des travées fictifs

- Poteaux

$h'n = 0,9 h_n$ pour un noeud situé à l'avant dernier étage.

$h'n = 0,8 h_n$ pour les autres cas.

- Poutres

- Travée intermédiaire

$$l'e = 0,8 l_e$$

$$l'w = 0,8 l_w$$

- travée de rive

- Noeud de rive

$$l'e = 0,8 l_e$$

$$l'w = 0,9 l_w$$

- Noeud voisin du noeud de rive

$$l'e = x l_e$$

$$l'w = x l_w$$

avec $x = 0,8$ si $(K_n + K_s) > 1,5 (K_e \text{ ou } K_w)$

et $x = 1$ $(K_n + K_s) < 1,5 (K_e \text{ ou } K_w)$

2/ Calcul des raideurs

$$K_w = I_w / l'w \quad ; \quad K_e = I_e / l'e$$

$$K_n = I_n / h'n \quad ; \quad K_s = I_s / h's$$

On pose $D = K_w + K_e + K_c + K_s$

3/ Calcul des moments fictifs

$$M'w = q w l'w / 8,5 \quad ; \quad M'e = q e l'e / 8,5$$

$$M_w = (M'e \cdot K_w) / D + M'w (1 - K_w / D)$$

$$M_e = M'e (1 - K_e / D) / (M'w K_c) / D$$

$$M_s = K_s (M'e - M'w) / D$$

$$M_n = K_n (M'_e - M'_w) / D$$

4/ Calcul des moments en travée dans les poutres

$$M_t = M_0 - (M_e + M_w) / 2$$

pour les différentes combinaisons

5/ Calcul des efforts tranchants dans les poutres

$$T(X) = -qx + (ql)/2 + (M_e - M_w)/l$$

- $T_e = ql/2 + (M_e - M_w)/l$ pour $x = 0$
- $T_w = -ql/2 + (M_e - M_w)/l$ pour $x = l$

6/ Calcul des efforts normaux dans les poteaux

Les efforts normaux seront obtenus à partir des diagrammes des efforts tranchants dans les poutres, c'est à dire que les réactions au niveau des appuis des poutres, engendrent des efforts de compression ou de traction dans les poteaux.

$$N_i = T_e - T_w$$

donc pour le noeud i :

- h_n : hauteur du poteau situé au dessus du noeud i .
- h_s : hauteur du poteau situé au dessous du noeud i .
- l_w : Portée de la traverse situé à gauche du noeud i
- l_e : Portée de la traverse situé à droite du noeud i
- I_n, I_s : Inerties des poteaux.

N.B.:

Les résultats sont résumés dans des tableaux dans la partie annexe.

III Combinaison des efforts

1/ Introduction

Les combinaisons de charges utilisées dans les calculs pour la détermination des cas de sollicitations les plus défavorables, sont celles recommandées par les règlements BAEL et RPA.

Donc les efforts de calcul utilisés pour la justification de l'équilibre statique et de résistance de la structure, correspondent aux plus grandes valeurs données par les combinaisons suivantes:

	$1,35 G + 1,5 Q$	1er genre
• Pour les poutres	$G + Q + E$	2ème genre
	$G + Q - E$	
	$0,8 G + E$	
	$0,8 G - E$	
	$1,35 G + 1,5 Q$	1er genre
• Pour les poteaux	$G + Q + 1,2 E$	2ème genre
	$G + Q - 1,2 E$	
	$0,8 G + E$	
	$0,8 G - E$	

Avec :

G : Sollicitation due aux charges permanentes.

Q : Sollicitation due aux charges permanentes.

E : Sollicitations due à l'effort sismique.

2/ Calcul

Le calcul est résumé dans des tableaux en annexe

B - Structure II

I- Charges horizontales

Pour cette structure, l'étude sous chargement horizontal (séisme) a été traitée dans le chapitre IV (Etude des contreventements par noyau central et par portiques).

Les résultats sont regroupés dans la partie annexe.

II. Charges verticales et combinaisons

Les éléments structuraux doivent être dimensionnés à partir des combinaisons des actions sismiques et de celles dues aux charges verticales spécifiées prescrites par les RPA 88 (art. 3.1.11) et données ci dessus :

1. $G + Q + E$

2. $0,8 G \pm E$

Avec

G : Charges permanentes.

Q : Surcharges d'exploitation non pondérées.

E : Effet du séisme

Remarques

- La seconde combinaison tient compte de la réduction des charges verticales qui se produit sous l'effet des charges verticales dues au séisme.
- Pour les voiles avec ouvertures, la distribution des charges verticales sur les trumeaux se fait proportionnellement à leur longueur : $T_i = T \cdot (l_i/l)$

Avec :

T_i : Charge verticales revenant au trumeau "i"

T : Charge verticale totale revenant au refend.
li: Longueur du trumeau + 1/2 longueur du trumeau
l : Longueur totale du refend.

En définitive, sous l'effet simultané des charges horizontales et verticales, le noyau doit être vérifié à :

- La compression maximale : $NG + NQ + NE$
- Le traction maximale sous : $0,8 NG - NE$

Applications :

- Inerties des voiles

$$IVN1 = IVN2 = 11,47 \text{ m}^4$$

$$INV3 = INV4 = 24,71 \text{ m}^4$$

- Centre de torsion

$$X / C = \frac{IVN4 \times 7}{2IVN4} = 3,50 \text{ m}$$

$$Y / C = \frac{IVN1 \times 10}{2IVN1} = 5,00 \text{ m}$$

- Centre de masse

$$XG = 3,80 \text{ m}$$

$$YG = 5,3 \text{ m}$$

- Excentricités

$$eac = 5 \% L = 1,35 > 0,3 \text{ m}$$

- Rigidité à la torsion

$$J\theta = 1178,90 \text{ m}^6$$

Efforts tranchants repris par chaque file du noyau (pour une force unité).

Voile	Sens transversal			Sens longitudinal			F cumulée
	Ft	F θ	Fcal	Ft	F θ	Fcal	
VN1		+0.065	0.065	0.500	-0.065	0.500	0.565
VN2		-0.065	-0.065	0.500	+0.065	0.565	0.630
VN3	0.500	-0.099	0.500		-0.099	-0.099	0.599
VN4	0.500	+0.099	0.599		0.099	0.099	0.698

Remarque :

Les résultats des efforts que reprend chaque file du noyau par niveau et par sens sont regroupés dans des tableaux en annexe.

CHAPITRE XIII

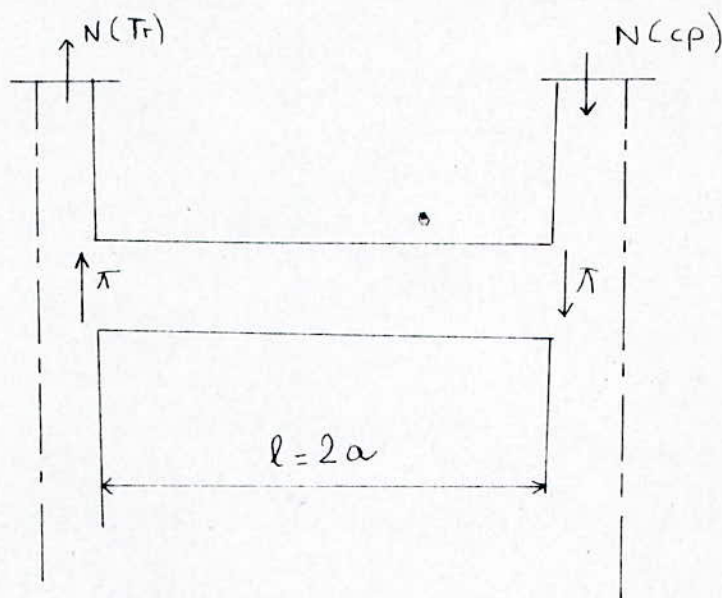
FERRAILLAGE

FERRAILLAGE DU NOYAU

Ferraillage des voiles du noyau

1/ Ferraillage des linteaux

Les linteaux sont calculés comme des poutres encastrées à leurs deux extrémités.



Ils sont sollicités par un effort tranchant noté π dont la valeur est assez importante. Cet effort est transmis aux trumeaux sous forme de forces axiales:

- Effort de traction pour le trumeau 1
- Effort de compression pour le trumeau 2

Selon les RPA 88 (articles 4.3.2.1 et 4.3.2.2.) la vérification de la résistance des linteaux vis à vis de l'effort tranchant doit être effectuée avec T_{bar}

$$T_{bar} = 1,4 T$$

T : Effort tranchant de calcul

1.1/ Détermination des sollicitations de calcul

Comme le séisme change de sens, et comme l'effort prépondérant est l'effort tranchant, la combinaison de charges la plus défavorable pour le calcul des linteaux sera alors:

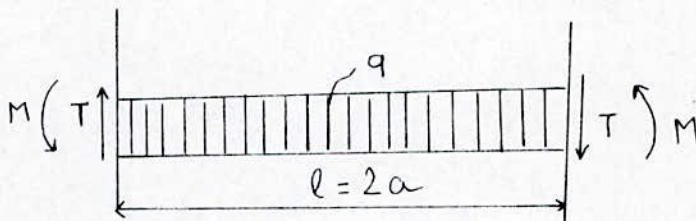
Les efforts sont maximaux au niveau de l'encastrement et ont pour expression :

a/ Efforts dûs aux charges permanente :

$$TG_{\max} = qG \ l/2$$

$$MG_{\max} = qG \ l^2/2$$

b) Efforts dûs au séisme



$$TE_{\max} = 1,4 \ \pi$$

$$ME_{\max} = TE_{\max} \cdot a = 1,4\pi \cdot a$$

c) Efforts dûs aux surcharges d'exploitation

$$TQ_{\max} = qQ \ l/2$$

$$MQ_{\max} = qQ \ l^2/2$$

La superposition de tous ces efforts donne les sollicitations de calcul qui sont :

- Le moment : $M = MQ + MG + ME$
- L'effort tranchant : $T = TQ + TG + TE$

1.2/ Exemple de calcul

Un exemple de calcul illustre la manière de procéder, avec les diverses vérifications et dispositions.

Considérons donc, le linteau (1 ou 2) du voile VN4

a) Calcul des efforts dans le linteau de la base

$$Te = 1,4 \ \pi = 1,4 \times 0,739 = 1,035 \ \text{MN}$$

- Effort sismique

$$ME = TE \cdot a = 0,802 \ \text{MN.m}$$

$$TG = (0,025 \times 1,55 \times 0,3 + 0,023/10) 1,55/2 = 0,011 \text{ MN}$$

- Charges permanentes

$$MG = qG (2a)^2 / 12 = 2,20 \cdot 10^{-3} \text{ MN.m}$$

$$TQ = (0,0124/10) 1,55/2 = 9,61 \cdot 10^{-4} \text{ MN}$$

- Surcharges

$$MQ = 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ MN.m}$$

Le dimensionnement des linteaux se fera donc avec la combinaison : $G + Q + E$

$$T = TE + TG + TQ = 1,047 \text{ MN}$$

$$M = ME + MG + MQ = 0,804 \text{ MN.m}$$

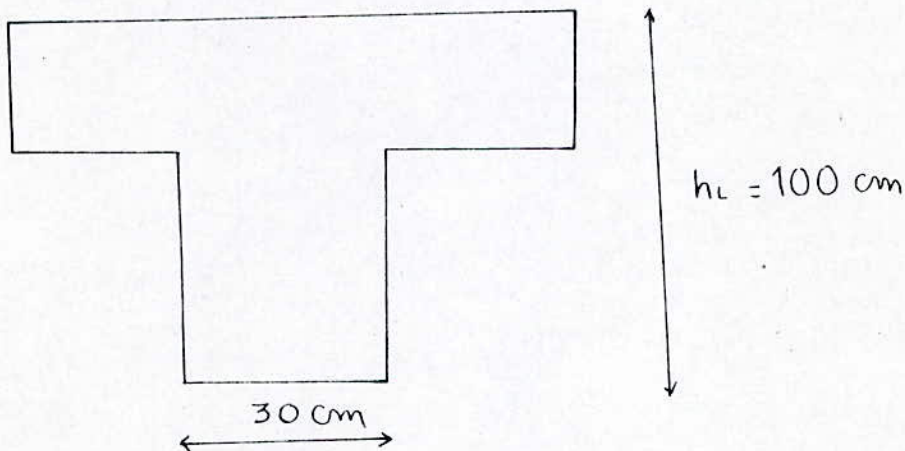
b/ Ferrailage du linteau

Selon l'article 4.3.2.4 : les linteaux doivent être conçus de façon à éviter leur rupture fragile.

Ils doivent être capables de reprendre l'effort tranchant et le moment fléchissant dont les sens peuvent s'alterner. Ils doivent avoir leurs armatures disposées et ancrées dans les trumeaux (art. 4.3.3.1)

- $L_d \geq \frac{H_t}{4} + 50\phi$

c/ Exemple



Le calcul sera conforme aux RPA 88 (art. 4.3.2)

• Données :

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

$$l = 2 a = 1,55 \text{ cm}$$

$$d = 5 \text{ cm}$$

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

C.1/ Sollicitations

$$T = 1,047 \text{ MN}$$

$$M = 0,804 \text{ MN.m}$$

C.2/ Ferrailage

• Justification vis à vis de l'effort tranchant

$$\tau = \frac{T}{(0,8 \cdot b \cdot h_L)} = 4,36 \text{ MPa} < \tau_{adm} = 0,2 f_{c28}$$

Comme $\tau > 0,06 = f_{c28} = 1,5 \text{ MPa}$.

Alors le ferrailage longitudinal (sup. et inf.) le ferrailage transversal et le ferrailage de peau (en zone courante) sera disposé selon le minimum réglementaire.

Les efforts T et M seront donc repris par des bielles diagonales (de compression et de traction) suivant l'axe moyen des armatures diagonales AD à disposer obligatoirement.

C.2/ Armatures longitudinales

$$(A_L, A_L') \geq 0,0015 \cdot b h_l = 4,5 \text{ cm}^2$$

D'autre part :

$$A_L = \frac{M}{Z \cdot f_e} \text{ avec } Z = h_L - 2d = 0,9 \text{ m} \Rightarrow A_L = 22,33 \text{ cm}^2$$

soit

HA32 + 2HA20

3/ Armatures transversales

Comme $\tau = 4,36 \text{ MPa} > 0,025 f_{c28} = 0,625 \text{ MPa}$

alors $At \geq 0,0025 b.S$

Avec

S : Espacements des armatures transversales

$S \leq h_i/4 = 25 \text{ cm} \Rightarrow S = 20 \text{ cm}$

Donc $At \geq 1,5 \text{ cm}^2$

On optera pour un double cadre en HA8, ce qui donne 4HA8
espacés de 20 cm

C.4/ Armature de peau (en section courante)

$Ac \geq 0,002 b.hL = 6 \text{ cm}^2$

Soit 4HA14

C.5/ Armatures diagonales

$AD = T/(2f_e \cdot \sin\alpha)$

T : Effort tranchant non majoré : $\tau = 0,748 \text{ MN}$

$\text{tg}\alpha = (hL-2d)/l = 0,58 \Rightarrow \sin\alpha = 0,502$

Donc $AD=18,62 \text{ cm}^2$ soit 4HA25

$AD > 0,0015b.h=9,03 \text{ cm}^2$ vérifié

C.6/ Longueur d'ancrage des armatures

$L_{\text{anc}} \geq h_i / 4 + 50\phi = 25 + 50 \times 2,5 = 150 \text{ cm}$

C.7 Longueur des armatures diagonales

$$L_d \sqrt{(h_L - 2d)^2 + L_{anc}^2} + \frac{2L_{anc}}{\cos \alpha} \Rightarrow L_d = 5,22 \text{ cm}$$

2/ Ferrailage des voiles

2.1/ Introduction

Sous l'action des charges verticales et horizontales les trumeaux se trouvent soumis à une flexion composée.

Comme le séisme change de sens en gardant la même intensité et la même direction, alors l'état des contraintes se trouvent qualitativement modifié (alternance entre compression et traction). Par conséquent, le ferrailage sera symétrique dans les refends.

Les sections d'armatures seront déterminés selon les règles BAEL 83 et les dispositions à prévoir pour ces mêmes armatures sont conformes aux RPA.

2.2/ Prescriptions des RPA

Selon l'article 4.3.2.3 des RPA, le calcul du ferrailage se fera en considérant des bandes verticales de largeur d telle que :

$$d \leq \text{Min} [h_0/2 ; 2l'/3]$$

avec h_0 : hauteur du niveau considéré

l' : Longueur de la zone comprimée.

2.3/ Armatures verticales

- Le pourcentage minimal des armatures verticales sur toute la zone tendue est de 0,5 %
- Les barres verticales des zones extrêmes (L_p) devraient être ligaturées avec des cadres horizontaux dont l'espacement ne doit pas être supérieur à l'épaisseur du voile.
- Les barres verticales du dernier niveau doivent être munies de crochets à la partie supérieure.
- A chaque extrémité du voile, l'espacement des barres doit être réduit de moitié sur ($L/10$) de la longueur du voile. Cet espacement doit être au plus égal à 15 cm.

2.4/ Armatures horizontales

- Le pourcentage minimal d'armatures horizontales des trumeaux doit être tel que $A_{min} \geq 0,15 \%$
- Les barres verticales doivent être munies de crochets.

2.5/ Règles communes

Aux aciers verticaux et horizontaux.

- L'espacement des barres horizontales et verticales est tel que $S \leq \text{Min} [1,5e ; 30 \text{ cm}]$
 e : épaisseur du voile
- Les deux nappes d'armatures doivent être reliées avec au moins 4 épingles au mètre carré.
- Le diamètre des barres verticales et horizontales des voiles ne devrait pas dépasser ($1/10$) de l'épaisseur du voile.
- Les longueurs de recouvrement seront prises égales à 40ϕ .

Remarque

Tous les résultats des calculs sont regroupés dans des tableaux dans la partie annexe.

Ferraillage des poteaux

Introduction

Les poteaux sont soumis à un effort normal et un moment fléchissant en tête et à la base, ils seront donc calculés en flexion composée avec une fissuration peu nuisible.

On armera les poteaux d'une manière symétrique sous les sollicitations suivantes :

$N_{max} + M_{cor}$	De là, on adoptera le
$N_{min} + M_{cor}$	ferraillage donné par la
$M_{max} + N_{cor}$	combinaison la plus
$M_{min} + N_{cor}$	défavorable.

- Méthode de calcul :

En flexion composée, la section sollicitée peut être soit :

- Section partiellement comprimée : SPC
- Section entièrement comprimée : SEC
- Section entièrement tendue : SET

Toutes les étapes de calcul sont résumées dans les organigrammes suivants :

Les résultats des calculs et les diverses vérifications sont dressés dans des tableaux en annexe.

FLEXION SIMPLE

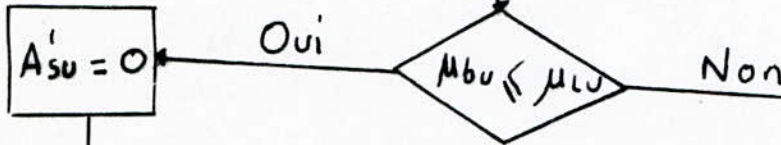
Données: $b, d, d', f_c, f_{su}, f_{c28}, f_{c28}, M_u, M_{ser}, E_s, f_{bu}$

$$\gamma = M_u / M_{ser}$$

$$\mu_{bu} = M_u / b d^2 f_{bu}$$

$$\mu_{LU} = 0,3418 - 0,1976 ; f_c = 25$$

$$\mu_{LU} = 0,3188 - 0,1945 ; f_c = 20$$

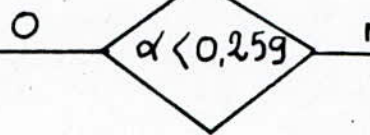


$$A'_{su} = 0$$

$$\alpha = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{bu}})$$

$$z_b = d(1 - 0,4\alpha)$$

$$A'_{su} \neq 0$$



Pivot A
 $\epsilon_s = 10\%$, $\epsilon_{bc} < 3,5\%$
 $\epsilon_{bc} = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot 10\%$

Pivot B
 $\epsilon_{bc} = 3,5\%$, $\epsilon_s < 10\%$
 $\epsilon_s = \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot 3,5\%$

$$\alpha_L = 1,25(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{LU}})$$

$$z_L = d(1 - 0,4\alpha_L)$$

$$M_L = \mu_{LU} b d^2 f_{bu}$$

$$\sigma_s = f_{su}$$

$$\sigma_s = f_{su}$$

$$\sigma_s = \epsilon_s \cdot E_s$$

$$b_{scl} = 98 f_{c28} - \frac{d'}{d} [370 + 12 f_{c28}]$$



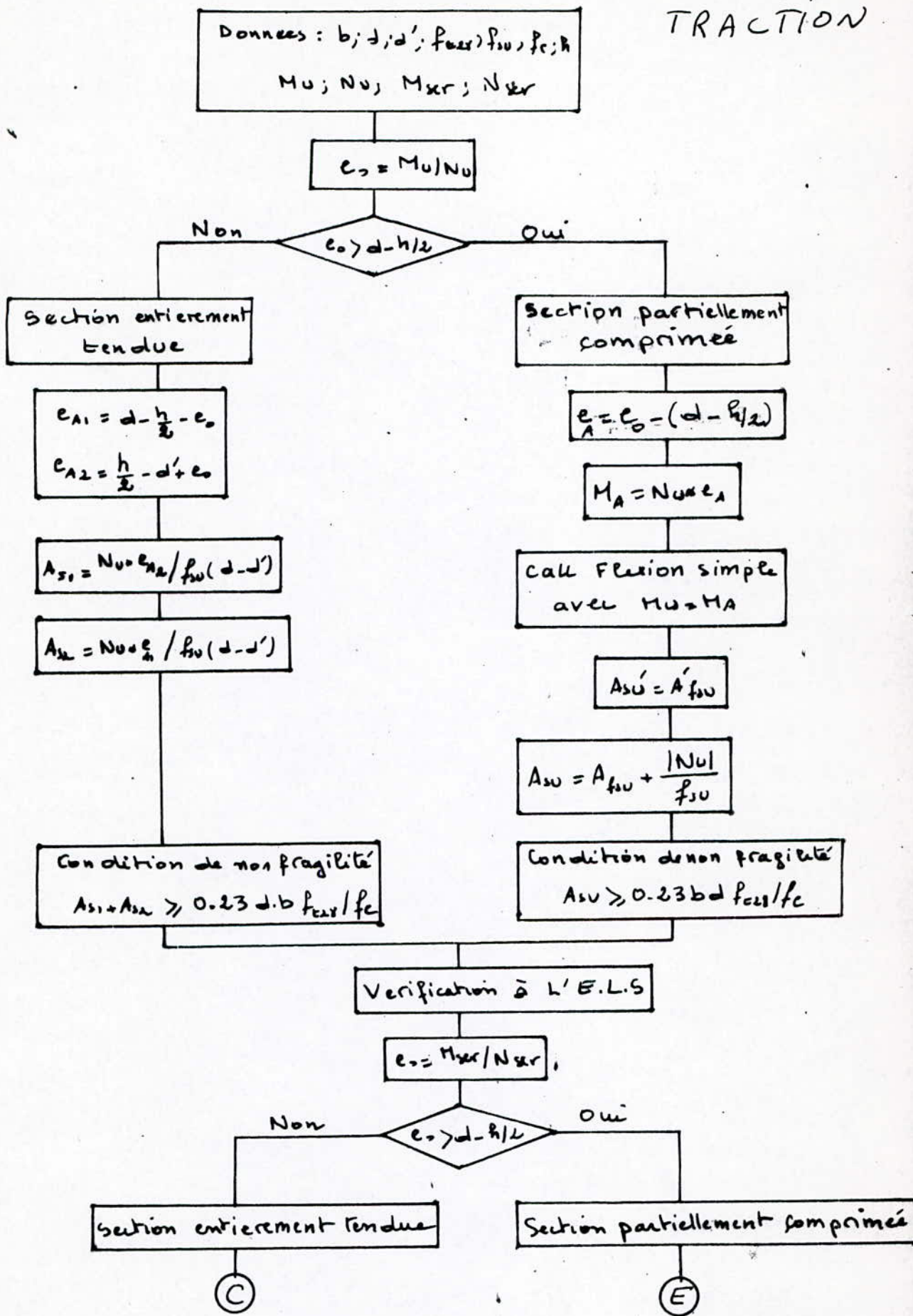
$$A'_{su} = 0$$

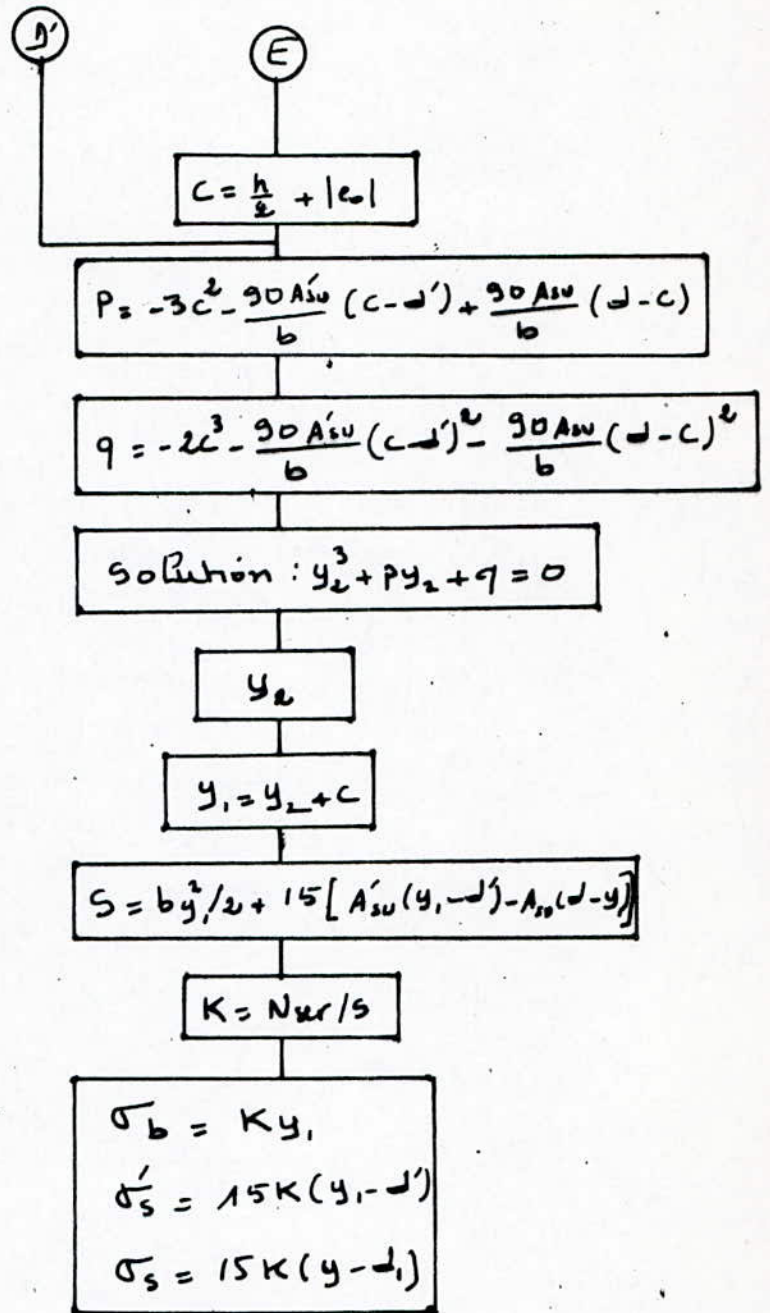
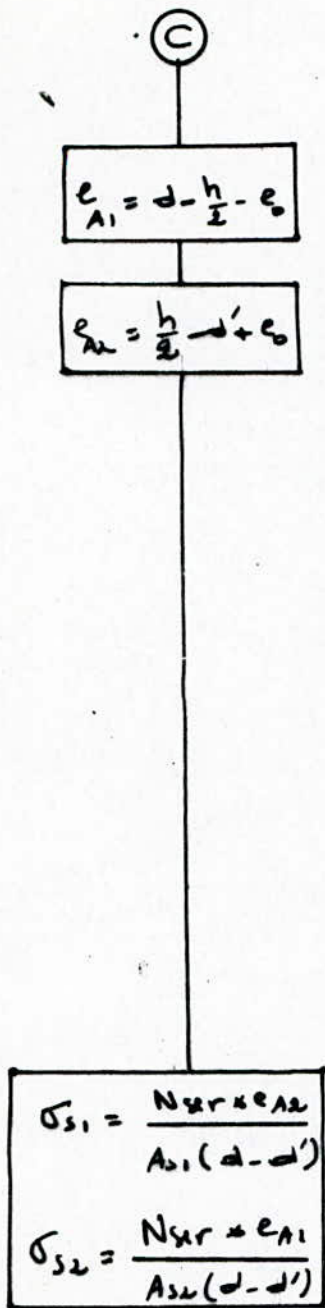
$$A'_{su} \frac{M_u - M_L}{\sigma_{scl} (d - d')}$$

$$A_{su} = M_u / (z_b \cdot \sigma_s)$$

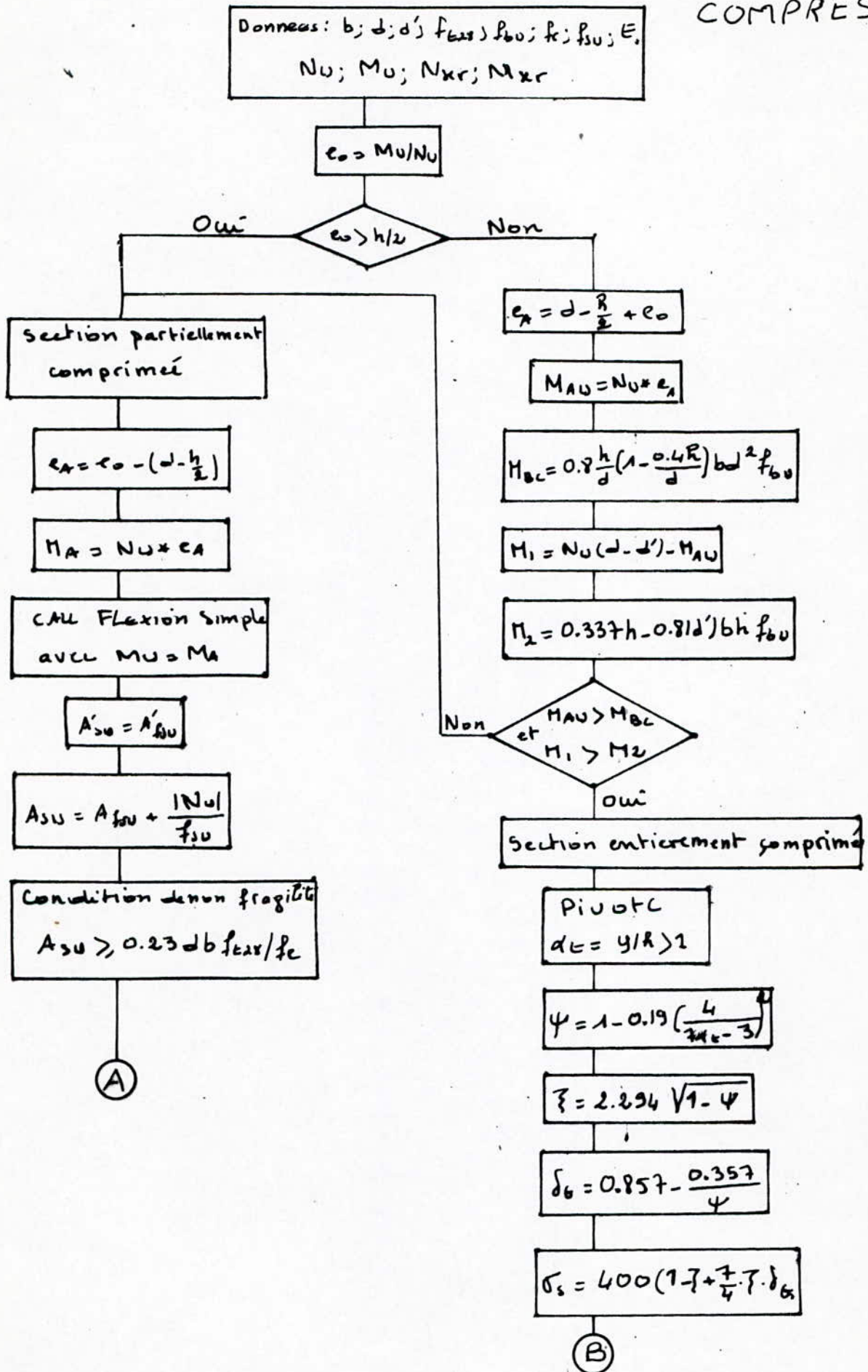
$$A_{su} = \frac{M}{z_b \cdot f_{su}} + A'_{su} \frac{\sigma_{scl}}{f_{su}}$$

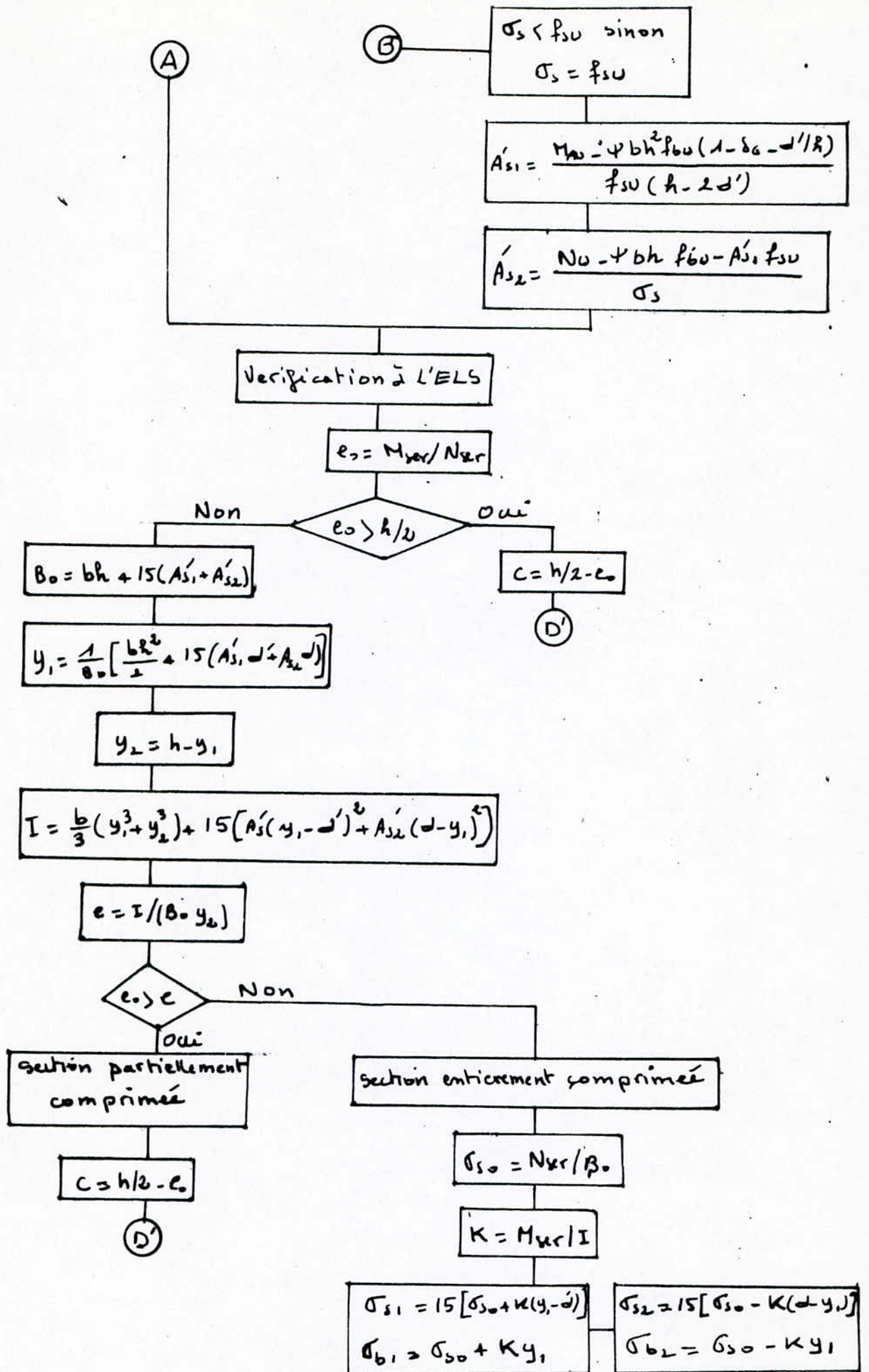
FLEXION COMPOSÉE AVEC EFFORT NORMAL DE TRACTION





FLEXION COMPOSÉE AVEC EFFORT NORMAL DE COMPRESSION





CHAPITRE IVX

ELEMENTS

D'INFRASTRUCTURE

A Voile périphérique:

- **Introduction:**

Le voile périphérique doit être continu tout autour du bâtiment. Il s'élève du niveau de fondation jusqu'au niveau du premier plancher d'une hauteur de 2,84 m et d'une épaisseur de $e = 16\text{cm}$.

Il sera dimensionné pour supporter une pression latérale due aux terres et une surcharge éventuelle de $q = 500\text{Kg/m}^2$

On le considère comme étant un ensemble de dalles encastrées au niveau du radier, partiellement encastrées de part et d'autre des voiles et appuyées à leur partie supérieure sur le plancher RDC.

- La fissuration est considérée préjudiciable
- Le calcul se fera par bande de 1 m de largeur

- **Sollicitations:**

Le voile périphérique est sollicité par:

- L'effort normal de compression
- Le moment résultant de la pression latérale

- **Calcul des poussées sur le voile périphérique**

La poussée de terre sera déterminée à l'état d'équilibre au repos, car le voile est prévu pour assurer la rigidité et l'encastrement relatif de l'infrastructure par rapport à la superstructure.

Soient:

δ_h : Contrainte horizontale

δ_v : contrainte verticale

$$\text{On a } \delta_h = K_0 \cdot \delta_v \quad K_0 = (1 - \sin\varphi) / \cos\varphi$$

K_0 : coef de pression des terres

φ : coef de frottement interne

$$Z = 2,84 \text{ m}$$

q : Surcharge de circulation des véhicules et habitants

$$K_0 = 0,7$$

$$\tau_{h1} = K_0 \cdot \tau_{v1} K_0 = K_0 \cdot q$$

$$\tau_{h2} = K_0 \cdot \tau_{v2} K_0 = K_0 \cdot \gamma_z \quad \Rightarrow \tau_{h1} = K_0 (q + \gamma_z)$$

- A L'ELS: $Q_{0ser} = G + Q = K_0 (q + \gamma_z) \cdot l$

$$Z_0 = 0 \Rightarrow Q_{0ser} = 0,35 \text{ t/ml}$$

$$Z = 2,84 \Rightarrow Q_{0ser} = 4,525 \text{ t/ml}$$

- A L'ELU: $Q_{0U} = 1,35 G + 1,5 Q$

$$Z_0 = 0 \quad \Rightarrow Q_{0U} = 0,525 \text{ t/ml}$$

$$Z = 2,84 \text{ m} \quad \Rightarrow Q_{0U} = 6,161 \text{ t/ml}$$

- Calcul du ferrailage

Le calcul se fera en flexion simple à L'ELU et L'ELS

Il se fait pour le panneau le plus sollicité

- Déterminons le moment de flexion

Soient: $l_x = 2,84$ m et $l_y = 4,70$ m $\Rightarrow \alpha_0 = l_x/l_y = 0,604$

ELU: $V = 0$

$$U_x = 0,0805$$

$$U_y = 0,0311$$

ELS: $V = 0,2$

$$U_x = 0,0855$$

$$U_y = 0,48$$

- Bande l_x :
 $M_x = U_x \cdot Q \cdot l_x^2$
 $M_{ox,u} = 0,040$ MN.m/ml
 $M_{ox,ser} = 0,031$ MN./ml
- Bande l_y : $M_y = U_y \cdot M_x$
 $Moy.u = 0,0124$ MN.m/ml
 $Moy,ser = 0,0148$ MN.m/ml

• En travée:

- Bande l_x :
 $M_{t,U,x} = 0,034$ MN.m/ml
 $M_{t,ser,x} = 0,026$ MN.m/ml

Bande l_y :
 $M_{t,U,y} = 0,0125$ MN.m/ml
 $M_{t,ser,y} = 0,0126$ MN.m/ml

- Sur appuis:

Bande l_x :
 $M_{a,u,x} = 0,02$ MN.m/ml
 $M_{a,ser,x} = 0,015$.m/ml

Bande l_y :
 $M_{a,u,y} = 0,0062$ MN.m/ml
 $M_{a,ser,y} = 0,0074$ MN.m/ml

Exemple de calcul du ferrailage:

Données: $b_0 = 1 \text{ m}$ $h = 0,16 \text{ m}$ $d = 0,14 \text{ m}$ $f_{bu} = 12,47 \text{ MPa}$

$M_{t,U} = 0,0105 \text{ MN.m/ml}$

$M_{t,ser} = 0,0126 \text{ Mn.m/ml}$

* ELU

$\mu_{bu} = 0,043 < \mu_{ab} = 0,186 \Rightarrow \text{pivot A} \Rightarrow A'u = 0$

$\alpha = 0,055 \Rightarrow Z = 0,136$

$\Rightarrow A_u = 2,203 \text{ cm}^2$

* ELS:

$\alpha_r = 15\tau_{bc} / (15 \tau_{bc} + \tau_s) = 0,452$

$\mu_{rb} = 0,191 \Rightarrow M_{rb} = 0,049 \text{ MN.m/ml}$

$M_{ser,t} = 0,0126 \text{ MNm /ml} < M_{rb} \Rightarrow \text{Pivot A} \Rightarrow A'ser = 0$

$Z_r = d(1 - \alpha_r / 3) = 0,119 \Rightarrow A_{ser} = 3,042 \text{ cm}^2$

$A = \text{Max} [A_u, A_{ser}]$

$\Rightarrow A_{finale} = 3,042 \text{ cm}^2$

	Bande lx		Bande ly	
	appui	travée	appui	travée
MU (MN.m/ml)	0.02	0.034	0.0062	0.0105
μ_{bu}	0.081	0.139	0.025	0.0143
Au (cm²)	0.22	10.94	1.29	2.203

	Bande lx		Bande ly	
	appui	travée	appui	travée
Msr	0,015	0,026	0,0079	0,0126

Mrb > Mser	0,049	0,049	0,049	0,049
Zr (m)	0,119	0,119	0,119	0,119
Aser (cm²)	5,25	9,103	1,913	3,042

- Ferrailage du voile selon le RPA 88

Le voile périphérique doit avoir les caractéristiques minimales ci-dessous :

- épaisseur > 15 soit e = 16 cm
- Les armatures sont constituées de 2 nappes
- Le pourcentage minimum est de 0,1% dans les 2 sens (horizontal et vertical).

$$A_x = A_y = (0,1 / 100) \times 1 \times 0,16 = 1,6 \text{ cm}^2/\text{ml}$$

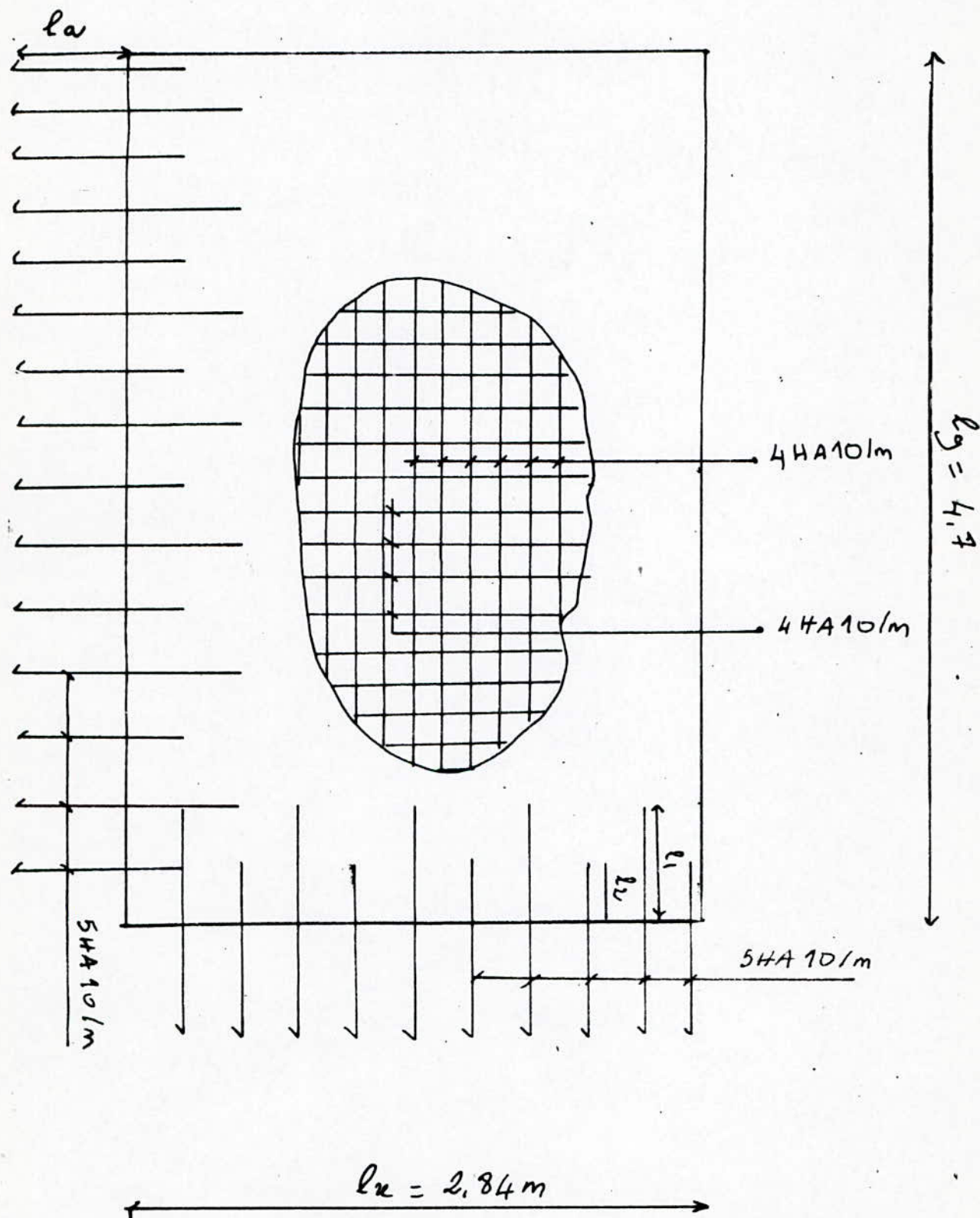
Conclusion:

La section d'armature donnée par le RPA étant inférieure à celle donnée par le calcul aux états limites de béton armé (BAEL) 83, on prend :

$$A_{x,y} = \text{Max} [A_x, a_y] = 3,042 \text{ cm}^2$$

Le recouvrement est de $40\phi = 56 \text{ cm}$

FERRAILLAGE DU VOILE PERIPHERIQUE



B - Fondation:

Une fondation est un organe de transmission des charges de la superstructure de l'ouvrage au sol.

Elle ne peut donc être calculée que lorsque les charges de la superstructure et les caractéristiques du sol sont connues.

- Rôle de la fondation

Elle transmet au sol les effets:

- des charges permanentes
- des surcharges
- des actions climatiques ou accidentelles.

Elle reçoit les actions ascendantes du sol

- Choix du type de fondation:

Le terrain étudié est homogène tant du point de vue géologique que du point de vue de la résistance.

Vu l'existence d'un sous-sol, le terrassement du radier sera négligé. Par contre les semelles filantes risqueront de subir des tassements différentiels limités mais non négligeables, en plus de ceci:

- * Le nombre élevé de portiques
- * Le rapprochement de certains portiques.

Donc par conclusion, on opte pour un radier général

- Méthode de calcul

Le calcul rigoureux des radiers est très complexe (exacte), en effet la solution exacte dépend théoriquement des conditions de déformations du sol qui sont ignorées, ainsi, en pratique, on utilise des méthodes approchées respectant au mieux le fonctionnement physique effectif du radier chargé

- Calcul du radier:

1/ Predimensionnement du radier:

* Superstructure: $G1 = 111,823 \text{ MN} = 11182,3 \text{ t}$
 $Q1 = 1355 \text{ t}$

* Infrastructure: $G2 = 267,95 \text{ t}$
 $Q2 = 503,2 \text{ t}$

Le calcul du radier se fera suivant les règles BAEL en fissuration préjudiciable.

- Combinaison des charges:

ELU : $N_u = 1,35 (G1 + G2) + 1,5 (Q1 + Q2)$

ELS : $N_{ser} = G1 + G2 + Q1 + Q2$

$$N_u = 18245,138 \text{ t}$$

=>

$$N_{ser} = 13308,45 \text{ t}$$

a) Surface minimum du radier

Soit S_r : Surface du radier telle que:

$$S_r \geq S_{min} = N / \tau_{sol}$$

Avec $\tau_{sol,u} = 1,5 \tau_{sol} = 1,5 \times 17 = 25,5 \text{ t/m}^2$

38 $\tau_{,ser} = \tau_{sol} = 17 \text{ t/m}^2$

D'où

$$\text{ELU : } S_{\text{min}} = N_u / \tau_{\text{sol},u} = 715,496 \text{ m}^2$$

$$\text{ELS : } S_{\text{min}} = N_{\text{ser}} / \tau_{\text{ser}} = 762,824 \text{ m}^2$$

$$\Rightarrow S_{\text{min}} = 762,824$$

La surface d'emprise du bâtiment est:

$$S = 24,75 \times 27,75 = 1311,8 \text{ m}^2$$

La surface du radier est celle d'emprise du bâtiment avec un bord de 50 cm.

$$\Rightarrow S_r = 1348,55 \text{ m}^2$$

b) Epaisseur du radier:

L'épaisseur doit être supérieure à 25 cm, elle est déterminée par les conditions de rigidité, de poinçonnement et la condition forfaitaire.

1/ Condition de rigidité

Un radier est un répartisseur de charges, il est rigide vis à vis des couches sous-adjacentes, et la relation suivante est vérifiée :

$$l_i \leq 3,14 / 2 \cdot l_e$$

l_i : distance maximale entre axes de 2 portiques successifs.

$$l_i = 5,00\text{m}$$

l_e : longueur élastique

$$l_e = \sqrt[4]{\frac{4EI}{kb}}$$

E : Module d'élasticité : $E = 3,0810 \cdot 5 \text{ t/m}^2$

K : coef de raideur du sol $K = 40 \text{ MN/m}^2$

$$I = b \cdot h^3 r / 12$$

$$\text{D'où } h_r \geq \left(\frac{3K}{t} \cdot \frac{2L}{3,14} \times 4 \right)^{1/3}$$

$$\Rightarrow h_r = 75 \text{ cm}$$

2/ Condition de non poinçonnement:

Pour que le radier ne risque pas d'être poinçonné, il faut que:

$$Q_u \leq 0,045 \cdot U_e \cdot h_r \cdot f_{c28}$$

Avec:

Q_u : charge de calcul de l'ELU du poteau le plus sollicité

h_r : 2 fois l'épaisseur du contour de diffusion des efforts au niveau du radier

$$Q_u = 1,35 \times 1,414 + 1,5 \times 0,265 = 2,336 \text{ MN}$$

$$a = a_0 + 2x$$

$$a = a_0 + h_r$$

$$a = a_0 + 2h_r / 2$$

$$\Rightarrow b = b_0 + h_r$$

$$b = b_0 + 2h_r / 2$$

$$U_c = 2(a+b) = 2(a_0 + b_0 + 2h_r) = 4(0,75 + h_r)$$

$$\text{Donc } 2,336 \leq 0,045 \cdot 4(0,75 + h_r) \cdot h_r$$

$$\Rightarrow h_r \geq 0,49 \text{ m}$$

3/ Condition forfaitaire:

$h_r \geq l/10$; l : distance maximale entre 2 poteaux successifs.

$$h_r \geq 5/10 = 0,5 \text{ m} \quad \Rightarrow h_r \geq 50 \text{ cm}$$

Conclusion:

La valeur de l'épaisseur du radier à adopter est:

$$h_r = \max [75, 49,4, 50] = 75 \text{ cm}$$

Calcul des caractéristiques géométriques:

$$X_g = 19,375 \text{ m}$$

$$Y_g = 17,875 \text{ m}$$

$$I_{xx} = l_x \cdot l_y^3 / 12 = 147542,996 \text{ m}^4$$

$$I_{yy} = l_y \cdot l_x^3 / 12 = 173344,44 \text{ m}^4$$

• Vérification de la stabilité du radier

Sous la combinaison G + Q + E

Le radier est soumis à un effort normal N et à un moment M

- Contraintes à déterminer: $\sigma_{1,2} = N/S + M/I \cdot U$

* Evaluation de N et M

$$* N = N_g + N_q + N_{rad} + N_E$$

$$N_{rad} = 0,75 \times 1348,55 \times 2,5 = 2528,53 \text{ t}$$

$$N_g = 11460,3 \text{ t}$$

$$N_q = 1858,2 \text{ t}$$

$$\Rightarrow N = 15847,03 \text{ t}$$

$$* M = M_0 + T_h = M_{bas} + M_{ex} + T_h$$

M_0 : Moment dû au séisme à la base

M_{bas} Moment de renversement

M_{ex} : Moment dû à l'excentricité entre le centre de gravité du bâtiment et le centre de gravité du radier.

T: effort tranchant à la base du bâtiment

h: hauteur d'ancrage de l'ouvrage ($h = l_m/T_1$)

Evaluation de Mbas

Sens longitudinal : Mbas = 62,8897 Mn.m

* évalution de Mex

$$M_{ex} = N_{bas} \cdot e$$

$$l_{ex} = 1,35m, N_{bas} = 114,674MN = 114,674MN$$

Suivant ox:

$$M_{ex} = e l_x \cdot N_{bas} = 154,81 MN.m$$

Suivant oy:

$$M_{ex} = 154,81$$

* Evaluation de Mt = Th

$$M_{tx} = M_{ty} = V \times l \text{ m} = 1,799 MN.m = 179,9t \text{ m}$$

Donc on a :

$$M_x = M_y = 179,9 + 15481 + 5288,97 = 20949,8 MN.m$$

- Evaluation des contraintes:

Suivant les deux sens

Sens x-x

$$\tau_1 = 1177,9 MN/m$$

$$\tau_2 = 1172,4MN/m$$

Sens y-y

$$\tau_1 = 1177,3 MN/m$$

$$38 \quad \tau_2 = 1172,956MN/m$$

• **Vérification**

$$\tau_m = 3(\tau_1 + \tau_2) / 4 < \tau_{sol}$$

$$1,3 \tau_{sol} = 1,3 \times 17 = 25,5 \text{ t/m}$$

Cette condition est nécessaire et suffisante pour la vérification de la stabilité du radier.

Sens x # sens y

$$\tau_m = 3(\tau_1 + \tau_2) / 4 \times 10 = 11,765 \text{ t/m}^2 < 25,5$$

3/ **Ferraillage du radier**

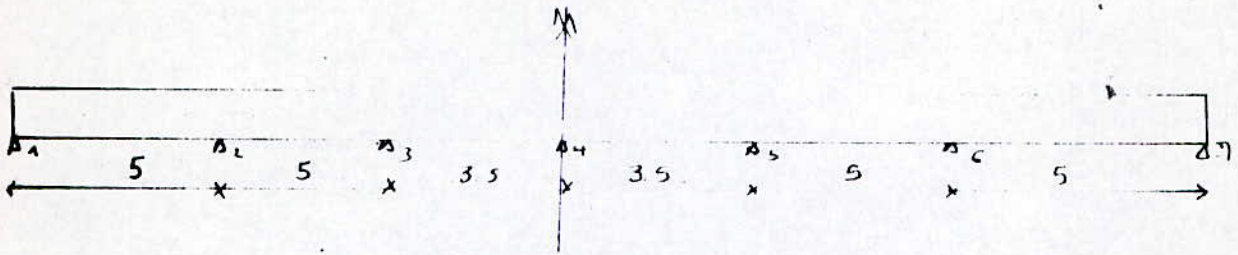
Vu qu'on est en présence d'un radier sous poteaux, on optera pour un ferraillage d'une semelle filante suivant les deux sens.

Le radier sera chargé par la réaction du sol en omettant son poids propre.

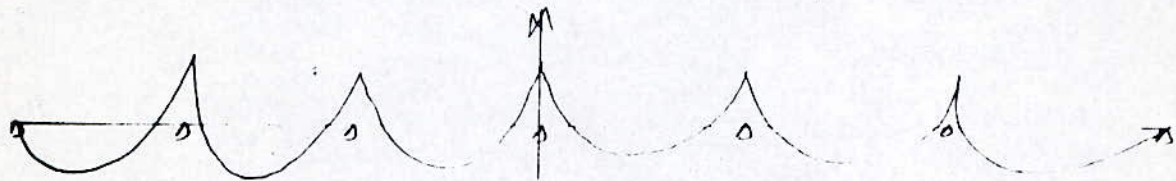
ELU : $q_u = t_u = \tau_{m,u} = N_{rad}/S_{rad}$

ELS : $q_{ser} = \tau_{ser} = \tau_m \cdot ser = N_{rad}/S_{rad}$.

• Sens longitudinal



A l'aide de la méthode des 3 moments, on calcule les moments en travée et sur appui.



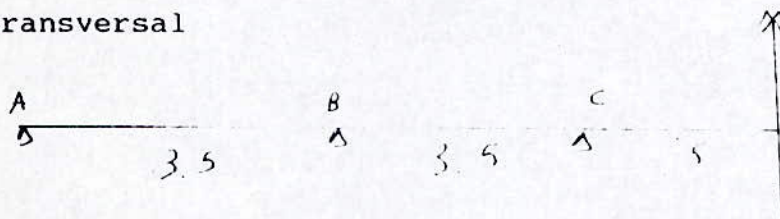
• Moments en travée (t.m)

Travée	1 - 2	2 - 3	3 - 4
ELU	211.42	184.5	167.76
ELS	158.21	138.06	125.53

• Moments sur appuis

ELU	188.5	186.32	184.279	125.51
ELS	141.05	139.42	137.893	93.92
T:	-175.4	-177.58	170.305	
	Tinf2	Tinf3	Tinf4	
	-131.249	-132.682	-127.44	

• Sens transversal



De la même manière, on calcule les moments.

Armature inférieure

$$\text{ELU : } \mu = 1,45 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_s = 62.6 \text{ cm}^2$$

$$\text{ELS : } M_{ser} = 0,92 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_s = 66.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit 25T20} \quad \Rightarrow \quad A_{su} = 78.5 \text{ cm}^2$$

$$St = 20 \text{ cm}$$

• Sens transversal

Armatures supérieures

$$\mu = 0,254 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_{su} = 10.88 \text{ cm}^2$$

$$M_{ser} = 0,54 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_{ser} = 11.71 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit 17T16} \quad \Rightarrow \quad A_s = 34.17 \text{ cm}^2$$

$$St = 20 \text{ cm}$$

Armatures inférieures

$$\mu = 1,44 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_s = 63.69 \text{ cm}^2$$

$$M_{ser} = 0,9205 \text{ MN.m} \quad \Rightarrow \quad A_{ser} = 66.93 \text{ cm}^2$$

$$\text{Soit 22T20} \quad \Rightarrow \quad A_s = 69.09 \text{ cm}^2$$

$$St = 20 \text{ cm}$$

• Vérification de la condition de non fragilité

(BAEL 83 art.8.2.4.1)

$$A_s = 0.0008 \left(\frac{3}{2} \alpha \right)^2 \cdot bh \quad \alpha \frac{l_x}{l_y} \leq 1$$

$A_s \geq 21 \text{ cm}^2$: vérifié dans les 2 sens

• Vérification au cisaillement

$$t_{max} < t_{max}$$

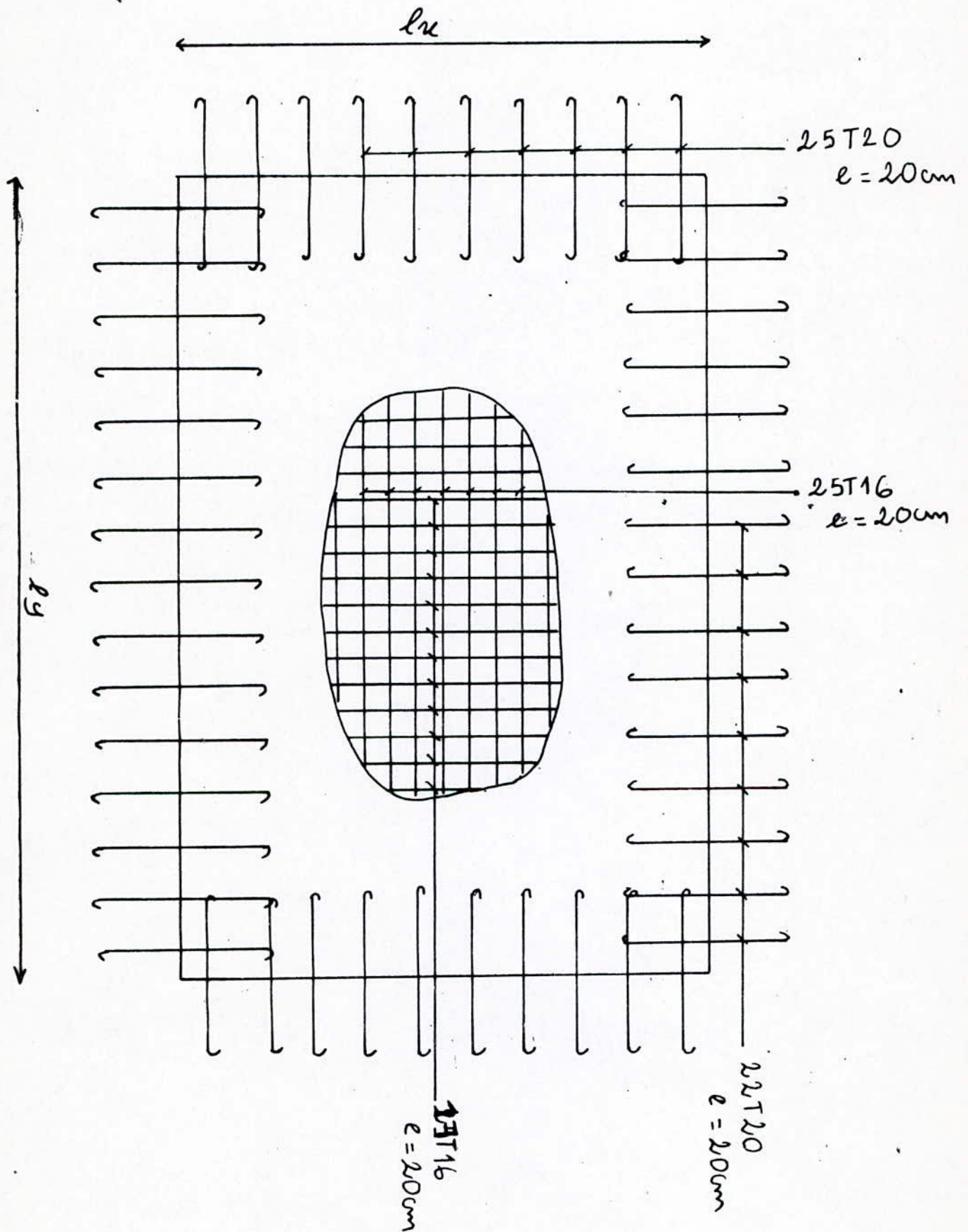
$\tau = \text{Min}(0,1 f_{c28}, 3 \text{ MPa})$: fissuration préj

$$\tau = 2.2 \text{ MPa}$$

$$t_{max} = \tau / b \cdot d = 1.2695 / 3.5 \times 0.9 \times 0.75 = 0.54 \text{ MPa}$$

$$t_{max} < \tau \quad \text{vérifié}$$

FERRAILLAGE D'UN PANEAU DE RADIER



CHAPITRE VX

METRE

I. STRUCTURE I

I.1/ Nécessité en aciers :

Diamètre (m)	Longueur totale (m)	Poids unitaire (Kg/ml)	Poids total (Kg)	Chute = 5 %	Poids total à commander
32	12003.69	6.313	75779.29	3788.96	79568.251
25	10071.33	3.853	38804.83	1940.24	40745.070
20	10249.49	2.466	25275.24	1263.76	26539.000
16	9845.35	1.578	5690.61	284.531	5975.140
14	3500.04	1.208	4228.05	211.403	4439.453
12	90998.6	0.890	80988.75	4049.44	85038.190
10	1584.90	0.622	9858.078	492.90	10350.978
08	39238.4	0.391	15342.21	767.11	16109.320

Le prix à payer sera de :

$$P = 43\ 014\ 810.3\ \text{DA}$$

I.2/ Nécessité en béton

- Volume global : $V = 3895.31\ \text{m}^3$

Le prix à payer sera de :

$$P = 11685930\ \text{DA}$$

II. STRUCTURE II

II.1/ Nécessité en aciers :

Diamètre (m)	Longueur totale (m)	Poids unitaire (Kg/ml)	Poids total (Kg)	Chute = 5 %	Poids total à commander
32	10126.20	6.313	63926.701	3196.335	67123.036
25	9987.98	3.853	38483.687	1924.184	40407.871
20	9789.33	2.466	24140.488	1207.024	25347.512
16	9649.62	1.578	15227.10	761.359	15988.455
14	3225.32	1.208	3896.187	194.809	4090.996
12	90010.2	0.890	80109.078	4005.454	84114.532
10	13758.2	0.622	8557.600	427.880	8985.480
08	37242.6	0.391	14561.857	728.093	15289.949

Le prix à payer sera de :

$$P = 39202174.65 \text{ DA}$$

I.2/ Nécessité en béton

- Volume global : $V = 3796.87 \text{ m}^3$

Le prix à payer sera de :

$$P = 11390610 \text{ DA}$$

III Conclusion

Donc pour réaliser l'infrastructure et la superstructure,
chaque structure nécessite l'enveloppe financière suivante :

- Structure I (portiques)

$$P = 14293425.02 \text{ Da}$$

- Structure II (noyau central)

$$P = 12982513.53 \text{ DA}$$

CHAPITRE VIX

CONCLUSION

Tout au long de la réalisation de ce mémoire, il est apparu, quelques conclusions qui ont pu mettre en exergue, l'avantage, voir la nécessité d'opter, quand la structure en portique devient élevée, pour une technique plus légère, tout aussi sécuritaire, et qui est la technique dite du noyau central.

Ces conclusions sont donc basées sur les différences qui sont apparues au cours de l'étude et de la réalisation:

- Au plan de l'étude :

Le fondement théorique et les méthodes de calcul des contreventements par portiques sont assez simples à assimiler, mais cependant, leur calcul est si important et si long, qu'il est indispensable d'avoir recours à des logiciels et des programmes informatiques assez onéreux et difficile à mettre au point; Tandis que pour les méthodes de calcul des contreventements par voiles (LAREDO, ALBIGES et GOULET) même si elles paraissent assez complexes et laborieuses, néanmoins, leur calcul se trouve largement simplifié grâce aux abaques établies par certains auteurs.

- Au plan de la réalisation

Comme le souci de tout constructeur est d'investir pour concevoir des techniques pouvant assurer la réalisation la plus économique et sécuritaire, il est apparu dans ces travaux que la structure à noyau central remplissant mieux ces conditions et donnant à chaque fois un résultat plus économique et rationnel que cela soit du point de vue, coffrage, main d'oeuvre, aménagement plus libre des espaces, etc...

BIBLIOGRAPHIE

- [1] M. BELAZOUGUI, " Le béton armé aux états limites ",
édition OPU.
- [2] A. CAPRA, V. DAVIDOVICI, "Calcul dynamique des structures
en zone sismique" Eyrolles.
- [3] A. COIN " Ossatures des bâtiments" Eyrolles.
- [4] V. DAVIDOVICI, "Aide mémoire de béton armé". Dunod.
- [5] M. DIVERS, "Calcul des tours en béton armé ".
- [6] A. FUENTES, "Calcul pratique des ossatures de bâtiment"
Edition Eyrolles.
- [7] A. FUENTES, "Comportement post-élastique des structures en
béton armé". Eyrolles.
- [8] W. CLOUGH, J. PENZIEN, "Dynamique des structures". Tome 1.
- [9] A. GUERRIN, R. CLAUVAUR, "Traité de béton armé". Tome 4.
- [10] LAREDU, "Grand Bâtiment".
- [11] H. RENAUD, F. LETERTRE, "Ouvrage en béton armé". Foucher.
- [12] RILI, DAOUDI, "Conception, calcul des structures soumises
au seisme".
- [13] ZENOV, BONNEVILLE, "Calcul des structures parasismiques".
- [14] Règles parasismiques algériennes RPA 88.
- [15] Règlement des NV 65.

PB 022/93

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL



THESE DE FIN D'ETUDES

THEME
ANNEXE

PROPOSÉ PAR :
Mme BAUCHE

ETUDIE PAR :
DEBAZI CHERIFA

DIRIGE PAR :
Mm BAUCHE

PROMOTION 1992-1993

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

DEPARTEMENT : GENIE CIVIL

THESE DE FIN D'ETUDES

THEME

ANNEXE

PROPOSÉ PAR :
Mme BAUCHE

ETUDIE PAR :
DEBAZI CHERIFA

DIRIGE PAR :
Mm BAUCHE

PROMOTION 1992-1993

SOMMAIRE



ANNEXES :

1- Résolution du systeme fondamental par JACOBI.....	1
2- Efforts sismiques.....	4
3- Efforts tranchants dans les voiles.....	7
4- Repartition des efforts internes dans les voiles.....	9
5- Repartition des efforts tranchants par étage dans différent portiques.....	15
6- Repartition des efforts tranchants relatifs repris par chaque poteau.....	19
7- Position des moments ruls dans les poteaux.....	31
8- Moment en tête des poteaux.....	35
9-Moment aux neouds dans les poutres.....	38
10-Moments en travées dans les poutres éffort tranchant dans poutres.....	47

11- Efforts normaux dans les poteaux.....	55
12- Caractéristiques géométriques.....	63
14- Moments en travées, efforts tranchants dans les poutres.....	73
13- Moments fléchissants dans les nœuds sous G et sous Q.....	67
15- Efforts normaux dans les portiques.....	81
16- Combinaison des charges.....	85
17- Fenailage du noyau.....	87
18- Fenailage des poteaux.....	94
19- Etude du plancher.....	98
20- Etude des poutres.....	103
21- Etude des balcons.....	108
22- Etude des escaliers.....	110
23- Etude de l'acrotère.....	115

ANNEXE 1

RESOLUTION DU SYSTEME FONDAMENTAL DE JACOBI

• Structure I/ Portiques

Sens transversal # sens longitudinal

Niveau	MODE 1	2	3	4
14	0.13325	0.13404	-0.12089	0.13952
13	0.13026	0.11442	-741365 E-2	2.94860 E-2
12	0.12371	7.44521 E-2	7.43057 E-3	-0.10878
11	0.11379	2.12525 E-2	8.55092 E-2	-0.14292
10	0.10076	-3.57245 E-2	0.12344	-4.02357 E-2
9	9.09763 E-2	-6.68743 E-2	0.11014	4.75393 E-2
8	7.96191 E-2	-9.04929 E-2	6.40787 E-2	0.10649
7	6.68857 E-2	-0.10392	-1.04602 E-3	0.10087
6	5.29960 E-2	-0.10564	-6.58598 E-2	3.40504 E-2
5	4.43275 E-2	-9.94205 E-2	-9.18038 E-2	-1.75305 E-2
4	3.51932 E-2	-8.63904 E-2	-0.10115	-6.26443 E-2
3	2.56891 E-2	-6.74468 E-2	-9.22073 E-2	-8.46564 E-2
2	1.59151 E-2	-4.38862 E-2	-6.65934 E-2	-7.54576 E-2
1	7.99300 E-3	-2.25955 E-2	-3.60455 E-2	-4.46729 E-2
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ω	1.5565	2.4867	3.1702	3.7883
T	4.03	2.52	1.98	1.65

Sens transversal

Niveau	MODE 1	2	3	4
14	0.11932	0.12358	-0.11922	0.11182
13	0.11772	0.11073	-8.56283 E-2	4.97800 E-2
12	0.11418	8.36601 E-2	-2.22601 E-2	-4.63403 E-2
11	0.10875	4.58474 E-2	4.88494 E-2	-0.11074
10	0.10152	2.14839 E-3	0.10297	-9.92868 E-2
9	9.43634 E-2	-3.30274 E-2	0.11682	-3.42540 E-2
8	8.59221 E-2	-6.47181 E-2	9.72854 E-2	5.00493 E-2
7	7.63138 E-2	-8.95797 E-2	4.99406 E-2	0.10620
6	6.56687 E-2	0.10498	-1.16786 E-2	0.10258
5	5.60013 E-2	-0.10827	-6.00505 E-2	5.00102 E-2
4	4.56278 E-2	-0.10166	-9.38267 E-2	-2.67427 E-2
3	3.46763 E-2	-8.57549 E-2	-0.10442	-9.05560 E-2
2	2.33317 E-2	-6.21224 E-2	-8.94954 E-2	-0.11079
1	1.17443 E-2	-3.26423 E-2	-5.14535 E-2	-7.44669 E-2
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ω	3.5798	5.9765	7.6672	9.0825
T	1.75	1.05	0.82	0.69

Sens transversal

Niveau	MODE 1	2	3	4
14	0.11932	0.12358	-0.11922	0.11182
13	0.11772	0.11073	-8.56283 E-2	4.97800 E-2
12	0.11418	8.36601 E-2	-2.22601 E-2	-4.63403 E-2
11	0.10875	4.58474 E-2	4.88494 E-2	-0.11074
10	0.10152	2.14839 E-3	0.10297	-9.92868 E-2
9	9.43634 E-2	-3.30274 E-2	0.11682	-3.42540 E-2
8	8.59221 E-2	-6.47181 E-2	9.72854 E-2	5.00493 E-2
7	7.63138 E-2	-8.95797 E-2	4.99406 E-2	0.10620
6	6.56687 E-2	0.10498	-1.16786 E-2	0.10258
5	5.60013 E-2	-0.10827	-6.00505 E-2	5.00102 E-2
4	4.56278 E-2	-0.10166	-9.38267 E-2	-2.67427 E-2
3	3.46763 E-2	-8.57549 E-2	-0.10442	-9.05560 E-2
2	2.33317 E-2	-6.21224 E-2	-8.94954 E-2	-0.11079
1	1.17443 E-2	-3.26423 E-2	-5.14535 E-2	-7.44669 E-2
0	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ω	3.5798	5.9765	7.6672	9.0825
T	1.75	1.05	0.82	0.69

ANNEXE 2

EFFORTS SISMIQUES

Distribution de l'effort sismique par niveau.

Structure I : portiques

NIV	Effort sismique (MN)	Effort cumulé
14	0.406	0.406
13	0.312	0.718
12	0.328	1.046
11	0.399	1.445
10	0.306	1.751
9	0.302	2.053
8	0.341	2.394
7	0.313	2.707
6	0.263	2.970
5	0.275	3.245
4	0.307	3.552
3	0.308	3.860
2	0.257	4.117
1	0.146	4.263

$$F_{I\text{long}} = F_{I\text{trans}} = 4.263 \text{ MN}$$

Distribution de l'effort sismique par niveau.

Structure II : Noyau central

- Sens longitudinal

NIV	Effort sismique (MN)	Effort cumulé
14	0.389	0.389
13	0.292	0.681
12	0.300	0.981
11	0.295	1.273
10	0.300	1.573
9	0.350	1.923
8	0.286	2.209
7	0.275	2.484
6	0.368	2.852
5	0.250	3.102
4	0.237	3.339
3	0.289	3.628
2	0.274	3.902
1	0.123	4.025

$$F_{IIlong} = 4.025 \text{ MN}$$

Distribution de l'effort sismique par niveau.

Structure II : Noyau central

• Sens transversal

NIV	Effort sismique (MN)	Effort cumulé
14	0.276	0.276
13	0.125	0.401
12	0.296	0.697
11	0.287	0.984
10	0.298	1.282
9	0.345	1.627
8	0.283	1.910
7	0.269	2.179
6	0.361	2.540
5	0.242	2.782
4	0.230	3.012
3	0.285	3.297
2	0.272	3.569
1	0.122	3.691

$$F_{Itrans} = 3.691 \text{ MN}$$

ANNEXE 3

EFFORTS TRANCHANTS RESULTANS DANS LE NOYAU.

• Sens longitudinal

Niveau	VN1	VN2	VN3	VN4
14	0.220	0.245	0.233	0.272
13	0.385	0.429	0.408	0.475
12	0.554	0.618	0.588	0.685
11	0.719	0.802	0.763	0.889
10	0.889	0.991	0.942	1.098
9	1.086	1.211	1.152	1.342
8	1.248	1.392	1.323	1.542
7	1.403	1.565	1.488	1.734
6	1.611	1.797	1.708	1.991
5	1.753	1.954	1.858	2.165
4	1.887	2.104	2.000	2.331
3	2.050	2.286	2.173	2.532
2	2.205	2.456	2.337	2.724
1	2.274	2.536	2.411	2.809

• Sens Transversal

Niveau	VN1	VN2	VN3	VN4
14	0.156	0.174	0.165	0.193
13	0.227	0.253	0.240	0.280
12	0.394	0.439	0.418	0.487
11	0.556	0.620	0.589	0.687
10	0.724	0.808	0.768	0.895
9	0.919	1.025	0.975	1.136
8	1.079	1.203	1.144	1.333
7	1.231	1.373	1.309	1.921
6	1.435	1.600	1.521	1.773
5	1.572	1.753	1.666	1.942
4	1.702	1.898	1.804	2.102
3	1.863	2.077	1.975	2.301
2	2.016	2.248	2.138	2.491
1	2.085	2.325	2.211	2.576

ANNEXE 4

REPARTITION DES EFFORTS INTERNES DANS LES VOILES DU NOYAU

Voile VN1

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN)	0.8G-NE	G+Q+NE
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.823	0.082	0.334	0.030	0.185	0.446
12	2.263	0.226	0.576	0.090	0.235	0.892
11	4.335	0.433	0.817	0.150	0.221	1.400
10	7.024	0.702	1.064	0.210	0.149	1.976
9	10.349	1.035	1.310	0.270	0.013	2.615
8	14.410	1.441	1.556	0.330	- 0.196	3.327
7	19.078	1.908	1.803	0.390	- 0.466	4.101
6	24.325	2.432	2.054	0.450	- 0.789	4.936
5	30.350	3.035	2.305	0.510	-1.191	5.850
4	36.906	3.691	2.556	0.570	- 1.646	6.817
3	43.964	4.396	2.807	0.630	- 2.150	7.833
2	51.630	5.163	3.058	0.690	2.717	8.911
1	59.877	5.988	3.309	0.809	- 3.343	10.103
0	68.382	6.838	3.560	0.928	- 3.990	11.326

Voile VN2

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN)	0.8G-NE	G+Q+NE
14	0	0	0	0	0	0
13	0.916	0.092	0.334	0.030	0.175	0.456
12	2.521	0.252	0.576	0.090	0.209	0.918
11	4.832	0.483	0.817	0.150	0.171	1.450
10	7.832	0.783	1.064	0.210	0.068	2.057
9	11.538	1.154	1.310	0.270	-0.106	2.734
8	16.067	1.607	1.556	0.330	-0.362	3.493
7	21.273	2.127	1.803	0.390	-0.685	4.320
6	27.126	2.713	2.05	0.490	-1.070	5.217
5	33.847	3.385	2.305	0.510	-1.541	5.200
4	41.155	4.115	2.556	0.570	-2.070	7.241
3	49.024	4.902	2.807	0.630	-2.656	8.339
2	57.574	5.757	2.058	0.690	-3.311	9.505
1	66.766	6.677	3.309	0.809	-4.030	10.795
0	76.251	7.625	3.560	0.928	-4.777	12.113

Voile VN3

Trumeaux 1 et 3

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN)	0.8G-NE	G+Q+NE
14	0	0	0	0	0	0
13		0.087	0.077	0.008	-0.025	0.172
12		0.256	0.141	0.029	-0.143	0.426
11		0.498	0.204	0.051	0.335	0.753
10		0.809	0.268	0.072	-0.595	1.149
9		1.181	0.331	0.093	-0.916	1.605
8		1.608	0.395	0.114	-1.292	2.117
7		2.084	0.459	0.136	-1.717	2.679
6		2.601	0.522	0.157	-2.183	3.280
5		3.154	0.586	0.178	-2.685	3.918
4		3.736	0.650	0.199	-3.216	4.585
3		4.341	0.713	0.221	3.771	5.275
2		4.962	0.777	0.242	-4.340	5.981
1		5.593	0.841	0.276	-4.920	6.710
0		6.227	0.904	0.310	-5.504	7.441

Voile VN3

Trumeau 2

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN)	0.8G-NE	G+Q+NE
14	0	0	0	0	0	0
13		0.087	0.052	0.006	-0.045	0.145
12		0.256	0.144	0.037	-0.141	0.437
11		0.498	0.236	0.068	-0.309	0.802
10		0.809	0.329	0.098	-0.546	1.206
9		1.181	0.421	0.129	-0.844	1.731
8		1.608	0.513	0.160	-1.198	2.281
7		2.084	0.605	0.191	-1.600	2.880
6		2.601	0.698	0.222	-2.043	3.521
5		3.154	0.790	0.250	-2.522	4.194
4		3.736	0.882	0.283	-3.030	4.901
3		4.341	0.974	0.314	-3.552	5.629
2		4.962	1.066	0.345	-4.109	6.376
1		5.593	1.159	0.394	-4.666	7.146
0		6.227	1.251	0.443	5.226	7.921

Voile VN4

Trumeaux 1 et 3

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN)	0.8G-NE	G+Q+NE
14		0.000	0	0	0	0
13		0.101	0.077	0.008	-0.039	0.186
12		0.297	0.141	0.029	-0.184	0.467
11		0.579	0.204	0.051	-0.416	0.834
10		0.941	0.268	0.072	-0.727	1.281
9		1.375	0.331	0.093	-1.110	1.799
8		1.873	0.395	0.114	-1.557	2.382
7		2.427	0.459	0.136	-2.060	3.022
6		3.030	0.522	0.157	-2.612	3.709
5		6.375	0.586	0.178	-3.206	4.439
4		4.353	0.650	0.199	-3.833	5.202
3		5.058	0.713	0.221	-4.488	5.992
2		5.782	0.777	0.242	-5.160	6.801
1		6.517	0.841	0.276	-5.844	7.634
0		7.256	0.904	0.310	-6.533	8.470

Voile VN4

Trumeau 2

Niv	Mext (MN.m)	NE (MN)	G (MN)	Q (MN) ^o	0.8G-NE	G+Q+NE
14		0	0	0	0	0
13		0.101	0.052	0.006	-0.059	0.159
12		0.297	0.144	0.037	-0.182	0.478
11		0.579	0.236	0.068	-0.390	0.883
10		0.941	0.329	0.098	-0.678	1.368
9		1.375	0.421	0.129	-1.038	1.925
8		1.873	0.513	0.160	-1.463	2.546
7		2.427	0.605	0.191	-1.943	3.223
6		3.030	0.698	0.222	-2.472	3.948
5		3.675	0.790	0.250	-3.043	4.715
4		4.353	0.882	0.283	-3.647	5.518
3		5.058	0.974	0.314	-4.279	6.346
2		5.782	1.066	0.345	-4.929	7.193
1		6.517	1.159	0.394	-5.593	8.066
0		7.256	1.251	0.443	-6.255	8.950

ANNEXE 5

REPARTITION DES EFFORTS TRANCHANTS PAR ETAGE AUX DIFFERENTS PORTIQUES

Répartition des efforts tranchants par étage aux différents portiques

Sens longitudinal

Portique		A - A		B - B		C - C	
Niv.	F (MN)	y	Tj	y	Tj	y	Tj
14	0.406	10.65	0.106	7.15	0.081	3.65	0.065
13	0.718	"	0.187	"	0.143	"	0.115
12	1.046	"	0.272	"	0.208	"	0.167
11	1.445	"	0.376	"	0.287	"	0.231
10	1.751	"	0.454	"	0.347	"	0.279
9	2.053	"	0.532	"	0.407	"	0.327
8	2.394	"	0.621	"	0.475	"	0.382
7	2.707	"	0.702	"	0.537	"	0.432
6	2.970	"	0.768	"	0.589	"	0.474
5	3.245	"	0.839	"	0.644	"	0.518
4	3.552	"	0.919	"	0.705	"	0.567
3	3.860	"	0.998	"	0.766	"	0.616
2	4.117	"	1.054	"	0.826	"	0.659
1	4.263	"	1.036	"	0.929	"	0.705

Portique		D - D		E - E		F - F		G - G	
Niv.	F (MN)	y	Tj	y	Tj	y	Tj	y	Tj
14	0.406	-1.35	0.058	-6.35	0.070	-9.85	0.089	-13.35	0.118
13	0.718	"	0.103	"	0.124	"	0.158	"	0.208
12	1.046	"	0.149	"	0.180	"	0.230	"	0.303
11	1.445	"	0.206	"	0.249	"	0.318	"	0.419
10	1.751	"	0.250	"	0.301	"	0.384	"	0.506
9	2.053	"	0.293	"	0.353	"	0.450	"	0.593
8	2.394	"	0.342	"	0.411	"	0.525	"	0.691
7	2.707	"	0.387	"	0.465	"	0.593	"	0.782
6	2.970	"	0.424	"	0.511	"	0.652	"	0.855
5	3.245	"	0.464	"	0.558	"	0.712	"	0.934
4	3.552	"	0.507	"	0.611	"	0.780	"	1.023
3	3.860	"	0.551	"	0.664	"	0.847	"	1.111
2	4.117	"	0.588	"	0.712	"	0.916	"	1.189
1	4.263	"	0.610	"	0.776	"	1.049	"	1.144

Sens transversal

Portique		1 - 1		2 - 2		3 - 3	
Niv.	F (MN)	y	Tj	y	Tj	y	Tj
14	0.406	-14.85	0.139	-9.85	0.092	-4.85	0.065
13	0.718	"	0.246	"	0.163	"	0.115
12	1.046	"	0.359	"	0.237	"	0.167
11	1.445	"	0.495	"	0.327	"	0.231
10	1.751	"	0.603	"	0.397	"	0.280
9	2.053	"	0.707	"	0.466	"	0.328
8	2.394	"	0.824	"	0.543	"	0.383
7	2.707	"	0.932	"	0.614	"	0.433
6	2.970	"	1.020	"	0.677	"	0.474
5	3.245	"	1.114	"	0.740	"	0.518
4	3.552	"	1.220	"	0.810	"	0.567
3	3.860	"	1.326	"	0.880	"	0.617
2	4.117	"	1.395	"	0.953	"	0.662
1	4.263	"	1.298	"	1.058	"	0.700

Portique		4 - 4		5 - 5		6 - 6		7 - 7	
Niv.	F (MN)	y	Tj	y	Tj	y	Tj	y	Tj
14	0.406	-1.35	0.058	2.15	0.061	7.15	0.083	12.15	0.124
13	0.718	"	0.103	"	0.108	"	0.146	"	0.220
12	1.046	"	0.149	"	0.157	"	0.213	"	0.321
11	1.445	"	0.206	"	0.217	"	0.294	"	0.443
10	1.751	"	0.250	"	0.263	"	0.357	"	0.539
9	2.053	"	0.293	"	0.309	"	0.419	"	0.632
8	2.394	"	0.342	"	0.360	"	0.488	"	0.737
7	2.707	"	0.387	"	0.407	"	0.552	"	0.833
6	2.970	"	0.424	"	0.447	"	0.608	"	0.912
5	3.245	"	0.464	"	0.488	"	0.664	"	0.996
4	3.552	"	0.507	"	0.535	"	0.727	"	1.090
3	3.860	"	0.551	"	0.581	"	0.790	"	1.185
2	4.117	"	0.586	"	0.621	"	0.853	"	1.249
1	4.263	"	0.608	"	0.649	"	0.935	"	1.173

ANNEXE 6

**REPARTITION DES EFFORTS
TRANCHANTS RELATIFS
REPRIS PAR CHAQUE
POTEAUX**

Sens transversal

Niv.	file	a K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ¹	t ⁷
14	A - G	299.90	2703.23	0.11	0.015	0.014
	B - F	451.58		0.17	0.024	0.021
	C - E	414.57		0.15	0.021	0.019
	D	371.13		0.14	0.019	0.017
13	A - G	299.90	2703.23	0.11	0.027	0.024
	B - F	451.58		0.17	0.042	0.037
	C - E	414.57		0.15	0.037	0.033
	D	371.13		0.14	0.034	0.031
12	A - G	299.90	2703.23	0.11	0.039	0.035
	B - F	451.58		0.17	0.061	0.055
	C - E	414.57		0.15	0.054	0.048
	D	371.13		0.14	0.050	0.045
11	A - G	299.90	2703.23	0.11	0.054	0.049
	B - F	451.58		0.17	0.084	0.075
	C - E	414.57		0.15	0.074	0.066
	D	371.13		0.14	0.069	0.062
10	A - G	366.24	3558.85	0.10	0.060	0.054
	B - F	620.94		0.17	0.103	0.092
	C - E	553.07		0.16	0.096	0.086
	D	478.36		0.13	0.078	0.070
9	A - G	366.24	3558.85	0.10	0.071	0.063
	B - F	620.94		0.17	0.120	0.107
	C - E	553.07		0.16	0.113	0.101
	D	478.36		0.13	0.092	0.082
8	A - G	366.24	3558.85	0.10	0.082	0.074
	B - F	620.94		0.17	0.140	0.125
	C - E	553.07		0.16	0.132	0.118
	D	478.36		0.13	0.107	0.096

Sens transversal

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ¹	t ⁷
7	A - G	366.24	3558.85	0.10	0.093	0.083
	B - F	620.94		0.17	0.158	0.142
	C - E	553.07		0.16	0.149	0.133
	D	478.36		0.13	0.121	0.108
6	A - G	366.24	4005.59	0.09	0.092	0.082
	B - F	729.17		0.18	0.184	0.164
	C - E	637.32		0.16	0.163	0.146
	D	540.13		0.13	0.133	0.119
5	A - G	366.24	4005.59	0.09	0.100	0.090
	B - F	729.17		0.18	0.201	0.179
	C - E	637.32		0.16	0.178	0.159
	D	540.13		0.13	0.145	0.129
4	A - G	366.24	4005.59	0.09	0.110	0.098
	B - F	729.17		0.18	0.220	0.196
	C - E	637.32		0.16	0.195	0.174
	D	540.13		0.13	0.159	0.142
3	A - G	366.24	4005.59	0.09	0.119	0.107
	B - F	729.17		0.18	0.239	0.213
	C - E	637.32		0.16	0.212	0.190
	D	540.13		0.13	0.172	0.154
2	A - G	366.24	4005.59	0.09	0.126	0.112
	B - F	729.17		0.18	0.251	0.225
	C - E	637.32		0.16	0.223	0.200
	D	540.13		0.13	0.181	0.162
1	A - G	784.41	8995.40	0.09	0.117	0.106
	B - F	1541.23		0.17	0.221	0.199
	C - E	1472.34		0.16	0.208	0.188
	D	1399.45		0.16	0.208	0.188

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ⁵	t ⁶
14	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.007	0.009
	B - F	451.58		0.17	0.010	0.014
	C - E	414.57		0.15	0.009	0.012
	D	371.13		0.14	0.009	0.012
13	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.012	0.016
	B - F	451.58		0.17	0.018	0.025
	C - E	414.57		0.15	0.016	0.028
	D	371.13		0.14	0.015	0.020
12	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.017	0.023
	B - F	451.58		0.17	0.027	0.036
	C - E	414.57		0.15	0.024	0.032
	D	371.13		0.14	0.022	0.030
11	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.024	0.032
	B - F	451.58		0.17	0.037	0.050
	C - E	414.57		0.15	0.033	0.044
	D	371.13		0.14	0.030	0.041
10	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.026	0.036
	B - F	620.94		0.17	0.045	0.061
	C - E	553.07		0.16	0.042	0.057
	D	478.36		0.13	0.034	0.046
9	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.031	0.042
	B - F	620.94		0.17	0.053	0.071
	C - E	553.07		0.16	0.049	0.067
	D	478.36		0.13	0.040	0.054
8	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.036	0.049
	B - F	620.94		0.17	0.061	0.083
	C - E	553.07		0.16	0.058	0.078
	D	478.36		0.13	0.047	0.078

Niv.	file	a.K _p	Σa K _p	a.K _p /Σ a K _p	t ²	t ³	t ⁴
7	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.061	0.043	0.039
	B - F	620.94		0.17	0.104	0.074	0.066
	C - E	553.07		0.16	0.16	0.098	0.069
	D	478.36		0.13	0.080	0.056	0.050
6	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.068	0.047	0.042
	B - F	729.17		0.18	0.122	0.085	0.076
	C - E	637.32		0.16	0.108	0.076	0.068
	D	540.19		0.13	0.088	0.062	0.055
5	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.074	0.052	0.046
	B - F	729.17		0.18	0.133	0.093	0.084
	C - E	637.32		0.16	0.118	0.083	0.074
	D	540.19		0.13	0.096	0.067	0.060
4	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.081	0.057	0.051
	B - F	729.17		0.18	0.146	0.102	0.091
	C - E	637.32		0.16	0.130	0.091	0.081
	D	540.19		0.13	0.105	0.074	0.066
3	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.088	0.062	0.055
	B - F	729.17		0.18	0.158	0.111	0.099
	C - E	637.32		0.16	0.141	0.099	0.088
	D	540.19		0.13	0.114	0.080	0.072
2	A - G	401.38	4332.18	0.09	0.086	0.060	0.053
	B - F	792.49		0.17	0.162	0.113	0.100
	C - E	685.17		0.16	0.182	0.106	0.094
	D	574.10		0.13	0.124	0.086	0.076
1	A - G	1295.39	14050.43	0.09	0.095	0.063	0.055
	B - F	2356.88		0.17	0.180	0.119	0.103
	C - E	2276.40		0.16	0.169	0.112	0.097
	D	2193.09		0.16	0.169	0.112	0.097

Niv.	file	$a.K_p$	$\Sigma a.K_p$	$\frac{a.K_p}{\Sigma a.K_p}$	t^2	t^3	t^4
14	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.010	0.007	0.006
	B - F	451.58		0.17	0.016	0.011	0.010
	C - E	414.57		0.15	0.014	0.010	0.009
	D	371.13		0.14	0.013	0.009	0.008
13	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.018	0.013	0.011
	B - F	451.58		0.17	0.028	0.020	0.018
	C - E	414.57		0.15	0.024	0.017	0.015
	D	371.13		0.14	0.023	0.016	0.014
12	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.026	0.018	0.016
	B - F	451.58		0.17	0.040	0.028	0.025
	C - E	414.57		0.15	0.036	0.025	0.022
	D	371.13		0.14	0.033	0.023	0.021
11	A - G	299.90	2703.03	0.11	0.036	0.025	0.023
	B - F	451.58		0.17	0.056	0.039	0.035
	C - E	414.57		0.15	0.049	0.035	0.031
	D	371.13		0.14	0.046	0.032	0.029
10	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.040	0.028	0.025
	B - F	620.94		0.17	0.067	0.048	0.043
	C - E	553.07		0.16	0.064	0.045	0.040
	D	478.364		0.13	0.052	0.036	0.033
9	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.047	0.033	0.029
	B - F	620.94		0.17	0.079	0.056	0.050
	C - E	553.07		0.16	0.075	0.052	0.047
	D	478.364		0.13	0.061	0.043	0.038
8	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.054	0.038	0.034
	B - F	620.94		0.17	0.092	0.065	0.058
	C - E	553.07		0.16	0.087	0.061	0.055
	D	478.364		0.13	0.071	0.050	0.044

Niv.	file	$a K_p$	$\Sigma a K_p$	$a K_p / \Sigma a K_p$	t^5	t^6
7	A - G	366.24	3558.86	0.10	0.041	0.055
	B - F	620.94		0.17	0.061	0.094
	C - E	553.07		0.16	0.069	0.088
	D	478.36		0.13	0.053	0.072
6	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.045	0.061
	B - F	729.17		0.18	0.080	0.109
	C - E	637.32		0.16	0.072	0.097
	D	540.13		0.13	0.058	0.079
5	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.049	0.066
	B - F	729.17		0.18	0.088	0.120
	C - E	637.32		0.16	0.078	0.106
	D	540.13		0.13	0.063	0.086
4	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.054	0.073
	B - F	729.17		0.18	0.096	0.131
	C - E	637.32		0.16	0.086	0.116
	D	540.13		0.13	0.070	0.095
3	A - G	401.38	4075.87	0.10	0.058	0.079
	B - F	729.17		0.18	0.105	0.142
	C - E	637.32		0.16	0.093	0.126
	D	540.13		0.13	0.073	0.103
2	A - G	401.38	4332.18	0.09	0.056	0.077
	B - F	792.49		0.17	0.106	0.145
	C - E	685.17		0.16	0.099	0.136
	D	574.10		0.13	0.081	0.111
1	A - G	1295.39	14090.43	0.09	0.058	0.084
	B - F	2356.88		0.17	0.110	0.159
	C - E	2276.40		0.16	0.104	0.150
	D	2193.09		0.16	0.104	0.150

Sens longitudinal

$\Sigma a.K_p$

Niv.	file	$a.K_p$	$\Sigma a.K_p$	$a.K_p/\Sigma a.K_p$	t^A	t^G
14	1 - 7	232.86	2488.70	0.09	0.010	0.011
	2 - 6	371.13		0.15	0.016	0.018
	3 - 5	414.57		0.17	0.018	0.020
	4	451.58		0.18	0.019	0.021
13	1 - 7	232.86	2488.70	0.09	0.017	0.019
	2 - 6	371.13		0.15	0.028	0.031
	3 - 5	414.57		0.17	0.032	0.035
	4	451.58		0.18	0.034	0.037
12	1 - 7	232.86	2488.70	0.09	0.024	0.027
	2 - 6	371.13		0.15	0.041	0.045
	3 - 5	414.57		0.17	0.046	0.052
	4	451.58		0.18	0.049	0.055
11	1 - 7	232.86	2488.70	0.09	0.034	0.038
	2 - 6	371.13		0.15	0.056	0.063
	3 - 5	414.57		0.17	0.064	0.071
	4	451.58		0.18	0.068	0.075
10	1 - 7	270.97	3225.74	0.08	0.036	0.040
	2 - 6	478.36		0.15	0.068	0.076
	3 - 5	553.07		0.17	0.077	0.086
	4	620.94		0.19	0.086	0.096
9	1 - 7	270.97	3225.74	0.08	0.043	0.047
	2 - 6	478.36		0.15	0.080	0.089
	3 - 5	553.07		0.17	0.092	0.101
	4	620.94		0.19	0.101	0.113
8	1 - 7	270.97	3225.74	0.08	0.050	0.055
	2 - 6	478.36		0.15	0.093	0.104
	3 - 5	553.07		0.17	0.106	0.117
	4	620.94		0.19	0.118	0.131

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ^A	t ^G
7	1 - 7	270.97	3225.74	0.08	0.056	0.063
	2 - 6	478.36		0.15	0.105	0.117
	3 - 5	553.07		0.17	0.119	0.133
	4	620.94		0.19	0.133	0.149
6	1 - 7	270.97	3626.01	0.07	0.054	0.060
	2 - 6	540.13		0.15	0.115	0.128
	3 - 5	637.32		0.18	0.198	0.154
	4	729.17		0.20	0.154	0.171
5	1 - 7	270.97	3626.01	0.07	0.059	0.065
	2 - 6	540.13		0.15	0.126	0.140
	3 - 5	637.32		0.18	0.151	0.168
	4	729.17		0.20	0.168	0.187
4	1 - 7	270.97	3626.01	0.07	0.064	0.072
	2 - 6	540.13		0.15	0.138	0.153
	3 - 5	637.32		0.18	0.168	0.184
	4	729.17		0.20	0.184	0.205
3	1 - 7	270.97	3626.01	0.07	0.070	0.078
	2 - 6	540.13		0.15	0.150	0.167
	3 - 5	637.32		0.18	0.180	0.200
	4	729.17		0.20	0.200	0.222
2	1 - 7	270.97	3226.01	0.07	0.074	0.083
	2 - 6	540.13		0.15	0.158	0.178
	3 - 5	637.32		0.18	0.190	0.214
	4	729.17		0.20	0.211	0.238
1	1 - 7	712.95	8710.71	0.08	0.083	0.092
	2 - 6	1399.45		0.16	0.166	0.183
	3 - 5	1472.34		0.17	0.176	0.194
	4	1541.23		0.18	0.186	0.206

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σ a.K _p	t ^B	t ^C	t ^D
14	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.007	0.006	0.005
	2 - 6	371.13		0.15	0.012	0.010	0.009
	3 - 5	415.57		0.17	0.014	0.011	0.010
	4	451.58		0.18	0.015	0.012	0.010
13	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.013	0.010	0.09
	2 - 6	371.13		0.15	0.021	0.017	0.015
	3 - 5	415.57		0.17	0.024	0.020	0.018
	4	451.58		0.18	0.026	0.021	0.019
12	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.019	0.015	0.013
	2 - 6	371.13		0.15	0.031	0.025	0.022
	3 - 5	415.57		0.17	0.035	0.028	0.025
	4	451.58		0.18	0.037	0.030	0.027
11	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.026	0.021	0.019
	2 - 6	371.13		0.15	0.043	0.035	0.031
	3 - 5	415.57		0.17	0.049	0.039	0.035
	4	451.58		0.18	0.052	0.042	0.037
10	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.028	0.022	0.020
	2 - 6	478.36		0.15	0.052	0.042	0.038
	3 - 5	558.07		0.17	0.059	0.047	0.043
	4	620.94		0.19	0.066	0.053	0.048
9	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.033	0.026	0.023
	2 - 6	478.36		0.15	0.061	0.049	0.044
	3 - 5	558.07		0.17	0.069	0.056	0.050
	4	620.94		0.19	0.077	0.062	0.056
8	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.038	0.031	0.027
	2 - 6	478.36		0.15	0.071	0.057	0.051
	3 - 5	558.07		0.17	0.081	0.065	0.058
	4	620.94		0.19	0.090	0.073	0.065

Niv.	file	$a.K_p$	$\Sigma a.K_p$	$\frac{a.K_p}{\Sigma a.K_p}$	t^B	t^C	t^D
7	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.040	0.039	0.035
	2 - 6	478.36		0.15	0.081	0.065	0.058
	3 - 5	558.07		0.17	0.091	0.073	0.066
	4	620.94		0.19	0.102	0.082	0.074
6	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.047	0.038	0.034
	2 - 6	540.13		0.15	0.088	0.071	0.064
	3 - 5	637.32		0.17	0.100	0.081	0.072
	4	729.17		0.20	0.118	0.095	0.085
5	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.052	0.041	0.037
	2 - 6	540.13		0.15	0.097	0.078	0.070
	3 - 5	637.32		0.17	0.109	0.088	0.079
	4	729.17		0.20	0.129	0.104	0.093
4	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.056	0.045	0.041
	2 - 6	540.13		0.15	0.106	0.085	0.076
	3 - 5	637.32		0.17	0.120	0.096	0.086
	4	729.17		0.20	0.141	0.113	0.101
3	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.061	0.049	0.044
	2 - 6	540.13		0.15	0.115	0.092	0.083
	3 - 5	637.32		0.17	0.130	0.105	0.094
	4	729.17		0.20	0.153	0.123	0.110
2	1 - 7	289.74	3890.51	0.07	0.058	0.046	0.041
	2 - 6	574.10		0.15	0.124	0.099	0.088
	3 - 5	685.17		0.18	0.149	0.119	0.106
	4	792.49		0.20	0.165	0.132	0.118
1	1 - 7	1211.65	13719.09	0.09	0.084	0.063	0.055
	2 - 6	2193.09		0.16	0.149	0.113	0.098
	3 - 5	2276.40		0.17	0.158	0.120	0.104
	4	2356.88		0.17	0.158	0.120	0.104

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ^E	t ^F
7	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.037	0.047
	2 - 6	478.36		0.15	0.070	0.089
	3 - 5	553.07		0.17	0.079	0.101
	4	620.94		0.19	0.088	0.113
6	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.041	0.052
	2 - 6	540.13		0.15	0.072	0.098
	3 - 5	637.32		0.17	0.087	0.111
	4	729.17		0.20	0.102	0.130
5	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.045	0.057
	2 - 6	540.13		0.15	0.084	0.107
	3 - 5	637.32		0.17	0.095	0.121
	4	729.17		0.20	0.112	0.142
4	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.049	0.062
	2 - 6	540.13		0.15	0.092	0.117
	3 - 5	637.32		0.17	0.104	0.133
	4	729.17		0.20	0.122	0.156
3	1 - 7	289.74	3663.55	0.08	0.053	0.068
	2 - 6	540.13		0.15	0.100	0.127
	3 - 5	637.32		0.17	0.113	0.144
	4	729.17		0.20	0.133	0.169
2	1 - 7	289.74	3890.51	0.07	0.050	0.064
	2 - 6	574.10		0.15	0.107	0.137
	3 - 5	685.17		0.18	0.128	0.165
	4	792.49		0.20	0.142	0.183
1	1 - 7	1211.65	13719.16	0.09	0.070	0.094
	2 - 6	2193.09		0.16	0.124	0.168
	3 - 5	2276.40		0.17	0.132	0.178
	4	2356.86		0.17	0.132	0.178

Niv.	file	a.K _p	Σa.K _p	a.K _p /Σa.K _p	t ^E	t ^F
14	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.006	0.008
	2 - 6	371.131		0.15	0.011	0.013
	3 - 5	415.57		0.17	0.012	0.015
	4	451.58		0.18	0.013	0.016
13	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.011	0.014
	2 - 6	371.131		0.15	0.019	0.024
	3 - 5	415.57		0.17	0.021	0.027
	4	451.58		0.18	0.022	0.028
12	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.016	0.021
	2 - 6	371.131		0.15	0.027	0.035
	3 - 5	415.57		0.17	0.031	0.039
	4	451.58		0.18	0.032	0.041
11	1 - 7	232.86	2490.70	0.09	0.022	0.029
	2 - 6	371.131		0.15	0.037	0.048
	3 - 5	415.57		0.17	0.042	0.054
	4	451.58		0.18	0.045	0.057
10	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.024	0.031
	2 - 6	478.36		0.15	0.045	0.056
	3 - 5	553.07		0.17	0.051	0.065
	4	620.94		0.19	0.057	0.073
9	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.028	0.036
	2 - 6	478.36		0.15	0.053	0.068
	3 - 5	553.07		0.17	0.060	0.077
	4	620.94		0.19	0.067	0.086
8	1 - 7	270.97	3225.75	0.08	0.033	0.042
	2 - 6	478.36		0.15	0.062	0.079
	3 - 5	553.07		0.17	0.070	0.089
	4	620.94		0.19	0.078	0.100

ANNEXE 7

POSITION DES MOMENTS NULS DANS LES POTEAUX

Portiques A - A et G - G

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
14	1 - 7	0.30	1	0	1	0	"	0	0.30	1.12	2.62
	2 - 6	0.37	1	0	"	0	"	0	0.37	1.38	2.36
	3 - 5	0.38	1	0	"	0	"	0	0.38	1.42	2.32
	4	0.40	1	0	"	0	"	0	0.40	1.50	2.24
13	1 - 7	0.40	1	0	"	0	"	0	0.40	"	"
	2 - 6	0.42	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
	3 - 5	0.43	"	0	"	0	"	0	0.43	1.61	2.13
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
12	1 - 7	0.44	"	0	"	0	"	0	0.44	1.65	2.09
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
11	1 - 7	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
10	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
9	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	1.76	1.98
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
8	1 - 7	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"

A - A et G - G

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
7	1 - 7	0.55	1	0	1	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	3 - 5	0.50	1	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	1	0	"	0	"	0	"	"	"
6	1 - 7	0.55	1	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.55	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
5	1 - 7	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.55	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
4	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
3	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
2	1 - 7	0.60	"	0	"	0	"	0	0.60	2.24	1.50
	2 - 6	0.60	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	4	0.55	"	0	"	0	"	0	"	"	"
1	1 - 7	0.90	"	0	"	0	"	0	0.90	3.37	0.37
	2 - 6	0.90	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.80	"	0	"	0	"	0	0.80	2.99	0.75
	4	0.77	"	0	"	0	"	0	0.77	2.88	0.86

Portique D - D

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
7	1 - 7	0.55	1	0	1	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	3 - 5	0.50	1	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	1	0	"	0	"	0	"	"	"
6	1 - 7	0.45	1	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	2 - 6	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	3 - 5	0.42	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
5	1 - 7	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	3 - 5	0.42	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
4	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	2 - 6	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
3	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	0.50	"	0	"	0	"	0	"	"	"
2	1 - 7	0.76	"	0	"	0	"	0	0.76	2.84	0.90
	2 - 6	0.73	"	0	"	0	"	0	0.73	2.73	1.01
	3 - 5	0.65	"	0	"	0	"	0	0.65	2.43	1.31
	4	0.65	"	0	"	0	"	0	"	"	"
1	1 - 7	1.18	"	0	"	0	"	0	1.18	4.41	-0.67
	2 - 6	1.12	"	0	"	0	"	0	1.12	4.19	-0.45
	3 - 5	1.03	"	0	"	0	"	0	1.03	3.89	-0.11
	4	0.97	"	0	"	0	"	0	0.97	3.63	0.11

Portique longitudinal D - D

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
14	1 - 7	0.30	1	0	1	0	"	0	0.30	1.12	2.62
	2 - 6	0.37	1	0	"	0	"	0	0.37	1.38	2.36
	3 - 5	0.38	1	0	"	0	"	0	0.38	1.42	2.32
	4	0.40	1	0	"	0	"	0	0.40	1.50	2.24
13	1 - 7	0.40	1	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	0.42	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
	3 - 5	0.43	"	0	"	0	"	0	0.43	1.61	2.13
	4	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
12	1 - 7	0.43	"	0	"	0	"	0	0.43	1.61	2.13
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.45	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
11	1 - 7	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	2 - 6	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	3 - 5	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
10	1 - 7	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
9	1 - 7	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	3 - 5	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	4	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
8	1 - 7	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	2 - 6	0.500	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	3 - 5	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	4	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"

Portique 1 - 1 et 7 - 7

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
14	A - G	0.350	1	0	1	0	1	0	0.35	1.31	2.43
	B - F	0.398	1	0	"	0	"	0	0.39	1.46	2.28
	C - E	0.383	1	0	"	0	"	0	0.38	1.42	2.32
	D	0.368	1	0	"	0	"	0	0.36	1.35	2.39
13	A - G	0.400	1	0	"	0	"	0	0.40	1.50	2.24
	B - F	0.448	"	0	"	0	"	0	0.44	1.65	2.09
	C - E	0.433	"	0	"	0	"	0	0.43	1.61	2.13
	D	0.418	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
12	A - G	0.450	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	B - F	0.450	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	C - E	0.450	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	D	0.450	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
11	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	B - F	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	C - E	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	D	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
10	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	B - F	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	C - E	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	D	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
9	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	"
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	C - E	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	1.76	
	D	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	
8	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	"	
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	
	C - E	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	
	D	0.46	"	0	"	0	"	0	0.46	1.72	2.02

Portique 1 - 1 et 7 - 7

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
7	A - G	0.47	1	0	1	0	"	0	0.47	1.76	1.98
	B - F	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	C - E	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	D	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	"	"
6	A - G	0.47	1	0	"	0	"	0	0.47	1.76	1.98
	B - F	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	"	"
	C - E	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	"	"
	D	0.54	"	0	"	0	"	0	0.54	2.02	1.72
5	A - G	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	1.76	1.98
	B - F	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	"	"
	C - E	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	"	"
	D	0.54	"	0	"	0	"	0	0.54	2.02	1.72
4	A - G	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	C - E	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	D	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
3	A - G	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	C - E	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
	D	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	"	"
2	A - G	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
	B - F	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	"	"
	C - E	0.56	"	0	"	0	"	0	0.56	2.09	1.65
	D	0.59	"	0	"	0	"	0	0.59	2.21	1.53
1	A - G	0.78	"	0	"	0	"	0	0.78	2.92	0.82
	B - F	0.78	"	0	"	0	"	0	0.78	"	"
	C - E	0.82	"	0	"	0	"	0	0.82	3.07	0.67
	D	0.89	"	0	"	0	"	0	0.89	3.33	0.41

Portique transversal 4 - 4

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
14	A - G	0.35	1	0	1	0	1	0	0.35	1.31	2.43
	B - F	0.40	1	0	"	0	"	0	0.40	1.50	2.24
	C - E	0.38	1	0	"	0	"	0	0.38	1.42	2.32
	D	0.37	1	0	"	0	"	0	0.37	1.38	2.36
13	A - G	0.40	1	0	"	0	"	0	0.40	1.50	2.24
	B - F	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	C - E	0.43	"	0	"	0	"	0	0.43	1.61	2.13
	D	0.42	"	0	"	0	"	0	0.42	1.57	2.17
12	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	B - F	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
11	A - G	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	B - F	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
10	A - G	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	B - F	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
9	A - G	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	C - E	0.47	"	0	"	0	"	0	0.47	1.76	1.98
	D	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
8	A - G	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	B - F	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06

Portique 4 - 4

Niv	File	y_0	α_1	y_1	α_2	y_2	α_3	y_3	$\Sigma y=Y$	$z=Yh$	$h-z$
7	A - G	0.45	1	0	1	0	1	0	0.45	1.68	2.06
	B - F	0.50	1	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	C - E	"	1	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	1	0	"	0	"	0	"	"	"
6	A - G	0.45	1	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	B - F	0.46	"	0	"	0	"	0	0.46	1.72	2.02
	C - E	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	D	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
5	A - G	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	B - F	0.46	"	0	"	0	"	0	0.46	1.72	2.02
	C - E	0.45	"	0	"	0	"	0	0.45	1.68	2.06
	D	0.55	"	0	"	0	"	0	0.55	2.06	1.68
4	A - G	0.50	"	0	"	0	"	0	0.50	1.87	1.87
	B - F	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
3	A - G	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	B - F	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	C - E	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
	D	"	"	0	"	0	"	0	"	"	"
2	A - G	0.68	"	0	"	0	"	0	0.68	2.54	1.20
	B - F	0.65	"	0	"	0	"	0	0.65	2.43	1.31
	C - E	0.69	"	0	"	0	"	0	0.69	2.58	1.16
	D	0.73	"	0	"	0	"	0	0.73	2.73	1.01
1	A - G	1.01	"	0	"	0	"	0	1.01	3.78	-0.04
	B - F	0.97	"	0	"	0	"	0	0.97	3.63	0.11
	C - E	1.03	"	0	"	0	"	0	1.03	3.85	-0.11
	D	1.12	"	0	"	0	"	0	1.12	4.19	-0.45

ANNEXE 8

**MOMENTS EN TETE DES
POTEAUX**

Sens longitudinal

Portiques A - A et G - G

Niv	Pot	Msup 10 ⁻³	Minf 10 ⁻³	Niv	Pot	Msup	Minf
	1 - 7	15.72	6.72		1 - 7	57.12	70.04
14	2-6	23.60	13.80	7	2 - 6	121.59	121.55
	3 - 5	25.52	15.62		3 - 5	136.56	136.51
	4	26.88	18.00		4	153.34	153.34
	1 - 7	22.40	15.00		1 - 7	55.44	67.98
13	2-6	36.89	26.69	6	2 - 6	119.28	146.26
	3 - 5	40.47	30.59		3 - 5	175.10	142.80
	4	43.26	35.28		4	177.65	177.65
	1 - 7	31.35	24.75		1 - 7	60.48	74.16
12	2-6	51.50	42.00	5	2 - 6	131.04	160.68
	3 - 5	57.68	47.04		3 - 5	191.58	156.24
	4	61.80	50.40		4	192.61	192.61
	1 - 7	43.26	35.28		1 - 7	74.80	74.80
11	2-6	72.10	58.80	4	2 - 6	158.95	158.95
	3 - 5	80.34	65.52		3 - 5	190.74	190.74
	4	84.46	68.88		4	211.31	211.31
	1 - 7	41.14	41.14		1 - 7	80.41	80.41
10	2-6	86.52	70.56	3	2 - 6	172.04	172.04
	3 - 5	96.82	78.96		3 - 5	207.57	207.57
	4	65.92	53.76		4	230.01	230.01
	1 - 7	48.62	48.62		1 - 7	69.00	103.04
9	2 - 6	100.94	82.32	2	2 - 6	147.00	219.52
	3 - 5	110.88	98.56		3 - 5	198.24	243.08
	4	115.94	115.94		4	220.08	269.86
	1 - 7	50.40	61.80		1 - 7	19.98	181.98
8	2-6	117.42	95.76	1	2 - 6	39.59	360.59
	3 - 5	121.55	121.55		3 - 5	85.50	340.86
	4	134.64	134.64		4	104.06	348.48

Portiques D - D

Niv	Pot	Msup 10⁻³	Minf 10⁻³	Niv	Pot	Msup	Minf
	1 - 7	13.10	5.6		1 - 7	57.12	70.04
14	2-6	21.24	12.42	7	2 - 6	121.55	121.55
	3 - 5	23.20	14.20		3 - 5	136.51	136.51
	4	24.64	16.50		4	153.34	153.34
	1 - 7	20.16	13.50		1 - 7	78.28	63.84
13	2-6	34.72	25.12	6	2 - 6	119.28	146.26
	3 - 5	38.34	28.98		3 - 5	173.60	125.60
	4	24.72	20.16		4	195.70	159.60
	1 - 7	28.84	23.52		1 - 7	84.46	68.88
12	2-6	47.38	38.64	5	2 - 6	131.04	160.68
	3 - 5	53.56	43.68		3 - 5	190.96	138.16
	4	55.62	45.36		4	212.18	173.04
	1 - 7	39.14	31.92		1 - 7	84.15	84.15
11	2-6	63.86	52.08	4	2 - 6	158.95	158.95
	3 - 5	74.16	60.48		3 - 5	176.52	176.52
	4	78.28	63.84		4	211.31	211.31
	1 - 7	37.40	37.40		1 - 7	91.63	91.63
10	2-6	78.28	63.84	3	2 - 6	171.04	171.04
	3 - 5	88.58	72.24		3 - 5	194.48	194.48
	4	98.88	80.68		4	230.01	230.01
	1 - 7	40.32	49.44		1 - 7	41.40	130.64
9	2 - 6	92.7	75.6	2	2 - 6	98.98	267.54
	3 - 5	93.5	93.5		3 - 5	154.58	286.74
	4	104.72	104.72		4	171.61	318.33
	1 - 7	47.04	57.68		1 - 7	-40.20	264.6
8	2-6	97.24	97.24	1	2 - 6	-48.15	448.33
	3 - 5	110.33	110.33		3 - 5	-12.54	438.90
	4	123.42	123.42		4	12.54	413.82

Sens transversal

Portiques 1 - 1 et 7 - 7

Niv	Pot	Msup 10 ⁻³	Minf 10 ⁻³	Niv	Pot	Msup	Minf
	1 - 7	17.01	9.17		1 - 7	95.04	84.48
14	2-6	25.08	16.06	7	2 - 6	138.38	138.38
	3 - 5	23.20	14.20		3 - 5	121.55	121.55
	4	21.51	12.15		4	114.07	114.07
	1 - 7	29.12	19.50		1 - 7	104.94	93.28
13	2-6	41.80	33.00	6	2 - 6	160.38	142.56
	3 - 5	36.21	27.37		3 - 5	142.56	126.72
	4	34.72	25.12		4	115.24	135.34
	1 - 7	39.14	31.92		1 - 7	112.86	100.32
12	2-6	59.74	48.72	5	2 - 6	176.22	156.64
	3 - 5	51.50	42.00		3 - 5	154.44	137.28
	4	49.44	40.32		4	125.56	147.46
	1 - 7	53.56	43.68		1 - 7	117.81	117.81
11	2-6	82.40	67.20	4	2 - 6	181.39	181.39
	3 - 5	72.10	58.80		3 - 5	160.82	160.82
	4	67.98	55.44		4	149.60	149.60
	1 - 7	57.68	47.04		1 - 7	115.94	115.94
10	2-6	98.88	80.64	3	2 - 6	198.22	198.22
	3 - 5	92.70	75.60		3 - 5	187.00	187.00
	4	76.22	62.16		4	151.47	151.47
	1 - 7	67.98	55.44		1 - 7	110.88	135.96
9	2 - 6	104.72	104.72	2	2 - 6	188.16	230.72
	3 - 5	104.94	93.28		3 - 5	174.90	221.54
	4	88.58	72.24		4	131.58	190.06
	1 - 7	78.28	63.84		1 - 7	55.76	198.56
8	2-6	123.42	123.42	1	2 - 6	94.30	335.80
	3 - 5	115.94	115.94		3 - 5	72.36	331.56
	4	101.00	86.00		4	36.08	293.04

Portiques 4 - 4

Niv	Pot	Msup 10 ⁻³	Minf 10 ⁻³	Niv	Pot	Msup	Minf
	1 - 7	14.58	7.86		1 - 7	80.34	65.52
14	2-6	22.40	15.00	7	2 - 6	125.29	125.29
	3 - 5	20.88	12.78		3 - 5	117.81	117.81
	4	18.88	11.04		4	95.37	95.37
	1 - 7	24.64	16.50		1 - 7	88.58	72.24
13	2-6	37.08	30.24	6	2 - 6	155.54	132.44
	3 - 5	34.08	25.76		3 - 5	142.14	115.92
	4	32.55	23.55		4	94.08	115.36
	1 - 7	35.02	28.56		1 - 7	96.82	78.96
12	2-6	53.56	43.68	5	2 - 6	171.70	146.20
	3 - 5	47.38	38.64		3 - 5	154.50	126.00
	4	43.26	35.28		4	102.48	125.66
	1 - 7	47.38	38.64		1 - 7	95.37	95.37
11	2-6	74.16	60.48	4	2 - 6	173.91	173.91
	3 - 5	63.86	52.08		3 - 5	153.34	153.34
	4	59.74	48.72		4	125.29	125.29
	1 - 7	51.50	42.00		1 - 7	104.72	104.72
10	2-6	88.58	72.24	3	2 - 6	188.87	188.87
	3 - 5	82.40	67.20		3 - 5	166.43	166.43
	4	67.98	55.44		4	136.51	136.51
	1 - 7	61.80	50.40		1 - 7	64.80	137.16
9	2 - 6	93.50	93.50	2	2 - 6	132.31	245.43
	3 - 5	95.04	84.48		3 - 5	110.20	245.10
	4	80.34	65.52		4	77.77	210.21
	1 - 7	72.10	58.80		1 - 7	-2.24	211.68
8	2-6	110.33	110.33	1	2 - 6	11.55	381.15
	3 - 5	102.85	102.85		3 - 5	-10.89	381.15
	4	92.70	75.56		4	-41.85	389.67

ANNEXE 9

**MOMENTS AUX NOEUDS DANS
LES POUTRES**

Portiques transversaux 1-1 et 7-7

(MN.m)

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α1	α2
14	A		17.01	17.01	0.00	17.01	0	1
	B		25.08	25.08	12.54	12.54	0.500	0.500
	C		23.20	23.20	13.64	9.56	0.588	0.412
	D		21.51	21.51	10.76	10.76	0.500	0.500
13	A	9.17	29.12	38.29	0.00	38.29	0	1
	B	16.06	41.80	57.86	28.93	28.93	0.500	0.500
	C	14.20	36.21	50.41	29.64	20.77	0.588	0.412
	D	12.15	34.72	46.87	23.44	23.44	0.500	0.500
12	A	19.50	39.14	58.64	0.00	58.64	0	1
	B	33.00	59.74	92.74	46.37	46.37	0.500	0.500
	C	27.37	51.50	78.87	46.38	32.49	0.588	0.412
	D	25.12	49.44	74.56	37.28	37.28	0.500	0.500
11	A	31.92	53.56	85.48	0.00	85.48	0	1
	B	48.72	82.40	131.12	65.56	65.56	0.500	0.500
	C	42.00	72.10	114.10	67.09	47.01	0.588	0.412
	D	40.32	67.98	108.30	54.15	54.15	0.500	0.500
10	A	43.68	57.68	101.36	0.00	101.36	0	1
	B	67.20	98.88	166.08	83.04	83.04	0.500	0.500
	C	58.80	92.70	151.50	89.08	62.42	0.588	0.412
	D	55.44	76.22	131.66	65.83	65.83	0.500	0.500
9	A	47.04	67.98	115.02	0.00	115.02	0	1
	B	80.64	104.72	185.36	92.68	92.68	0.500	0.500
	C	75.60	104.94	180.54	106.16	74.38	0.588	0.412
	D	62.16	88.58	150.74	75.37	75.37	0.500	0.500
8	A	55.44	78.28	133.72	0.00	133.72	0	1
	B	104.72	123.42	228.14	114.07	114.07	0.500	0.500
	C	93.28	115.94	209.22	132.02	86.20	0.588	0.412
	D	72.24	101.00	173.24	86.62	86.62	0.500	0.500

10⁻³ MN.m

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α1	α2
7	A	63.84	95.04	158.88	0	158.88	0	1
	B	123.42	138.38	261.80	130.90	130.90	0.500	0.500
	C	115.94	121.55	237.49	139.64	97.85	0.588	0.412
	D	86.00	114.07	200.07	100.04	100.04	0.500	0.500
6	A	84.48	104.94	189.42	0	189.42	0	1
	B	138.38	160.38	298.76	149.38	149.38	0.500	0.500
	C	212.59	142.56	264.11	155.30	108.81	0.588	0.412
	D	114.07	115.24	229.31	114.66	114.66	0.500	0.500
5	A	93.28	112.86	206.14	0	206.14	0	1
	B	142.56	176.22	318.78	159.39	159.39	0.500	0.500
	C	126.72	154.44	281.16	165.32	115.84	0.588	0.412
	D	135.34	125.56	260.90	130.45	130.45	0.500	0.500
4	A	100.32	117.81	218.13	0	218.13	0	1
	B	156.64	191.39	338.03	169.02	169.02	0.500	0.500
	C	137.28	160.82	298.10	175.28	122.82	0.588	0.412
	D	147.46	149.60	297.06	148.53	148.53	0.500	0.500
3	A	117.81	115.94	233.75	0	233.75	0	1
	B	181.39	198.22	379.61	189.81	189.81	0.500	0.500
	C	160.82	187.00	347.82	204.52	143.30	0.588	0.412
	D	149.60	151.47	301.07	150.54	150.54	0.500	0.500
2	A	115.94	110.88	226.82	0	226.82	0	1
	B	198.22	188.16	386.38	193.19	193.19	0.500	0.500
	C	187.00	174.90	361.90	212.80	149.10	0.588	0.412
	D	151.47	131.58	283.05	141.53	141.53	0.500	0.500
1	A	135.96	55.76	191.72	0	191.72	0	1
	B	230.72	94.30	325.02	162.51	162.51	0.500	0.500
	C	221.54	72.36	293.90	172.81	212.09	0.588	0.412
	D	190.06	36.08	226.14	113.07	113.07	0.500	0.500

Portique 4-4 (10⁻³ MN.m)

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α1	α2
14	A		14.58	14.58	0	14.58	0	1
	B		22.40	22.40	11.20	11.20	0.500	0.500
	C		20.88	20.88	12.277	8.602	0.588	0.412
	D		18.88	18.88	9.44	9.44	0.500	0.500
13	A	7.86	24.64	32.50	0	32.50	0	1
	B	15.00	37.08	52.08	26.04	26.04	0.500	0.500
	C	12.78	34.08	46.86	27.55	19.31	0.588	0.412
	D	11.04	32.55	43.59	21.80	21.80	0.500	0.500
12	A	16.50	35.02	51.52	0	51.52	0	1
	B	30.24	53.56	83.80	41.90	41.90	0.500	0.500
	C	25.76	47.38	73.14	43.01	30.13	0.588	0.412
	D	23.55	43.26	66.81	33.41	33.41	0.500	0.500
11	A	28.56	47.38	75.94	0	75.94	0	1
	B	43.68	74.16	117.84	58.92	58.92	0.500	0.500
	C	38.64	63.86	102.50	60.27	42.23	0.588	0.412
	D	35.28	59.74	95.02	47.51	47.51	0.500	0.500
10	A	38.64	51.50	90.14	0	90.14	0	1
	B	60.48	88.58	149.06	74.53	74.53	0.500	0.500
	C	52.08	82.40	134.48	79.07	55.41	0.588	0.412
	D	48.72	67.98	116.70	58.35	58.35	0.500	0.500
9	A	42.00	61.80	103.80	0	103.80	0	1
	B	72.24	93.50	165.74	82.87	82.87	0.500	0.500
	C	67.20	95.04	162.24	95.40	66.84	0.588	0.412
	D	55.44	80.34	135.78	67.89	67.89	0.500	0.500
8	A	50.40	72.10	122.50	0	122.50	0	1
	B	93.50	110.33	203.83	101.92	101.92	0.500	0.500
	C	84.48	102.85	187.33	110.15	77.18	0.588	0.412
	D	65.52	92.70	158.22	79.11	79.11	0.500	0.500

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α_1	α_2
7	A	58.80	80.34	139.14	0	139.14	0	1
	B	110.33	125.29	235.62	117.81	117.81	0.500	0.500
	C	102.85	117.81	220.66	129.75	90.91	0.588	0.412
	D	75.56	95.37	170.93	85.47	85.47	0.500	0.500
6	A	65.52	88.58	154.10	0	154.10	0	1
	B	125.29	155.54	280.83	140.42	140.42	0.500	0.500
	C	117.81	142.14	259.95	152.85	107.10	0.588	0.412
	D	95.37	94.08	189.45	94.73	94.73	0.500	0.500
5	A	72.24	96.82	169.06	0	169.06	0	1
	B	132.44	171.70	304.14	152.07	152.07	0.500	0.500
	C	115.92	154.50	270.42	159.01	111.41	0.588	0.412
	D	115.36	102.48	217.84	108.92	108.92	0.500	0.500
4	A	78.96	95.37	174.33	0	174.33	0	1
	B	146.20	173.91	320.11	160.06	160.06	0.500	0.500
	C	126.00	153.34	279.34	164.25	115.09	0.588	0.412
	D	125.66	125.29	250.95	125.48	125.48	0.500	0.500
3	A	95.37	104.72	200.09	0	200.09	0	1
	B	173.91	188.87	362.78	181.39	181.39	0.500	0.500
	C	153.34	166.43	319.68	187.97	131.71	0.588	0.412
	D	125.29	136.51	361.80	180.90	180.90	0.500	0.500
2	A	104.72	64.80	169.52	0	169.52	0	1
	B	188.87	132.31	321.18	160.59	160.59	0.500	0.500
	C	166.43	110.20	276.63	162.66	113.97	0.588	0.412
	D	136.51	77.77	214.28	107.14	107.14	0.500	0.500
1	A	137.16	-2.24	134.92	0	134.92	0	1
	B	245.43	11.55	256.98	128.49	84.18	0.500	0.500
	C	245.10	-10.89	234.21	137.72	96.49	0.588	0.412
	D	210.21	-41.89	168.36	84.18	84.18	0.500	0.500

Sens longitudinal port DD

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	$\alpha 1$	$\alpha 2$
14	1		13.10	13.10	0	13.10	0	1
	2		21.24	21.24	11.60	11.60	0.500	0.500
	3		23.20	23.20	13.64	9.56	0.588	0.412
	4		24.64	24.64	12.32	12.32	0.500	0.500
13	1	5.6	20.16	25.76	0	25.76	0	1
	2	12.42	34.72	47.14	23.57	23.57	0.500	0.500
	3	14.20	38.34	52.54	30.89	21.65	0.588	0.412
	4	16.50	24.72	41.22	20.61	20.61	0.500	0.500
12	1	13.50	28.84	42.34	0	42.34	0	1
	2	25.12	47.38	72.50	36.25	36.25	0.500	0.500
	3	28.98	53.56	82.54	48.53	34.01	0.588	0.412
	4	20.16	55.62	75.78	37.89	37.89	0.500	0.500
11	1	23.52	39.14	62.66	0	62.66	0	1
	2	38.64	63.86	102.50	52.25	52.25	0.500	0.500
	3	43.68	74.16	117.86	69.29	48.55	0.588	0.412
	4	45.36	78.28	123.64	61.82	61.82	0.500	0.500
10	1	31.92	37.40	69.32	0	69.32	0	1
	2	52.08	78.28	130.36	65.18	65.18	0.500	0.500
	3	60.48	88.58	149.06	87.65	61.41	0.588	0.412
	4	63.84	98.88	162.72	81.36	81.36	0.500	0.500
9	1	37.40	40.32	77.72	0	77.72	0	1
	2	63.84	92.7	156.54	78.27	78.27	0.500	0.500
	3	72.24	93.5	165.74	97.46	68.28	0.588	0.412
	4	80.64	104.72	185.36	92.68	92.68	0.500	0.500
8	1	49.44	47.04	96.48	0	96.48	0	1
	2	75.6	97.24	172.84	86.42	86.42	0.500	0.500
	3	93.5	110.33	203.83	119.85	83.98	0.588	0.412
	4	104.72	123.42	228.14	114.07	114.07	0.500	0.500

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	$\alpha 1$	$\alpha 2$
7	1	57.68	57.12	114.80	0	114.80	0	1
	2	97.24	121.55	218.79	109.40	109.40	0.500	0.500
	3	110.33	136.51	246.84	145.14	101.70	0.588	0.412
	4	123.42	153.34	276.76	138.38	138.38	0.500	0.500
6	1	70.04	78.28	148.32	0	148.32	0	1
	2	121.55	119.28	240.83	120.42	120.42	0.500	0.500
	3	136.51	173.60	310.11	182.34	127.77	0.588	0.412
	4	153.34	195.70	349.04	174.52	174.52	0.500	0.500
5	1	63.84	84.46	148.30	0	148.30	0	1
	2	146.26	131.04	277.30	138.65	138.69	0.500	0.500
	3	125.60	190.96	316.56	186.14	130.42	0.588	0.412
	4	159.60	212.18	371.78	185.89	185.89	0.500	0.500
4	1	68.88	84.15	153.03	0	153.03	0	1
	2	160.88	158.95	319.63	159.82	159.82	0.500	0.500
	3	138.16	176.52	314.68	185.03	129.65	0.588	0.412
	4	173.04	211.31	384.35	192.18	192.18	0.500	0.500
3	1	84.15	91.63	175.78	0	175.78	0	1
	2	158.95	171.04	329.99	165.00	165.00	0.500	0.500
	3	176.52	194.48	371.00	218.15	152.85	0.588	0.412
	4	211.31	230.01	441.32	220.66	220.66	0.500	0.500
2	1	91.63	41.40	133.03	0	133.03	0	1
	2	171.04	98.98	270.02	135.01	135.01	0.500	0.500
	3	194.48	154.58	349.06	205.25	143.81	0.588	0.412
	4	230.01	171.61	401.62	200.81	200.81	0.500	0.500
1	1	130.64	-40.20	90.44	0	90.44	0	1
	2	267.54	-48.15	219.39	109.70	109.70	0.500	0.500
	3	286.74	-12.54	274.20	161.23	112.97	0.588	0.412
	4	318.33	12.54	330.87	165.44	165.44	0.500	0.500

Portiques longitudinaux A-A et G-G

Niv.	Noeud	Ma.10⁻³	Mb.10⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α1	α2
14	1		15.72	15.72	0	15.72	0	1
	2		23.60	23.60	11.80	11.80	0.500	0.500
	3		25.52	25.52	15.01	10.51	0.588	0.412
	4		26.88	26.88	13.44	13.44	0.500	0.500
13	1	6.72	22.40	29.12	0	29.12	0	1
	2	13.80	36.89	50.69	25.35	25.35	0.500	0.500
	3	15.62	40.47	56.09	32.98	23.11	0.588	0.412
	4	18.00	43.26	61.26	30.63	30.63	0.500	0.500
12	1	15.00	31.35	46.35	0	46.35	0	1
	2	26.69	51.50	78.19	39.10	39.10	0.500	0.500
	3	30.59	57.68	88.27	51.90	36.37	0.588	0.412
	4	35.22	61.80	97.02	48.51	48.51	0.500	0.500
11	1	24.75	43.26	68.01	0	68.01	0	1
	2	42.00	72.10	114.10	57.05	57.05	0.500	0.500
	3	47.04	80.34	127.38	74.90	52.48	0.588	0.412
	4	50.40	84.46	134.86	67.43	67.43	0.500	0.500
10	1	35.28	41.14	76.42	0	76.42	0	1
	2	58.80	86.52	145.32	72.66	72.66	0.500	0.500
	3	65.52	96.82	162.34	81.17	81.17	0.588	0.412
	4	68.88	65.92	134.80	79.26	55.54	0.500	0.500
9	1	41.14	48.62	89.76	0	89.76	0	1
	2	70.56	100.94	171.50	85.75	85.75	0.500	0.500
	3	78.96	110.88	189.84	111.63	78.21	0.588	0.412
	4	53.76	115.94	169.70	84.85	84.85	0.500	0.500
8	1	48.62	50.40	99.02	0	99.02	0	1
	2	82.32	117.42	199.74	99.87	99.87	0.500	0.500
	3	98.56	121.55	220.11	129.42	90.69	0.588	0.412
	4	115.94	134.64	250.58	125.29	125.29	0.500	0.500

Niv.	Noeud	Ma.10 ⁻³	Mb.10 ⁻³	(Ma+Mb)	M1	M2	α_1	α_2
7	1	61.80	57.12	118.92	0	118.92	0	1
	2	95.76	121.55	217.31	108.66	108.66	0.500	0.500
	3	121.55	136.56	258.11	151.77	106.34	0.588	0.412
	4	134.64	153.34	287.98	143.99	143.99	0.500	0.500
6	1	70.04	55.44	125.48	0	125.48	0	1
	2	121.55	119.28	240.83	120.42	120.42	0.500	0.500
	3	136.51	175.10	311.61	183.23	128.38	0.588	0.412
	4	153.34	177.65	330.99	165.50	165.50	0.500	0.500
5	1	67.98	60.48	128.46	0	128.46	0	1
	2	146.26	131.04	277.30	138.65	138.65	0.500	0.500
	3	142.80	191.58	334.38	196.62	137.76	0.588	0.412
	4	177.65	192.61	370.26	185.13	185.13	0.500	0.500
4	1	74.16	74.80	148.96	0	148.96	0	1
	2	160.68	158.95	319.63	159.82	159.82	0.500	0.500
	3	156.24	190.74	346.98	204.02	142.96	0.588	0.412
	4	192.61	211.31	403.92	201.96	201.96	0.500	0.500
3	1	74.80	80.41	135.21	0	135.21	0	1
	2	158.95	172.04	330.99	165.50	165.50	0.500	0.500
	3	190.74	207.57	398.31	234.21	164.10	0.588	0.412
	4	211.31	230.01	441.32	220.66	220.66	0.500	0.500
2	1	80.41	69.00	149.41	0	149.41	0	1
	2	172.04	147.00	319.04	159.52	159.52	0.500	0.500
	3	207.57	198.24	405.81	238.62	167.19	0.588	0.412
	4	230.01	220.08	450.09	225.05	225.05	0.500	0.500
1	1	103.04	19.98	123.02	0	123.02	0	1
	2	219.52	39.59	259.11	129.56	129.56	0.500	0.500
	3	243.08	85.50	328.58	193.21	135.37	0.588	0.412
	4	269.86	104.06	373.92	186.96	186.96	0.500	0.500

ANNEXE 10

MOMENTS EN TRAVEE, EFFORTS TRANCHANTS DANS LES POUTRES

Portiques traversaux 1-1 et 7-7

Sous G									
N	Travée	L	g	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
14	A-B	3,5	0.026	0.004	0,007	0,040	0,039	-0,045	0,046
	B-C	3,5	0.026	0.007	0,011	0,038	0,038	-0,044	0,047
	C-D	5	0.026	0.011	0,011	0,081	0,081	-0,065	0,065
13	A-B	3,5	0,022	0,005	0,006	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,007	0,034	0,034	-0,038	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055
12	A-B	3,5	"	0,004	0,006	0,034	0,033	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,007	0,034	0,034	-0,038	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055
11	A-B	3,5	"	0,004	0,006	0,034	0,033	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,007	0,034	0,034	-0,038	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055
10	A-B	3,5	"	0,006	0,006	0,034	0,034	-0,039	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,007	0,034	0,034	-0,038	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055
09	A-B	3,5	"	0,005	0,006	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,006	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055
08	A-B	3,5	"	0,005	0,006	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,006	0,006	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,009	0,009	0,069	0,069	-0,055	0,055

Sous G									
N	Travée	L	g	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
07	A-B	3,5	0.022	0.005	0,006	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0.006	0,006	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0.008	0,009	0,069	0,069	-0,022	0,055
06	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,008	0,009	0,069	0,069	-0,022	0,055
05	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,008	0,009	0,069	0,069	-0,022	0,055
04	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	C-D	5	"	0,008	0,009	0,069	0,069	-0,022	0,055
03	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,008	0,009	0,069	0,069	-0,022	0,055
02	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,007	0,008	0,069	0,069	-0,022	0,055
01	A-B	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,038	0,039
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,039	0,039
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,034	0,034	-0,022	0,055

Portiques transversaux 1-1 et 7-7

Sous Q									
N	Travée	L	q	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
14	A-B	3,5	0,005	0,001	0,001	0,008	0,008	-0,009	0,009
	B-C	3,5	"	0,001	0,001	0,008	0,008	-0,009	0,009
	C-D	5	"	0,002	0,002	0,016	0,016	-0,013	0,013
13	A-B	3,5	0,012	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
12	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
11	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
10	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
09	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,030
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
08	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030

			Sous Q						
N	Travée	L	q	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
07	A-B	3,5	0,012	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,030
06	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,030
05	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,030
04	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,030
03	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,030
02	A-B	3,5	0,02	0,004	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,006	0,006	0,063	0,063	-0,012	0,030
01	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,006	0,006	0,063	0,063	-0,012	0,030

Portiques 2-2

			Sous G						
N	Travée	L	g	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
14	A-B	3,5	0.049	0.008	0,014	0,075	0,072	-0,084	0,087
	B-C	3,5	"	0.014	0,016	0,075	0,074	-0,085	0,086
	C-D	5	"	0.019	0,021	0,153	0,152	-0,049	0,123
13	A-B	3,5	0,041	0,009	0,012	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,012	0,013	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,018	0,128	0,128	-0,041	0,103
12	A-B	3,5	"	0,009	0,012	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,012	0,013	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,018	0,128	0,128	-0,041	0,103
11	A-B	3,5	"	0,009	0,012	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,012	0,013	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,018	0,128	0,128	-0,041	0,103
10	A-B	3,5	"	0,009	0,018	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,018	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,016	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
09	A-B	3,5	"	0,009	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,016	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,012	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
08	A-B	3,5	"	0,009	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,016	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103

Sous G									
N	Travée	L	q	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
07	A-B	3,5	0,041	0,009	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,016	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
06	A-B	3,5	"	0,010	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,016	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
05	A-B	3,5	"	0,010	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,016	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
04	A-B	3,5	"	0,010	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
03	A-B	3,5	"	0,010	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,012	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,017	0,017	0,128	0,128	-0,041	0,103
02	A-B	3,5	"	0,010	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,011	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,015	0,016	0,128	0,128	-0,041	0,103
01	A-B	3,5	"	0,011	0,011	0,063	0,062	-0,071	0,072
	B-C	3,5	"	0,011	0,011	0,063	0,063	-0,071	0,072
	C-D	5	"	0,015	0,016	0,128	0,128	-0,041	0,103

Portiques 2-2

Sous Q									
N	Travée	L	q	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
14	A-B	3,5	0,005	0,001	0,001	0,008	0,008	-0,009	0,009
	B-C	3,5	"	0,001	0,001	0,008	0,008	-0,009	0,009
	C-D	5	"	0,002	0,002	0,016	0,016	-0,013	0,013
13	A-B	3,5	0,012	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
12	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
11	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
10	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
09	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,030	0,030
08	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,018	0,038	-0,030	0,030

Sous Q									
N	Travée	L	q	Mw	Me	Mo	Mt	Tw	Te
07	A-B	3,5	0,012	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,012
06	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,012
05	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,012
04	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,012
03	A-B	3,5	"	0,002	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,003	0,003	0,018	0,018	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,005	0,005	0,038	0,038	-0,012	0,012
02	A-B	3,5	0,02	0,004	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,006	0,006	0,063	0,063	-0,012	0,012
01	A-B	3,5	"	0,004	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	B-C	3,5	"	0,005	0,005	0,031	0,031	-0,021	0,021
	C-D	5	"	0,006	0,006	0,063	0,063	-0,012	0,012

ANNEXE 11

EFFORTS NORMAUX DANS LES POTEAUX

**PRATIQUES TRANSVERSAUX 1 -1 ET 7-7
10-3 MN**

NIV	Pot	Te	TW	N	N cum
14	A	-8,44	...../.....	- 8,44	- 8,44
	B	-7,48	- 8,44	0,96	0,96
	C	-4,06	- 7,48	3,42	3,42
	D	-4,06	- 4,06	0,00	0,00
13	A	- 19,21	...../.....	- 19,21	- 27,65
	B	- 16,73	- 19,21	2,48	3,44
	C	- 8,84	- 16,73	7,89	11,31
	D	- 8,84	- 8,84	0,00	0,00
12	A	- 30,00	...../.....	- 30,00	- 57,65
	B	- 26,50	- 30,00	3,50	6,94
	C	- 13,95	- 26,50	12,55	23,86
	D	- 13,95	- 13,95	0,00	0,00
11	A	- 43,15	...../.....	- 43,15	- 100,80
	B	- 37,90	- 43,15	5,25	12,19
	C	- 20,23	- 37,90	17,67	41,53
	D	- 20,23	- 20,23	0,00	0,00
10	A	- 52,69	...../.....	- 52,69	- 153,49
	B	- 49,18	- 52,69	3,51	15,70
	C	- 25,65	- 49,18	23,53	65,06
	D	- 25,65	- 25,65	0,00	0,00
9	A	- 59,34	...../.....	- 59,34	-212,83
	B	- 56,81	- 59,34	2,53	18,23
	C	- 29,95	- 56,81	26,86	91,92
	D	- 29,95	- 29,95	0,00	0,00
8	A	- 70,80	...../.....	- 70,80	- 283,63
	B	- 67,74	- 70,80	3,06	21,29
	C	- 34,56	- 67,74	33,18	125,10
	D	- 34,56	- 34,56	0,00	0,00

1-1 ET 7-7

10-3 MN

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
7	A	- 82,79	.../...	-82,79	- 366,42
	B	- 77,30	- 82,79	5,49	26,78
	C	- 39,58	- 77,30	37,72	162,82
	D	- 39,58	- 39,58	0,00	0,00
6	A	- 96,80	.../...	96,80	- 463,22
	B	- 87,05	- 96,80	9,75	36,53
	C	- 44,69	- 87,05	42,36	205,57
	D	- 44,69	- 44,69	0,00	0,00
5	A	-104,44	.../...	-104,44	- 567,66
	B	- 92,77	- 96,80	11,67	48,2
	C	- 49,26	- 87,05	43,51	249,08
	D	- 49,26	- 44,69	0,00	0,00
4	A	-110,61	.../...	-110,61	- 678,27
	B	- 63,37	-104,44	14,24	62,44
	C	- 54,27	- 96,37	42,10	291,18
	D	- 54,27	- 54,27	0,00	0,00
3	A	-121,02	.../...	-121,02	- 799,29
	B	-112,67	-121,02	8,35	70,79
	C	- 58,77	-112,67	53,90	345,08
	D	- 58,77	- 58,77	0,00	0,00
2	A	-120,00	.../...	120,00	919,29
	B	-116,00	-120,00	4,00	74,79
	C	- 58,13	-116,00	57,87	402,95
	D	- 58,13	- 58,13	0,00	0,00
1	A	-101,21	.../...	-101,21	1020,5
	B	- 95,81	-101,21	5,40	80,19
	C	- 46,83	- 95,81	48,98	451,93
	D	- 46,83	- 46,83	0,00	0,00

PRATIQUE 2-2

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
14	A	- 7,37	...../.....	- 7,37	- 7,37
	B	- 6,71	- 7,37	0,66	0,66
	C	- 3,61	- 6,71	3,10	3,10
	D	- 3,61	- 3,61	0,00	0,00
13	A	- 16,73	...../.....	- 16,73	- 24,10
	B	- 15,31	- 16,73	1,42	2,08
	C	- 8,22	- 15,31	7,09	10,19
	D	- 8,22	- 8,22	0,00	0,00
12	A	- 26,69	...../.....	- 26,69	- 50,79
	B	- 24,26	- 26,69	2,43	2,51
	C	- 12,71	- 24,26	11,55	21,74
	D	- 12,71	- 12,71	0,00	0,00
11	A	- 38,53	...../.....	- 38,53	- 89,32
	B	- 34,05	- 38,53	4,48	8,99
	C	- 17,95	- 34,05	16,10	37,84
	D	- 17,95	- 17,95	0,00	0,00
10	A	- 47,05	...../.....	- 47,05	- 136,37
	B	- 43,89	- 47,05	3,16	12,15
	C	- 26,51	- 43,89	17,38	55,22
	D	- 26,51	- 26,51	0,00	0,00
9	A	- 53,33	...../.....	- 53,33	- 189,70
	B	- 50,93	- 53,33	2,40	14,55
	C	- 26,95	- 50,93	23,98	55,22
	D	- 26,95	- 26,95	0,00	0,00
8	A	- 64,12	...../.....	- 64,12	- 253,82
	B	- 60,59	- 64,12	3,53	18,08
	C	- 31,26	- 60,59	29,33	84,55
	D	- 31,26	- 31,26	0,00	0,00

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
7	A	- 73,41	.../...	-73,41	- 327,23
	B	- 70,73	- 73,41	2,68	20,76
	C	- 35,28	- 70,73	35,45	120,0
	D	- 35,28	- 35,28	0,00	0,00
6	A	- 84,15	.../...	-84,15	- 411,38
	B	- 83,79	- 84,15	0,36	21,12
	C	- 40,37	- 83,79	43,42	163,42
	D	- 40,37	- 40,37	0,00	0,00
5	A	- 91,75	.../...	-91,75	- 503,13
	B	- 88,88	- 91,75	2,87	23,99
	C	- 44,07	- 88,88	44,81	208,23
	D	- 44,07	- 44,07	0,00	0,00
4	A	- 95,54	.../...	-95,54	- 598,67
	B	- 92,66	- 95,54	2,88	26,87
	C	- 48,11	- 92,66	44,55	252,78
	D	- 48,11	- 48,11	0,00	0,00
3	A	-108,99	.../...	-108,99	- 707,66
	B	-105,53	-108,99	3,46	30,33
	C	- 62,52	-105,53	43,01	295,79
	D	- 62,52	- 62,52	0,00	0,00
2	A	- 94,32	.../...	-94,32	- 801,98
	B	- 92,36	- 94,32	1,96	32,29
	C	- 44,22	- 92,36	48,14	343,93
	D	- 44,00	- 44,22	0,00	0,00
1	A	- 75,26	.../...	-75,26	- 877,24
	B	- 63,39	- 75,26	11,87	44,16
	C	- 36,13	- 63,39	27,26	371,19
	D	- 36,13	- 36,13	0,00	0,00

PORTIQUES LONGITUDINAUX A-A ET G-G

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
14	A	- 5,50	...../.....	- 5,50	- 5,50
	B	- 5,36	- 5,50	- 0,14	+ 0,14
	C	- 6,84	- 5,36	- 1,48	- 1,48
	D	- 6,84	- 6,84	0,00	0,00
13	A	- 10,89	...../.....	- 10,89	- 16,39
	B	- 11,67	- 10,89	- 0,78	- 0,64
	C	- 15,35	- 11,67	- 3,68	- 5,16
	D	- 15,35	- 15,35	0,00	0,00
12	A	- 17,09	...../.....	- 17,09	- 33,48
	B	- 18,20	- 17,09	- 1,11	- 1,75
	C	- 24,25	- 18,20	- 6,05	- 11,21
	D	- 24,25	- 24,25	0,00	0,00
11	A	- 25,01	...../.....	- 25,01	- 58,49
	B	- 26,39	- 25,01	- 1,38	- 3,13
	C	- 34,26	- 26,39	- 7,87	- 19,08
	D	- 34,26	- 34,26	0,00	0,00
10	A	- 29,82	...../.....	- 29,82	- 88,31
	B	- 30,77	- 29,82	- 0,95	- 4,08
	C	- 45,84	- 30,77	- 15,07	- 34,15
	D	- 45,84	- 45,84	0,00	0,00
9	A	- 35,10	...../.....	- 35,10	- 123,41
	B	- 39,48	- 35,10	- 4,38	- 8,46
	C	- 46,59	- 39,48	- 7,19	- 41,34
	D	- 46,59	- 46,59	0,00	0,00
8	A	- 39,78	...../.....	- 39,78	- 163,19
	B	- 45,86	- 39,78	- 6,08	- 14,54
	C	- 61,71	- 45,86	- 15,85	- 57,19
	D	- 61,71	- 61,71	0,00	0,00

A-A ET G-G

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
7	A	- 45,52	.../...	-45,52	- 208,71
	B	- 52,09	- 45,52	- 6,57	- 21,11
	C	- 71,52	- 52,09	-19,43	- 76,62
	D	- 71,52	- 71,52	0,00	0,00
6	A	- 49,18	.../...	-49,18	- 257,89
	B	- 60,73	- 49,18	-11,55	- 32,66
	C	- 83,97	- 60,73	-23,24	- 99,86
	D	- 83,97	- 83,97	0,00	0,00
5	A	- 53,52	.../...	-53,42	- 311,31
	B	- 67,05	- 53,42	-13,62	- 46,28
	C	- 92,25	- 67,05	-25,20	- 125,06
	D	- 92,25	- 92,25	0,00	0,00
4	A	- 61,76	.../...	-61,76	- 373,07
	B	- 72,77	- 61,76	-11,01	- 57,29
	C	- 98,55	- 72,77	-25,78	- 150,84
	D	- 98,55	- 98,55	0,00	0,00
3	A	- 60,17	.../...	-60,17	- 433,24
	B	- 79,94	- 60,17	-19,77	- 77,06
	C	-109,93	- 79,94	-29,99	- 180,83
	D	-109,93	-109,93	0,00	0,00
2	A	- 61,79	.../...	-61,79	- 495,03
	B	- 79,63	- 61,79	-17,84	- 94,90
	C	-112,07	- 79,63	-32,44	- 213,27
	D	-112,07	-112,07	0,00	0,00
1	A	- 50,52	.../...	-50,52	- 545,55
	B	- 64,55	- 50,52	-14,03	- 108,93
	C	- 92,09	- 64,55	-27,54	- 240,81
	D	- 92,09	- 92,09	0,00	0,00

PORTIQUE B-B

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
14	A	- 4,94	...../.....	- 4,94	- 4,94
	B	- 5,05	- 4,94	- 0,11	- 0,11
	C	- 6,25	- 5,05	- 1,20	- 1,20
	D	- 6,25	- 6,25	0,00	0,00
13	A	- 9,87	...../.....	- 9,87	- 14,81
	B	- 10,73	- 9,87	- 0,86	- 0,97
	C	- 12,07	- 10,73	- 1,34	- 2,54
	D	- 12,07	- 12,07	0,00	0,00
12	A	- 15,72	...../.....	- 15,72	- 30,53
	B	- 16,96	- 15,72	- 1,24	- 2,21
	C	- 20,54	- 16,96	- 3,56	- 6,12
	D	- 20,54	- 20,54	0,00	0,00
11	A	- 22,98	...../.....	- 22,98	- 53,51
	B	- 24,31	- 22,98	- 1,33	- 3,54
	C	- 31,53	- 24,31	- 7,22	- 13,34
	D	- 31,53	- 31,53	0,00	0,00
10	A	- 26,90	...../.....	- 26,90	- 80,41
	B	- 30,57	- 26,90	- 3,67	- 7,21
	C	- 40,79	- 30,57	- 10,22	- 23,56
	D	- 40,79	- 40,79	0,00	0,00
9	A	- 31,20	...../.....	- 31,20	- 111,61
	B	- 35,15	- 31,20	- 3,95	- 11,16
	C	- 45,99	- 35,15	- 10,84	- 34,40
	D	- 45,99	- 45,99	0,00	0,00
8	A	- 36,58	...../.....	- 36,58	- 148,19
	B	- 41,25	- 36,58	- 4,67	- 15,83
	C	- 56,59	- 41,25	- 15,34	- 49,74
	D	- 56,59	- 56,59	0,00	0,00

B - B

NIV	Pot	Te	Tw	N	N cum
7	A	- 44,84	.../...	-44,84	- 193,03
	B	- 50,91	- 44,84	- 6,07	- 21,90
	C	- 68,59	- 50,91	-17,68	- 67,42
	D	- 68,59	- 68,59	0,00	0,00
6	A	- 53,75	.../...	-53,75	- 246,78
	B	- 60,55	- 53,75	- 6,80	- 28,7
	C	- 86,37	- 60,55	-25,82	- 93,24
	D	- 86,37	- 86,37	0,00	0,00
5	A	- 57,39	.../...	-57,39	- 304,17
	B	- 64,96	- 57,39	- 7,57	- 36,27
	C	- 90,37	- 64,96	-25,41	- 118,65
	D	- 90,37	- 90,37	0,00	0,00
4	A	- 62,57	.../...	-62,57	- 366,74
	B	- 68,97	- 62,57	- 6,40	- 42,67
	C	- 91,95	- 68,97	-22,98	- 141,63
	D	- 91,95	- 91,95	0,00	0,00
3	A	- 68,16	.../...	- 68,16	- 434,90
	B	- 76,63	- 68,16	- 8,47	- 51,14
	C	-106,72	- 76,63	-30,09	- 171,72
	D	-106,72	-106,72	0,00	0,00
2	A	- 53,61	.../...	-53,61	- 488,51
	B	- 68,05	- 53,61	-14,44	- 65,58
	C	- 98,46	- 68,05	-30,41	- 202,13
	D	- 98,46	- 98,46	0,00	0,00
1	A	- 40,03	.../...	-40,03	- 539,54
	B	- 54,19	- 40,03	-14,16	- 79,74
	C	- 79,55	- 54,19	-25,36	- 227,49
	D	- 79,55	- 79,55	0,00	0,00

ANNEXE 12

**CARACTERISTIQUES
GEOMETRIQUES**

PORTIQUES TRANSVERSAUX (m)

N	Noeud	Lw	Le	hn	hs	Iw	Ie	In	Is	L'w	L'e
14	A		3,05		3,24		31,25		34,17		2,44
	B	3,05	3,05			31,25	31,25			2,44	2,44
	C	3,05	4,45								3,64
	D	4,55	4,45							3,64	3,64
13	A		3,05	3,24				34,17			2,44
	B	3,05	3,05					34,17		2,44	
	C	3,05	4,45								3,64
	D	4,55	4,45							3,64	3,64
12	A		3,05								2,44
	B	3,05	3,05							2,44	
	C	3,05	4,45								3,64
	D	4,55	4,45							3,64	3,64
11	A		3,05								2,44
	B	3,05	3,05							2,44	
	C	3,05	4,45								3,64
	D	4,55	4,45							3,64	3,64
10	A		2,95						76,26		2,36
	B	2,95	2,95							2,36	
	C	2,95	4,45								3,56
	D	4,45	4,45							3,56	3,56
9	A		2,95					76,26			2,36
	B	2,95	2,95							2,36	
	C	2,95	4,45								3,56
	D	4,45	4,45							3,56	3,56
8	A		2,95								2,36
	B	2,95	2,95							2,36	
	C	2,95	4,45								3,56
	D	4,45	4,45							3,56	3,56

N	No	Lw	Le	hn	hs	Iw	Ie	In	Is	L'w	L'e	
7	A		2,95	3,24	3,24	31,25	31,25	76,26	148,7			
	B	2,95									2,36	
	C		4,45									3,56
	D	4,45										
6	A		2,85					148,7				
	B	2,85								2,28		
	C		4,35								2,28	
	D	4,35									3,48	
5	A		2,85									
	B	2,85									2,28	
	C		4,35								2,28	
	D	4,35									3,48	
4	A		2,85									
	B	2,85									2,28	
	C		4,35								2,28	
	D	4,35									3,48	
3	A		2,85									
	B	2,85									2,28	
	C		4,35								2,28	
	D	4,35									3,48	
2	A		2,75									
	B	2,75							263,7			
	C		4,25								2,2	
	D	4,25										3,4
1	A		2,75									
	B	2,75						263,7				
	C		4,25								3,4	
	D	4,25										2,2
												3,4

N	No	h'n	h's	KW	Ke	Kn	Ks	D=EK		
14	A		2,60	10,24	6,87		15,25	25,49		
	B							35,73		
	C							30,36		
	D							29		
13	A	2,92		10,24	6,87	15,25		40,74		
	B							50,98		
	C							47,61		
	D							44,24		
12	A	2,60		10,24	6,87			40,74		
	B							50,98		
	C							47,61		
	D							44,24		
11	A			10,24	6,87			40,74		
	B							50,98		
	C							47,61		
	D							44,24		
10	A			10,59	7,02		23,54	49,38		
	B							59,97		
	C							56,4		
	D							52,83		
9	A			10,59	7,02	23,54		57,67		
	B							68,26		
	C							64,69		
	D							61,12		
8	A			10,59	7,02			57,67		
	B							68,26		
	C							64,69		
	D							61,12		

Ni	No	h'n	h's	Kw	Ke	Kn	Ks	D = £K
7	A	2,60	2,60		10,59	23,54	45,89	80,02
	B			10,59	90,61			
	C			7,02	87,04			
	D			7,02	83,47			
6	A				10,96	45,89		102,74
	B	10,96	113,70					
	C	7,18	109,92					
	D	7,18	106,14					
5	A				10,96			102,74
	B	10,96	113,70					
	C	7,18	109,92					
	D	7,18	106,14					
4	A				10,96			102,74
	B	10,96	113,70					
	C	7,18	109,92					
	D	7,18	106,14					
3	A				10,96			102,74
	B	10,96	113,70					
	C	7,18	109,92					
	D	7,18	106,14					
2	A				11,36		81,39	138,64
	B	11,36	150,00					
	C	7,35	145,99					
	D	7,35	141,98					
1	A				11,36	81,39		174,14
	B	11,36	185,50					
	C	7,35	181,49					
	D	7,35	177,48					

ANNEXE 13

MOMENTS FLECHISSANTS DANS LES NOEUDS SOUS G ET ET SOUS Q

Portiques transversaux 1-1 et 7-7 (MN,m)

Niv	Noeud	gw (MN/ml)	ge (MN/ml)	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
14	A		0,026		0,007		0,004		0,003
	B	0,026	0,026	0,007	"	0,007	0,007		0,000
	C	"	"	"	0,011	0,011	0,011		0,000
	D	"	"	0,011	"	"	"		0,000
13	A		0,022		0,006		0,005	0,000	"
	B	0,022	"	0,006	"	0,006	0,006	"	"
	C	"	"	"	0,009	0,007	0,009	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	"	0,000	0,000
12	A		"		0,006		0,004	0,002	0,002
	B	"	"	0,006	"	0,006	0,006	0,000	0,000
	C	"	"	"	0,009	0,007	0,009	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	0,009	0,000	0,000
11	A		"		0,006		0,004	0,002	0,002
	B	"	"	0,006	"	0,006	0,006	0,00	0,00
	C	"	"	"	0,009	0,007	0,009	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	"	0,00	0,00
10	A		"		0,006		0,006	0,002	0,003
	B	"	"	0,006	"	0,006	"	0,00	0,00
	C	"	"	"	0,009	0,007	0,007	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	"	0,00	0,00
09	A		"		0,006		0,005	0,002	0,002
	B	"	"	0,006	"	0,006	0,006	0,00	0,00
	C	"	"	"	0,009	"	0,009	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	"	0,00	0,00
08	A		"		0,006		0,005	0,002	0,002
	B	"	"	0,006	"	0,006	0,006	0,00	0,00
	C	"	"	"	0,009	"	0,009	0,001	0,001
	D	"	"	0,009	"	0,009	"	0,00	0,00

Niv	Noeud	gw	ge	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
07	A	0,022	0,022		0,006		0,005	0,001	0,003
	B		"	0,006	"	0,006	0	0	
	C		"	"	0,009	"	0,008	8,11 10	0,000
	D		"	"	0,009	0,009	0,009	0,009	0
06	A	"	"		0,005		0,004	0,002	0,002
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,009	"	0,008	0,001	0,001
	D		"	"	0,009	"	0,009	0,009	0
05	A	"	"		0,005		0,004	0,002	0,002
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,009	"	0,008	0,001	0,001
	D		"	"	0,009	"	0,009	0,009	0
04	A	"	"		0,005		0,004	0,002	0,002
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,009	"	0,008	0,001	0,001
	D		"	"	0,009	"	0,009	"	0
03	A	"	"		0,005		0,004	0,002	0,002
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,009	"	0,008	0,001	0,001
	D		"	"	0,009	"	0,009	"	0,00
02	A	"	"		0,005		0,004	0,002	0,003
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,008	"	0,007	9,4 10	0,002
	D		"	"	0,008	"	0,008	0,008	0
01	A	"	"		0,005		0,005	0,002	0,002
	B		"	0,005	"	0,005	0	0	
	C		"	"	0,008	"	0,007	0	0
	D		"	"	0,008	"	0,008	0,008	0

Portique 2-2

Niv	Noeud	gw	qe	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
14	A		0,049		0,014		0,008		0,008
	B	0,049	"	0,014	0,014	0,014	0,014		0
	C	"	"	"	0,021	0,016	0,019		0,003
	D	"	"	0,021	"	0,021	0,021		0
13	A		0,041		0,012		0,009	0,004	0,004
	B	0,041	"	0,012	"	0,012	0,012	0	0
	C	"	"	"	0,0018	0,013	0,017	0,002	0,002
	D	"	"	0,018	"	0,018	0,018	0	0
12	A		"		0,012		0,009	0,004	0,004
	B	"	"	0,012	"	0,012	0,012	0	0
	C	"	"	"	0,018	0,013	0,017	0,001	0,001
	D	"	"	0,018	"	0,018	0,018	0	0
11	A		"		0,012		0,009	0,004	0,004
	B	"	"	0,012	"	0,012	0,012	0	0
	C	"	"	"	0,018	0,013	0,017	0,002	0,002
	D	"	"	0,018	"	0,018	0,018	0	0
10	A		"		0,011		0,009	0,003	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,018	0,018	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,016	0,001	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
09	A		"		0,011		0,009	0,004	0,004
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,016	0,012	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
08	A		"		0,011		0,009	0,004	0,004
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,016	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0

Niv	Noeud	qw	qe	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
07	A		0,041		0,011		0,009	0,003	0,006
	B	0,041		0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,016	0,002	0,003
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
06	A		"		0,011		0,010	0,005	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,016	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
05	A		"		0,011		0,010	0,005	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,016	0,017	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
04	A		"		0,011		0,010	0,005	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,017	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
03	A		"		0,011		0,010	0,005	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,017	0,012	0,017	0,002	0,002
	D	"	"	0,017	"	0,017	0,017	0	0
02	A		"		0,011		0,010	0,004	0,006
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,016	0,011	0,015	0,001	0,003
	D	"	"	0,016	"	0,016	0,016	0	0
01	A		"		0,011		0,011	0,005	0,005
	B	"	"	0,011	"	0,011	0,011	0	0
	C	"	"	"	0,016	0,011	0,015	0,003	0,003
	D	"	"	0,016	"	0,016	0,016	0	0

Portiques transversaux

Niv	Noeud	qw	qe	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
14	A		0,005		0,001		0,001		0,001
	B	0,005	"	0,001	"	0,001	"		0
	C	"	"	"	0,002	"	0,002		0,001
	D	"	"	0,002	"	0,002	"		0
13	A		0,012		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	0,012	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
12	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
11	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
10	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
09	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
08	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0

Portiques transversaux

Niv	Noeud	qw	qe	M'w	M'e	Mw	Me	Mn	Ms
07	A		0,012		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	0,012	"	0,000	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
06	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
05	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
04	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
03	A		"		0,003		0,002	0,001	0,001
	B	"	"	0,003	"	0,003	0,003	0	0
	C	"	"	"	0,005	"	0,005	0,001	0,001
	D	"	"	0,005	"	0,005	"	0	0
02	A		0,02		0,005		0,004	0,002	0,003
	B	0,02	"	0,005	"	0,005	0,005	0	0
	C	"	"	"	0,008	"	0,006	9,43 10	0,003
	D	"	"	0,008	"	0,006	"	0	0
01	A		"		0,005		0,004	0,002	0,002
	B	"	"	0,005	"	0,005	0,005	0	0
	C	"	"	"	0,008	"	0,006	0,001	0,001
	D	"	"	0,008	"	0,006	"	0	0

ANNEXE 14

- **MOMENTS EN TRAVEES
DANS LES POUTRES**
- **EFFORTS TRANCHANTS
DANS LES POUTRES**

PORTIQUES TRANSVERSAUX 1-1 ET 7-7

NIV	Pot	L(m)	Mw10-3.MNm	Me 10-3	T 10-3 (MN)	Mt 10-3(MNm)
14	A-B	3,50	+ 17,01	- 12,54	- 8,44	2,24
	B-C	3,50	12,54	- 13,64	- 7,48	- 0,55
	C-D	5,00	9,56	- 10,76	- 4,06	- 0,60
13	A-B	3,50	38,29	- 28,93	- 19,21	4,68
	B-C	3,50	28,93	- 29,64	- 16,73	- 3,36
	C-D	5,00	20,77	- 23,44	- 8,84	- 1,34
12	A-B	3,500	58,64	- 46,37	- 30,00	6,14
	B-C	"	46,37	- 46,38	- 26,50	- 0,01
	C-D	5,00	32,49	- 37,28	- 13,95	- 2,40
11	A-B	3,50	85,48	- 65,56	- 43,15	9,96
	B-C	"	65,56	- 67,09	- 37,90	- 0,77
	C-D	5,00	47,01	- 54,15	- 20,23	- 3,57
10	A-B	3,50	101,36	- 83,04	- 52,69	9,16
	B-C	"	83,04	- 89,08	- 49,18	- 3,02
	C-D	5,00	62,42	- 65,83	- 25,65	- 1,71
9	A-B	3,50	115,02	- 92,68	- 59,34	11,17
	B-C	"	92,68	- 106,16	- 56,81	- 6,74
	C-D	5,00	74,38	- 75,37	- 29,95	- 0,50
8	A-B	3,50	133,72	- 114,07	- 70,80	9,83
	B-C	"	114,07	- 123,02	- 67,74	- 4,48
	C-D	5,00	86,20	- 86,62	- 34,56	- 0,21
7	A-B	3,50	158,88	- 130,90	- 82,79	13,99
	B-C	"	130,90	- 139,64	- 77,30	- 4,37
	C-D	5,00	97,85	- 100,04	- 39,58	- 1,10

1-1 ET 7-7

Ni	Pot	L	Mw 10-3	Me 10-3	T 10-3	Mt 10-3
6	A-B	3,50	189,42	- 149,38	- 96,80	20,02
	B-C	3,50	149,38	- 155,30	- 87,05	- 2,96
	C-D	5,00	108,81	- 114,66	- 44,69	- 2,96
5	A-B	3,5	206,14	- 159,39	- 104,44	232,38
	B-C	3,5	159,39	- 165,32	- 92,77	- 2,97
	C-D	5	115,84	- 130,45	- 49,26	- 7,31
4	A-B	3,5	218,13	- 169,02	- 110,61	24,56
	B-C	3,5	169,02	- 175,28	- 96,37	- 6,31
	C-D	5	122,82	- 148,53	- 54,27	- 12,86
3	A-B	3,5	233,75	- 189,81	- 121,02	21,97
	B-C	"	189,81	- 204,52	- 112,67	- 7,36
	C-D	5	143,30	- 150,54	- 58,77	- 3,62
2	A-B	3,5	226,82	- 193,19	- 120,00	16,82
	B-C	"	193,19	- 212,80	- 116,00	- 9,81
	C-D	5	149,10	- 141,53	- 58,13	- 3,79
1	A-B	3,5	191,72	- 162,51	- 101,21	14,62
	B-C	"	162,51	- 172,81	- 95,81	- 5,15
	C-D	5	121,09	- 113,07	- 46,83	4,01

PORTIQUE TRANSVERSAUX 2-2 10-3

N	L	Poutre	Mw	Me	T	Mt
14	3,5	A-B	14,58	- 11,20	- 7,37	1,69
	"	B-C	11,20	- 12,27	- 6,71	- 0,54
	5	C-D	86,02	- 9,44	- 3,61	- 0,42
13	3,5	A-B	32,50	- 26,04	- 16,73	3,23
	"	B-C	26,04	- 27,55	- 15,31	- 0,76
	5	C-D	19,31	- 21,80	- 8,22	- 1,25
12	3,5	A-B	51,52	- 41,90	- 26,69	4,81
	"	B-C	41,90	- 43,01	- 24,26	- 0,56
	5	C-D	30,13	- 33,41	- 12,71	- 1,64
11	3,5	A-B	75,94	- 58,92	- 38,53	8,51
	"	B-C	58,92	- 60,27	- 34,05	- 0,68
	5	C-D	42,23	- 47,51	- 17,95	- 2,64
10	3,5	A-B	90,14	- 74,53	- 47,05	7,81
	"	B-C	74,53	- 79,07	- 43,89	- 2,27
	5	C-D	55,41	- 58,35	- 26,51	- 8,27
9	3,5	A-B	103,80	- 82,87	- 53,33	10,47
	"	B-C	82,87	- 95,40	- 50,93	- 6,27
	5	C-D	66,84	- 67,89	- 26,95	- 0,53
8	3,5	A-B	122,50	- 101,92	- 64,12	10,29
	"	B-C	101,92	- 110,15	- 60,59	- 4,12
	5	C-D	77,18	- 79,11	- 31,26	- 0,97
7	3,5	A-B	139,14	- 117,81	- 73,41	10,67
	"	B-C	117,81	- 129,75	- 70,73	- 5,97
	5	C-D	90,91	- 85,47	- 35,28	2,72

2 - 2

NIV	Pot	L	Mw	Me	T	Mt
6	A-B	3,5	154,10	- 140,42	- 84,15	6,84
	B-C	"	140,42	- 152,85	- 83,79	- 6,22
	C-D	5	107,10	- 94,73	- 40,37	6,19
5	A-B	3,5	169,06	- 152,07	- 91,75	8,50
	B-C	"	152,07	- 159,01	- 88,88	- 3,47
	C-D	5	111,41	- 108,92	- 44,07	1,25
4	A-B	3,5	174,33	- 160,06	- 95,54	7,14
	B-C	"	160,06	- 164,25	- 92,66	- 2,10
	C-D	5	115,09	- 125,48	- 48,11	- 5,20
3	A-B	3,5	200,09	- 181,39	- 108,99	9,35
	B-C	"	181,39	- 187,97	- 105,53	- 3,29
	C-D	5	131,71	- 180,90	- 62,52	- 24,60
2	A-B	3,5	169,52	- 160,59	- 94,32	4,47
	B-C	"	160,59	- 162,66	- 92,36	- 1,04
	C-D	5	113,97	- 107,14	- 44,22	3,42
1	A-B	3,5	134,92	- 128,49	- 75,26	3,22
	B-C	"	84,18	- 137,72	- 63,39	- 26,76
	C-D	5	96,49	- 84,18	- 36,13	6,16

PORTIQUES LONGITUDINAUX A-A ET G-G 10-3

NIV	Pot	L	Mw	Me	T	Mt
14	1-2	5	15,72	- 11,80	- 5,50	1,96
	2-3	"	11,80	- 15,01	- 5,36	- 1,61
	3-4	3,5	10,51	- 13,44	- 6,84	- 1,47
13	1-2	5	29,12	- 25,35	- 10,89	1,89
	2-3	"	25,35	- 32,98	- 11,67	- 3,82
	3-4	3,5	23,11	- 30,63	- 15,35	- 3,82
12	1-2	5	46,35	- 39,10	- 17,09	3,63
	2-3	"	39,10	- 51,90	- 18,20	- 6,40
	3-4	3,5	36,37	- 48,51	- 24,25	- 6,07
11	1-2	5	68,01	- 57,05	- 25,01	5,48
	2-3	"	57,05	- 74,90	- 26,39	- 8,93
	3-4	3,5	52,48	- 67,43	- 34,26	- 7,48
10	1-2	5	76,42	- 72,66	- 29,82	1,88
	2-3	"	72,66	- 81,17	- 30,77	- 4,26
	3-4	3,5	81,17	- 79,26	- 45,84	0,96
9	1-2	5	89,76	- 85,75	- 35,10	2,01
	2-3	"	85,75	- 111,63	- 39,48	- 12,94
	3-4	3,5	78,21	- 84,85	- 46,59	- 3,32
8	1-2	5	99,02	- 99,87	- 39,78	- 0,43
	2-3	"	99,87	- 129,42	- 45,86	- 14,78
	3-4	3,5	90,69	- 725,29	- 61,71	- 17,30
7	1-2	5	118,92	- 108,66	- 45,52	5,13
	2-3	"	108,66	- 151,77	- 52,09	- 21,56
	3-4	3,5	106,34	- 143,99	- 71,52	- 18,83

A-A ET G-G

NIV	Pot	L	Mw	Me	T	Mt
6	1-2	5	125,48	- 120,42	- 49,18	2,53
	2-3	"	120,42	- 183,23	- 60,73	- 31,41
	3-4	3,5	128,38	- 165,50	- 83,97	- 18,56
5	1-2	5	128,46	- 138,65	- 53,42	- 5,10
	2-3	"	138,65	- 196,62	- 67,05	- 28,99
	3-4	3,5	137,76	- 185,13	- 92,25	- 23,69
4	1-2	5	148,96	- 159,82	- 61,76	- 5,43
	2-3	"	159,82	- 204,02	- 72,77	- 22,10
	3-4	3,5	142,96	- 201,02	- 98,55	- 29,50
3	1-2	5	135,21	- 165,50	- 60,14	-15,15
	2-3	"	165,50	- 234,21	- 79,94	- 34,36
	3-4	3,5	164,10	- 220,66	- 109,93	- 28,28
2	1-2	5	149,41	- 159,52	- 61,79	- 5,06
	2-3	"	159,52	- 238,62	- 79,63	- 39,55
	3-4	3,5	167,19	- 225,05	- 112,07	- 28,93
1	1-2	5	123,02	- 129,56	- 50,52	- 3,27
	2-3	"	129,56	- 193,21	- 64,55	- 31,83
	3-4	3,5	135,37	- 135,37	- 92,09	- 25,80

PORTIQUE TRANSVERSAL B-B

NIV	Pot	L	Mw	Me	T	Mt
14	1-2	5	13,10	- 11,60	- 4,94	0,75
	2-3	"	11,60	- 13,64	- 5,05	- 1,02
	3-4	3,5	9,56	- 12,32	- 6,25	- 1,38
13	1-2	5	25,76	- 23,57	- 9,87	1,10
	2-3	"	23,57	- 30,09	- 10,73	- 3,26
	3-4	3,5	21,65	- 20,61	- 12,07	0,52
12	1-2	5	42,34	- 36,25	- 15,72	3,05
	2-3	"	36,25	- 48,53	- 16,96	- 6,14
	3-4	3,5	34,01	- 37,89	- 20,54	- 1,94
11	1-2	5	62,66	- 52,25	- 22,98	5,21
	2-3	"	52,25	- 69,29	- 24,31	- 8,52
	3-4	3,5	48,55	- 61,82	- 31,53	- 6,64
10	1-2	5	69,32	- 65,18	- 26,90	2,07
	2-3	"	65,18	- 87,65	- 30,57	- 11,24
	3-4	3,5	61,41	- 81,36	- 40,79	- 9,98
9	1-2	5	77,72	- 78,27	- 31,20	- 0,28
	2-3	"	78,27	- 97,46	- 35,15	- 9,60
	3-4	3,5	68,28	- 92,68	- 45,99	- 12,20
8	1-2	5	96,48	- 86,42	- 36,58	- 5,03
	2-3	"	86,42	- 119,85	- 41,25	- 16,72
	3-4	3,5	83,98	- 114,07	- 56,59	- 15,05
7	1-2	5	114,80	- 109,40	- 44,84	2,70
	2-3	"	109,40	- 145,14	- 50,91	- 17,87
	3-4	3,5	101,70	- 138,38	- 68,59	- 18,34

PORTIQUE B-B

NIV	Pot	L	Mw	Me	T	Mt
6	1-2	5	148,32	- 120,42	- 53,75	13,95
	2-3	"	120,42	- 182,34	- 60,55	- 30,96
	3-4	3,5	127,77	- 174,52	- 86,37	- 23,38
5	1-2	5	148,30	- 138,65	- 57,39	4,83
	2-3	"	138,65	- 186,14	- 64,96	- 23,75
	3-4	3,5	130,42	- 185,89	- 90,37	- 27,74
4	1-2	5	153,03	- 159,82	- 62,57	3,40
	2-3	"	159,82	- 185,03	- 68,97	- 12,61
	3-4	3,5	129,65	- 192,18	- 91,95	- 31,27
3	1-2	5	175,78	- 165,00	- 68,16	5,39
	2-3	"	165,00	- 218,15	- 76,63	- 26,58
	3-4	3,5	152,85	- 220,66	- 106,72	- 33,91
2	1-2	5	133,03	- 135,01	- 53,61	- 0,99
	2-3	"	135,01	- 205,25	- 68,05	- 35,12
	3-4	3,5	143,81	- 200,81	- 98,46	- 28,50
1	1-2	5	90,44	- 109,70	- 40,03	- 9,63
	2-3	"	109,70	- 161,23	- 54,19	- 25,77
	3-4	3,5	112,97	- 165,44	- 79,55	- 26,24

ANNEXE 15

EFFORTS NORMAUX DANS LES PORTIQUES

Portiques 1-1 et 7-7 (M,N)

N	Noeud	Sous G				Sous Q			
		Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	N
14	A		0.045	0.045	0.045		0.009	0.009	0.009
	B	0.046	0.044	0.090	0.090	0.009	0.009	0.018	0.018
	C	0.047	0.065	0.112	0.112	0.009	0.013	1.17 10	1.17 10
	D	0.065		0.065	0.065	0.013		0.013	0.013
13	A		0.038	0.038	0.083		0.021	0.021	0.03
	B	0.039	0.038	0.077	0.0167	0.021	0.021	0.042	0.060
	C	0.039	0.055	0.094	0.206	0.021	0.030	0.051	0.051
	D	0.055		0.055	0.120	0.030		0.030	0.043
12	A		0.038	0.038	0.121		0.021	0.021	0.051
	B	0.039	0.038	0.077	0.244	0.021	0.021	0.042	0.102
	C	0.039	0.055	0.094	0.300	0.021	0.030	0.051	0.102
	D	0.055		0.055	0.175	0.030		0.030	0.073
11	A		0.038	0.038	0.159		0.021	0.021	0.072
	B	0.039	0.038	0.077	0.321	0.021	0.021	0.042	0.144
	C	0.039	0.055	0.094	0.394	0.021	0.030	0.051	0.153
	D	0.055		0.055	0.230	0.030		0.030	0.103
10	A		0.039	0.039	0.198		0.021	0.021	0.093
	B	0.039	0.038	0.077	0.398	0.021	0.021	0.042	0.186
	C	0.039	0.055	0.094	0.488	0.021	0.030	0.051	0.066
	D	0.055		0.055	0.285	0.030		0.030	0.133
09	A		0.038	0.038	0.236		0.021	0.021	0.114
	B	0.039	0.039	0.078	0.476	0.021	0.021	0.042	0.228
	C	0.039	0.055	0.094	0.582	0.021	0.030	0.051	0.117
	D	0.055		0.055	0.340	0.030		0.030	0.163
08	A		0.038	0.038	0.274		0.021	0.021	0.135
	B	0.039	0.039	0.078	0.554	0.021	0.021	0.042	0.270
	C	0.039	0.055	0.094	0.676	0.021	0.030	0.051	0.168
	D	0.055		0.055	0.395	0.030		0.030	0.193

N	Noeud	Sous G				Sous Q			
		Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
07	A		0.038	0.038	0.312		0.021	0.021	0.156
	B	0.039	0.039	0.078	0.632	0.021	0.021	0.042	0.312
	C	0.039	0.022	0.061	0.737	0.021	0.012	0.033	0.201
	D	0.055		0.055	0.450	0.030		0.030	0.223
06	A		0.038	0.038	0.350		0.021	0.021	0.400
	B	0.039	0.039	0.078	0.710	0.021	0.021	0.042	0.354
	C	0.039	0.022	0.061	0.798	0.021	0.012	0.033	0.234
	D	0.055		0.055	0.505	0.030		0.030	0.253
05	A		0.038	0.038	0.385		0.021	0.021	0.421
	B	0.039	0.039	0.078	0.788	0.021	0.021	0.042	0.396
	C	0.039	0.022	0.061	0.859	0.021	0.012	0.033	0.267
	D	0.055		0.055	0.560	0.030		0.030	0.283
04	A		0.038	0.038	0.423		0.021	0.021	0.442
	B	0.039	0.039	0.078	0.876	0.021	0.021	0.042	0.438
	C	0.039	0.022	0.061	0.920	0.021	0.012	0.033	0.300
	D	0.055		0.055	0.615	0.030		0.030	0.313
03	A		0.038	0.038	0.461		0.021	0.021	0.463
	B	0.039	0.039	0.078	0.944	0.021	0.021	0.042	0.480
	C	0.039	0.022	0.061	0.981	0.021	0.012	0.033	0.333
	D	0.055		0.055	0.670	0.030		0.030	0.343
02	A		0.038	0.038	0.499		0.021	0.021	0.481
	B	0.039	0.039	0.078	1.022	0.021	0.021	0.042	0.522
	C	0.039	0.022	0.061	1.042	0.021	0.012	0.033	0.336
	D	0.055		0.055	0.725	0.030		0.030	0.373
01	A		0.038	0.038	0.537		0.021	0.021	0.505
	B	0.039	0.039	0.078	1.100	0.021	0.021	0.042	0.564
	C	0.039	0.022	0.061	1.103	0.021	0.012	0.033	0.399
	D	0.055		0.055	0.780	0.030		0.030	0.403

Portiques 2-2

G

Q

N	Noeud	Sous G				Sous Q			
		Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	N
14	A		0.084	0.084	0.084		0.009	0.009	0.009
	B	0.087	0.085	0.172	0.172	0.009	0.009	0.018	0.018
	C	0.086	0.049	0.135	0.135	0.009	0.013	1.17 10	1.17 10
	D	0.123		0.123	0.123	0.013		0.013	0.013
13	A		0.071	0.071	0.155		0.021	0.021	0.03
	B	0.072	0.071	0.143	0.315	0.021	0.021	0.042	0.060
	C	0.072	0.041	0.113	0.248	0.021	0.030	0.051	0.051
	D	0.103		0.103	0.226	0.030		0.030	0.043
12	A		0.071	0.071	0.226		0.021	0.021	0.051
	B	0.072	0.071	0.143	0.458	0.021	0.021	0.042	0.102
	C	0.072	0.041	0.113	0.361	0.021	0.030	0.051	0.102
	D	0.103		0.103	0.329	0.030		0.030	0.073
11	A		0.071	0.071	0.297		0.021	0.021	0.072
	B	0.072	0.071	0.143	0.601	0.021	0.021	0.042	0.144
	C	0.072	0.041	0.113	0.474	0.021	0.030	0.051	0.153
	D	0.103		0.103	0.432	0.030		0.030	0.103
10	A		0.071	0.071	0.368		0.021	0.021	0.093
	B	0.072	0.071	0.143	0.744	0.021	0.021	0.042	0.186
	C	0.072	0.041	0.113	0.587	0.021	0.030	0.051	0.066
	D	0.103		0.103	0.525	0.030		0.030	0.133
09	A		0.071	0.071	0.439		0.021	0.021	0.114
	B	0.072	0.071	0.143	0.887	0.021	0.021	0.042	0.228
	C	0.072	0.041	0.113	0.700	0.021	0.030	0.051	0.117
	D	0.103		0.103	0.638	0.030		0.030	0.163
08	A		0.071	0.071	0.051		0.021	0.021	0.135
	B	0.072	0.071	0.143	1.030	0.021	0.021	0.042	0.270
	C	0.072	0.041	0.113	0.813	0.021	0.030	0.051	0.168
	D	0.103		0.103	0.741	0.030		0.030	0.193

G

Q

N	Noeud	Sous G				Sous Q			
		Tw	Te	N	Ncum	Tw	Te	N	Ncum
07	A		0.071	0.071	0.122		0.021	0.021	0.156
	B	0.072	0.071	0.143	1.173	0.021	0.021	0.042	0.312
	C	0.072	0.041	0.113	0.926	0.021	0.012	0.033	0.201
	D	0.103		0.103	0.844	0.030		0.030	0.223
06	A		0.071	0.071	0.193		0.021	0.021	0.400
	B	0.072	0.071	0.143	1.316	0.021	0.021	0.042	0.354
	C	0.072	0.041	0.113	1.039	0.021	0.012	0.033	0.234
	D	0.103		0.103	0.947	0.030		0.030	0.253
05	A		0.071	0.071	0.264		0.021	0.021	0.421
	B	0.072	0.071	0.143	1.459	0.021	0.021	0.042	0.396
	C	0.072	0.041	0.113	1.152	0.021	0.012	0.033	0.267
	D	0.103		0.103	10500	0.030		0.030	0.283
04	A		0.071	0.071	0.335		0.021	0.021	0.442
	B	0.072	0.071	0.143	1.602	0.021	0.021	0.042	0.438
	C	0.072	0.041	0.113	1.265	0.021	0.012	0.033	0.300
	D	0.103		0.103	1.153	0.030		0.030	0.313
03	A		0.071	0.071	0.406		0.021	0.021	0.463
	B	0.072	0.071	0.143	1.745	0.021	0.021	0.042	0.480
	C	0.072	0.041	0.113	1.378	0.021	0.012	0.033	0.333
	D	0.103		0.103	1.256	0.030		0.030	0.343
02	A		0.071	0.071	0.477		0.021	0.021	0.481
	B	0.072	0.071	0.143	1.888	0.021	0.021	0.042	0.522
	C	0.072	0.041	0.113	1.491	0.021	0.012	0.033	0.336
	D	0.103		0.103	1.359	0.030		0.030	0.373
01	A		0.071	0.071	0.548		0.021	0.021	0.505
	B	0.072	0.071	0.143	2.031	0.021	0.021	0.042	0.564
	C	0.072	0.041	0.113	1.604	0.021	0.012	0.033	0.399
	D	0.103		0.103	1.462	0.030		0.030	0.403

ANNEXE 16

COMBINAISON DES EFFORTS

Niv	Poteau	1,35G + 1,5Q	G + Q + 1,2E	G + Q - 1,2E	0,8G - E	0,8G + E
14	A	0.1269	- 8.751	8.937	7.437	- 7.303
	B	0.2592	0.982	- 0.602	- 0.522	0.798
	C	0.1824	3.8551	- 3.5848	- 2.992	3.208
	D	0.1855	0.136	0.136	0.0984	0.0984
13	A	0.2542	- 28.735	29.105	24.224	- 23.976
	B	0.5152	2.871	- 2.121	- 1.828	2.332
	C	0.4113	12.527	- 11.929	- 9.9916	10.3884
	D	0.3696	0.269	0.269	0.1808	0.1808
12	A	0.3816	- 60.671	- 61.225	50.971	- 50.609
	B	0.7713	3.572	- 2.452	- 2.3956	2.6244
	C	0.6404	26.551	- 25.625	- 21.6496	21.8304
	D	0.5536	0.402	0.402	0.0824	0.0824
11	A	0.5089	-106.815	107.553	89.558	- 89.082
	B	1.0274	11.533	- 10.043	- 8.509	9.471
	C	0.8694	46.035	- 44.781	- 37.461	38.219
	D	0.7377	0.535	0.535	0.346	0.346
10	A	0.6363	-163.183	164.105	136.664	-136.076
	B	1.2834	15.51	- 13.65	- 11.555	12.745
	C	0.8914	66.917	- 65.611	- 54.750	55.690
	D	0.9217	0.668	0.668	0.428	0.428
09	A	0.7636	-227.087	228.193	190.051	-189.349
	B	1.6294	18.635	- 16.285	- 13.840	15.260
	C	1.1205	67.081	- 65.447	- 54.660	55.780
	D	1.1058	0.801	0.801	0.510	0.510
08	A	0.2714	-304.398	304.770	253.861	-253.779
	B	1.7955	22.998	- 20.396	- 17.256	18.904
	C	1.3455	102.441	-100.479	- 83.900	85.200
	D	1.2898	0.934	0.934	0.593	0.593

PORTIQUES TRANSVERSAUX

NIV	Poteau	1,35G+1,5Q	G+Q +1,2E	G+Q-1,2E	0,8 G - E	0,8 G + E
7	A	0,399	-392,398	392,398	327,328	-327,328
	B	2,052	26,397	-23,427	-19,822	21,698
	C	1,552	145,127	-142,873	-119,259	120,741
	D	1,474	1,067	1,067	0,675	0,675
6	A	0,861	-493,063	494,063	411,534	-411,226
	B	2,308	27,014	-23,674	-20,067	22,173
	C	1,754	197,377	-194,831	-162,589	164,251
	D	1,658	1,200	1,200	0,758	0,758
5	A	0,988	-603,071	604,441	503,341	-502,919
	B	2,564	30,643	-26,933	-22,823	25,157
	C	1,956	251,295	-248,457	-207,308	209,152
	D	1,842	1,783	1,783	1,200	1,200
4	A	1,115	-717,627	719,781	598,938	-598,402
	B	2,820	34,284	-30,204	-25,588	28,152
	C	2,158	304,901	-301,771	-251,768	253,792
	D	2,026	1,466	1,466	0,922	0,922
3	A	1,243	-848,323	850,061	707,985	-707,335
	B	3,076	38,621	-34,171	-28,934	31,726
	C	2,360	356,659	-353,237	-294,688	296,892
	D	2,210	1,599	1,599	1,005	1,005
2	A	1,365	-961,418	963,334	802,362	-801,598
	B	3,332	41,158	-36,338	-30,780	33,800
	C	2,562	414,543	-410,889	-342,737	345,123
	D	2,394	1,732	1,732	1,087	1,087
1	A	1,497	-1051,635	1053,471	877,678	802
	B	1,039	55,587	-50,397	-42,535	45,785
	C	2,764	447,431	-443,425	-369,907	372,473
	D	2,578	1,865	1,865	1,170	1,170

ANNEXE 17

FERRAILLAGE DU NOYAU

ANNEXE 17 □

**FERRAILLAGE DES VOILES
PLEINS**

Voile VN1

Zones	I	II	III
Av (cm ² / ml / f)	7.5	6.25	5
Av adopté (cm ² / ml / f)	5HA14 (7.69)	4Ha14 (6.15)	3HA14 (4.62)
Espacement S (cm)	25	25	25
Ah (cm ² / ml / f)	3.75	3.12	2.5
Ah adoptée (cm ² / ml / f)	5HA10 (3.92)	5HA10 (3.92)	5HA8 (2.51)
Espacement S (cm)	25	25	25
δ_c (MPa)	8.18	5.69	3.65
τ_b (MPa)	1.890	1.403	0.8899

Voile VN2

Zones	I	II	III
Av (cm ² / ml / f)	9	6.25	5
Av adopté (cm ² /ml/f)	5HA16 (10.05)	4Ha14 (6.15)	3HA14 (4.62)
Espacement S (cm)	25	25	25
Ah (cm ² / ml / f)	3.75	3.12	2,5
Ah adoptée (cm ² /ml/f)	5HA10 (3.92)	5HA10 (3.92)	5HA8 (2.51)
Espacement S (cm)	25	25	25
δ_c (MPa)	14.44	12.89	3.99
τ_b (MPa)	2.113	1.565	1.002

ANNEXE 17b

FERRAILLAGE DES LINTEAUX

Efforts de ferrailage des linteaux

Voile VN₃ : linteaux 1 et 2

Zone	TG (MN)	TQ	1,4 TE	MG (MNm)	MQ	ME
Zone I	0.011	9.61 E ⁻⁴	0.887	2.2 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.687
II	0.011	9.61 E ⁻⁴	0.666	2.2 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.516
III	0.011	9.61 E ⁻⁴	0.339	2.2 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.263

- Zone I
T = 0.899 MN
M = 0.689 MN.m
- Zone II
T = 0.678 MN
M = 0.518 MN.m
- Zone III
T = 0.351 MN
M = 0.265 MN.m

Voile VN₄ : linteaux 1 et 2

Zone	TG (MN)	TQ	1,4 TE	MG (MNm)	MQ	ME
Zone I	0.011	9.61 E ⁻⁴	1.035	2.20 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.802
II	0.011	9.61 E ⁻⁴	0.776	2.20 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.601
III	0.011	9.61 E ⁻⁴	0.395	2.20 E ⁻³	2.48 E ⁻⁴	0.306

$$T = 1.047 \text{ MN}$$

• Zone I

$$M = 0.804 \text{ MN.m}$$

$$T = 0.788 \text{ MN}$$

Zone II

$$M = 0.603 \text{ MN.m}$$

$$T = 0.407 \text{ MN}$$

Zone III

$$M = 0.308 \text{ MN.m}$$

Linteaux 1 et 2

Voile VN3

Zones	I	II	III
L (m)	1.55	1.55	1.55
H (m)	1.00	1.00	1.00
τ (MPa)	3.746	3.390	2.194
AL (cm ²)	19.14	14.39	7.36
AL adopté (cm ²)	4HA25 (19.63)	2HA20+2HA25 (16.76)	8HA16 (8.04)
AC (cm ²)	6	6	6
AC adopté (cm ²)	4HA14 (6.15)	4HA14 (6.15)	4HA14 (6.15)
AD (cm ²)	15.99	12.06	6.24
AD adopté (cm ²)	2x(HA16+HA16)X2 (16.08)	2(2HA14+2HA14) (12.31)	2(HA10+2HA10) (6.28)
At (cm ²)	1.5	1.5	5
At adopté (cm ²)	4HA8 (2.01)	4HA8 (2.01)	3HA14 (4.62)
Ldiag (m)	5.22	4.43	
Lanc (m)	1.5	1.25	

Linteaux 1 et 2

Voile VN4

Zones	I	II	III
L (m)	1.55	1.55	1.55
H (m)	1.00	1.00	1.00
τ (MPa)	4.363	3.940	2.594
AL (cm ²)	22.33	16.76	8.57
AL adopté (cm ²)	2HA32 +2HA20 (22.96)	2HA25+2HA20 (16.76)	2HA14 + 2HA20 (9.36)
At (cm ²)	1.5	1.5	1.5
At adopté (cm ²)	4HA8 (2.01)	4HA8 (2.01)	4HA8 (2.01)
Ac (cm ²)	6	6	6
Ac adopté (cm ²)	4HA14 (6.15)	4HA14 (6.15)	4HA14 (6.15)
AD (cm ²)	18.62	13.80	7.24
AD adopté (cm ²)	2(2HA20+2HA14) (18.66)	2(2HA16+2HA14) (14.2)	2(2HA12+2HA10) (7.66)
Lanc (m)	1.5	1.05	1.05
Ldiag (m)	5.22	3.81	3.81

17_C

**FERRAILLAGE DES
TRUMEAUX**

Voile VN3 et VN4

Trumeaux 1 et 3

Zone	I	II	III
Av(cm ² /ml/f)	31.45	11.98	8.02
Av adopté	4HA32	4HA20	4HA16
St (cm)	25	25	25
Ah (cm ² /ml/f)	6.02	6.02	6.02
Ah adopté	5H12	5H12	5H12
St (cm)	25	25	25
δ_c	11.22	845	4.62
τ_b	2.45	1.92	0.73

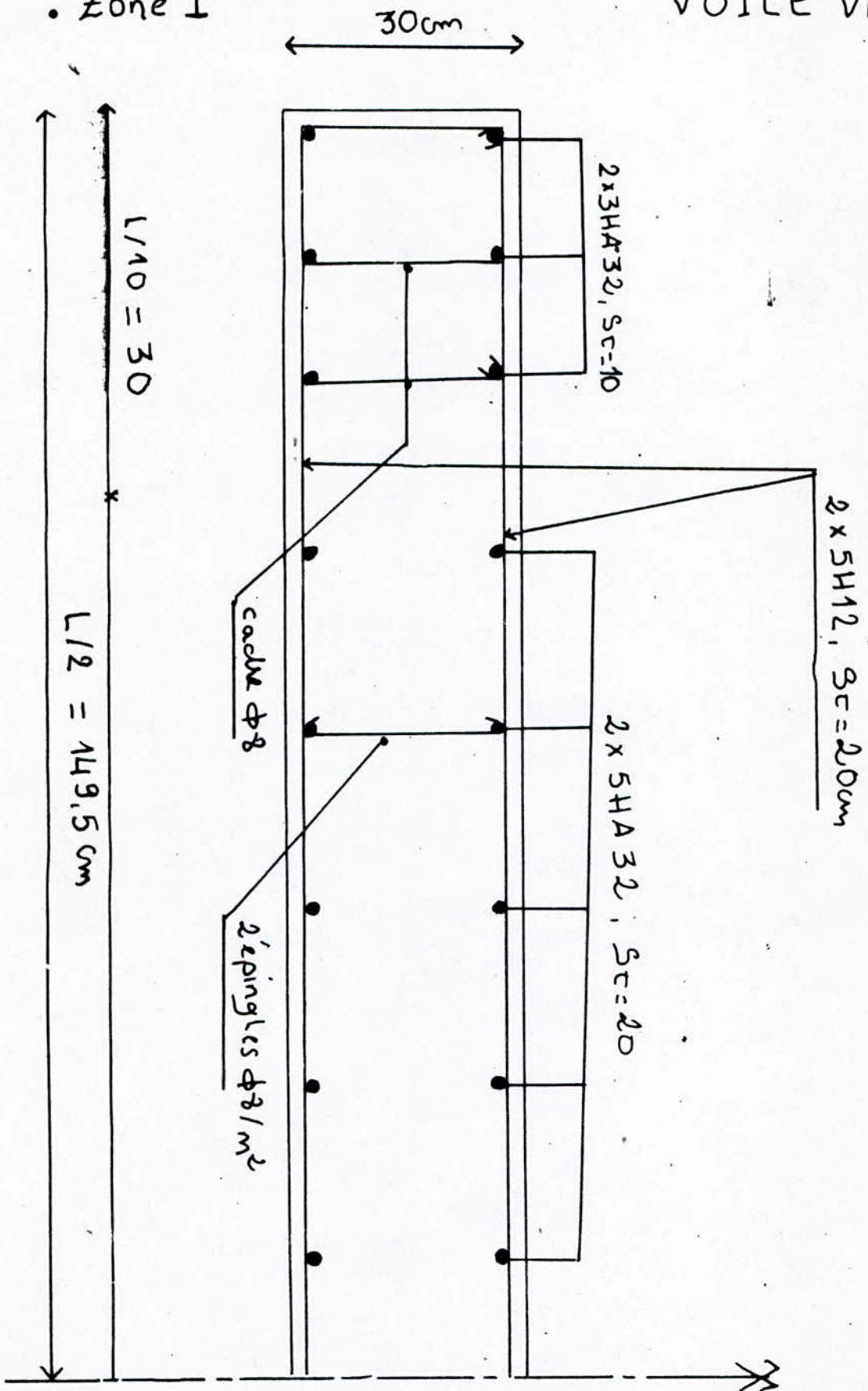
Trumeau 2

Zone	I	II	III
St (cm)	25	25	25
Av(cm ² /ml/f)	40.01	14.95	7.8
Av adopté	6HA32	3HA25+2HA20	5HA14
Ah (cm ² /ml/f)	6.02	6.02	6.02
Ah adopté	5H12	5H12	5H12
St (cm)	20	20	20
δ_c	13.09	9.98	5.18
τ_b	2.25	1.09	0.89

FERRAILLAGE DU TRUMEAU : 2

VOILE VN4

• Zone I



FERRAILLAGE
DES POTEAUX

Sens transversal

• Nmin -----> Mcor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N^*	M^*	A (cm ²)	Nat
45x45	14-11	6.68	1.71	0.175	16.48	0.02	6.97	1.91	4.88	SPC
55x45	10-7	45.27	3.69	0.081	13.49	"	49.59	4.74	9.12	SPC
65x65	6-3	57.69	4.12	0.070	11.41	"	58.6	5.38	10.56	SPC
75x75	2-SS	78.12	4.78	0.061	11.32	"	78.70	6.47	13.43	SPC

A

A

• Nmax -----> Mcor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N^*	M^*	A (cm ²)	Nat
45	14-11	53.22	0	0	16.49	0.02	55.56	1.10	7.09	SEC
55	10-7	76.32	0	0	13.49	"	78.54	1.57	9.98	"
65	6-3	154.01	0	0	11.41	"	157.25	3.14	10.73	"
75	2-SS	187.99	0	0	11.36	"	191.94	3.84	22.75	"

B

B

• Mmax -----> Ncor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N^*	M^*	A (cm ²)	Nat
45x45	14-11	46.93	3.19	0.068	16.48	0.02	48.99	13.13	10.1	SPC
55x45	10-7	92.75	5.14	0.055	13.49	"	95.44	28.19	18.04	"
65x65	6-3	131.96	6.02	0.046	11.41	"	134.22	43.73	23.51	"
75x75	2-SS	139.10	10.60	0.077	11.31	"	142.02	56.33	25.82	"

N	N^*	N	N^*
0.346	0.401	89.56	93.81
0.675	0.750	327.33	350.00
1.005	1.346	707.98	713.06
1.170	1.401	877.68	881.89

Sens longitudinal

• Nmax -----> Mcor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N*	M*	A (cm ²)	Nat
45	14-11	57.18	3.649	0.064	16.48	0.02	59.53	5.000	12.91	SPC
55	10-7	112.66	2.559	0.023	13.49	"	115.93	4.987	19.68	SPC
65	6-3	162.28	"	0.016	11.41	"	165.69	5.926	26.69	"
75	2-SS	210.41	0	0	11.31	"	214.83	4.297	32.10	"

A

A

• Nmin -----> Mcor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N*	M*	A (cm ²)	Nat
45	14-11	6.30	0.82	0.131	16.48	0.02	6.57	0.994	1056	
55	10-7	30.04	0.29	0.009	13.49	"	30.91	0.919	4.59	
65	6-3	51.30	1.01	0.019	11.41	"	157.25	52.38	2.082	7.94
75	2-SS	82.26	4.17	0.051	11.31	"	33.39	5.943	15.78	

B

B

• Mmax -----> Ncor

Pot.	Niv.	N	M	e_0	λ	e_a	N*	M*	A (cm ²)	Nat
45	14-11	13.58	5.74	0.42	16.48	0.02	14.06	6.22	6.55	SPC
55	10-7	55.05	4.66	0.08	13.49	"	56.65	5.93	11.34	"
65	6-3	151.14	11.38	0.07	11.41	"	154.32	14.46	30.15	"
75	2-SS	153.50	10.085	0.06	11.31	"	156.70	13.43	27.84	"

N	N*	N	N*
0.535	0.609	107.55	112.89
1.067	1.251	392.4	407.13
1.60	1.81	850.06	589.26
1.90	2.45	1051.63	1062.33

La section d'armature longitudinale doit satisfaire les conditions suivantes:

- a/ $A_s \geq 4(2a + 2b)$ vérifiée
- b/ $0,2 B / 100 \leq A_s$ "
- c/ $A_{\min} = \text{Max}[4(2a + 2b); 0,2 B/100]$ "

- La longueur de recouvrement : $l_r = 24$

$$\begin{aligned} \phi_1 = 20 \text{ mm} & \text{-----} > l_r = 48 \text{ cm} \\ \phi_1 = 25 \text{ mm} & \text{-----} > l_r = 50 \text{ cm} \\ \phi_1 = 26 \text{ mm} & \text{-----} > l_r = 52 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Aciers transversaux

$$50 \leq \phi t \leq 12 \text{ mm avec } \phi t \geq \phi_l / 10$$

- Ecartement maximal

$$s_{t\max} = \min[\phi_l, 40 \text{ cm}, a + 10 \text{ cm}] = 30 \text{ cm}$$

- Diamètre minimal

$$\phi_{L\min} \geq 12 \text{ mm}$$

- Longueur de recouvrement est de 40 en zone I.
- La distance entre barres verticales dans une face du poteau ne doit pas dépasser 25 cm en zone I.
- Armatures transversales

- Espacement minimal

$$\begin{aligned} &= 10 \text{ cm en zone nodale} \\ &= 20 \text{ cm en zone courante} \end{aligned}$$

- Asmintrans : $A_s = 2,25 \text{ cm}^2$

Les armatures transversales sont calculées comme suit :

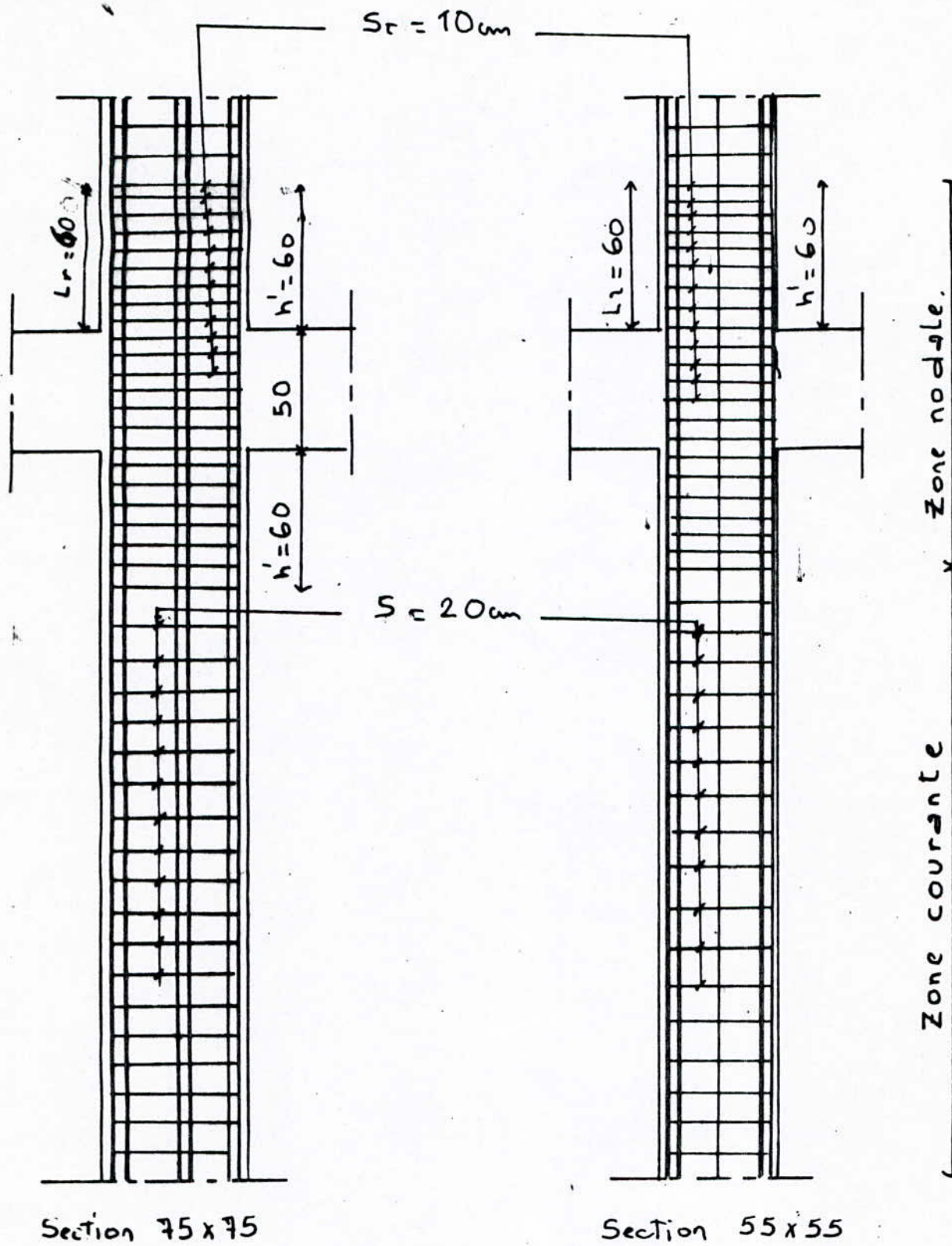
$$A_t/S_t = 2.5T/(hL \cdot \sigma_s) \Rightarrow A_{t\text{cal}} < A_{t\text{min}}$$

Donc on prend $A_{t\text{min}} = 2,25 \text{ cm}^2$

FERRAILLAGE DES POTEAUX (structure 1).

. Niv : S.S → 2

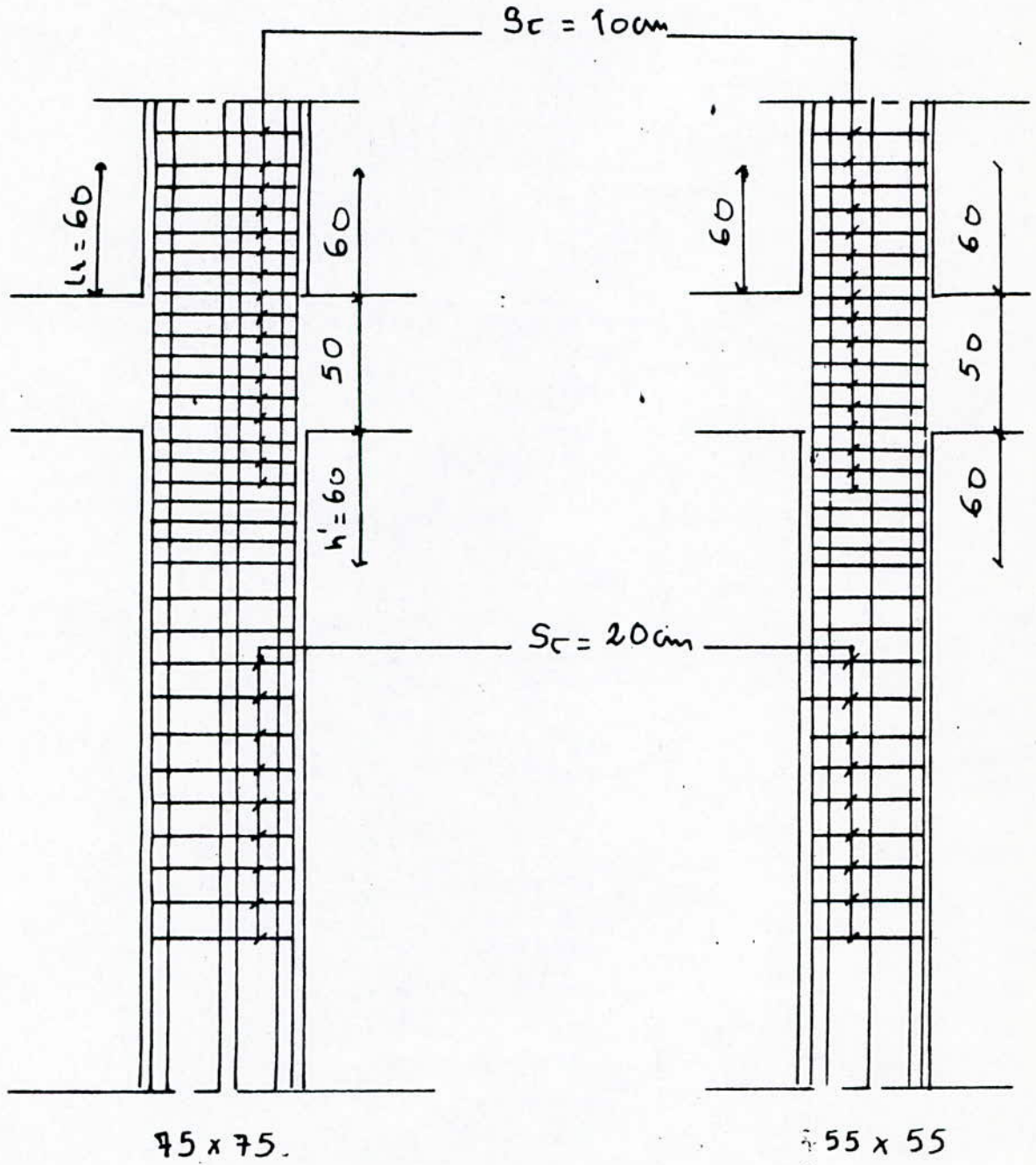
. Niv : 7 → 10



Structure II

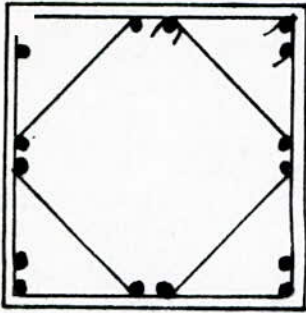
.Niv 5.5 → 2

.Niv 7 → 10



• Structure I

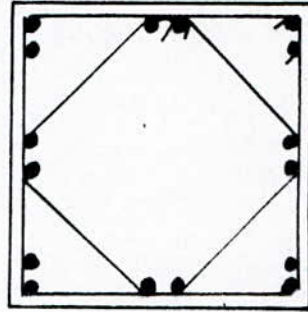
Double cadre: $\phi 10$ - Niv (55-2)
75 x 75



16T25

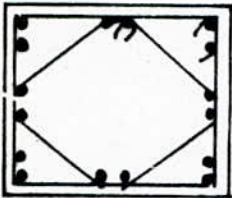
• Structure II

Double cadre: $\phi 8$

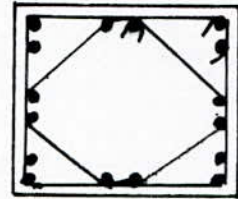


16T16

- Niv (3-6)
65 x 65

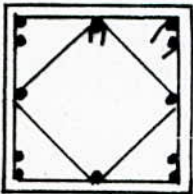


8T20 + 8T25

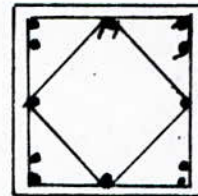


8T16 + 8T14

- Niv (7-10)
55 x 55



4T20 + 8T20



4T14 + 8T16

- Niv (11-14)
45 x 45



16T20



16T14

ANNEXE 18

ETUDE DU PLANCHER

ETUDE DES PLANCHERS

I/ INTRODUCTION

Les planchers sont les aires planes limitant les étages et supportant les reêtements de sols.

Deux fonctions principales leur sont dévolues :

- Fonction de résistance : les planches supportent leurs poids propres et les surcharges d'exploitation.
- Fonction d'isolation : ils isolent thermiquement et acoustiquement les différents étages.

La structure considérée comprend deux types de planchers:

- 1/ Les planchers en dalle pleine en B. A.
- 2/ Une dalle mince.

II/ Planchers en dalle pleine

Le calcul s'effectue en deux temps :

- a) la dalle est supposée simplement appuyée sur son contour, et est sollicitée par des moments isostatiques.
- b) La dalle est ensuite replacée dans son milieu de continuité, on détermine alors les sollicitations réelles.

Pour le calcul du ferrailage des panneaux de dalle, on utilise la méthode forfaitaire, exposée dans les BAEL 83, et dont les conditions d'application sont remplies dans ce cas.

Les moments du centre du panneau par unité de longueur sont :

$$M_x = \mu_x \cdot q \cdot l_x^2$$

$$M_y = \mu_y \cdot M_x$$

μ_x et μ_y sont données en fonction de $q.l_x^2$

Dans notre cas : 0,4

$$G = 748 \text{ daN/m}^2$$

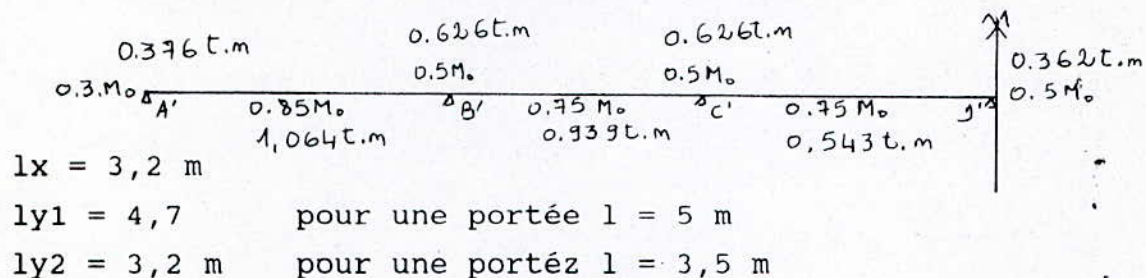
$$Q = 400 \text{ daN/m}^2 \quad ; \text{ pour le RDC et le 1er niveau}$$

$$\Rightarrow P = 1.35 G + 1,5 Q = 1609,8 \text{ daN/m}^2$$

$$P = 1610 \text{ daN/m}^2 = 1,610 \text{ t/m}^2$$

• Exemple d'étude : plancher RDC

1/ Panneau dalle dans le sens longitudinal



$$\Rightarrow l_1 = 0,680 \quad , \quad l_2 = 1$$

u_x et u_y sont lus dans des abaques pour $\mu = 0,2$ -béton non fissuré).

$$M_{0x1} = u_{x1} \cdot p \cdot l_x^2 = 0.076 \times 1.610 \times (3.2)^2 = 1.252 \text{ t.m}$$

$$M_{oy1} = u_{y1} M_{0x1} = 0.565 \times 1.252 = 0.708 \text{ t.m}$$

$$M_{0x2} = u_{x2} P \cdot l_x^2 = 0.044 \times 1.610 \times (3.2)^2 = 0.725 \text{ t.m}$$

$$M_{oy2} = u_{y2} M_{0x2} = 1 \times M_{0x2} = 0.725 \text{ t.m}$$

1.1/ Détermination du ferrailage

a) Armatures du panneau de rive (A'B')

• Armatures en travée : $M_t = 1.064 \text{ t.m}$

$$\phi = 12 \text{ mm} ; dx = 2 \text{ cm} \quad \Rightarrow 17,4 \text{ cm}$$

$$dy = dx - 1.2 = 16.2 \text{ cm}$$

$$A_{yt} = \frac{M_{ly}}{\xi \cdot f_{su}} = \frac{1,064 \cdot 10^{-2}}{(0,9 \cdot 0,142 \cdot 348)} = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{yt} = 3\text{HA}12 / \text{ml} \quad \# \quad 3,39 \text{ cm}^2$$

• Armature d'appuis : $M_a = 0,376 \text{ t.m}$

On choisit des barres en $\phi 8$; $d_y = 16,8 \text{ cm}$

$$A_{ya} = \frac{M_a}{0,9 \cdot d \cdot f_{su}} = 0,72 \text{ cm}^2$$

$$A_{ya} = 3\phi 8 / \text{ml} \quad \# \quad 1,5 \text{ cm}^2$$

b/ Armatures du panneau intermédiaire

• Armatures en travée : $M_t = 0,939$

$$A_{yt} = \frac{M_t}{\xi \cdot d \cdot f_{su}} = 2 \text{ cm}^2$$

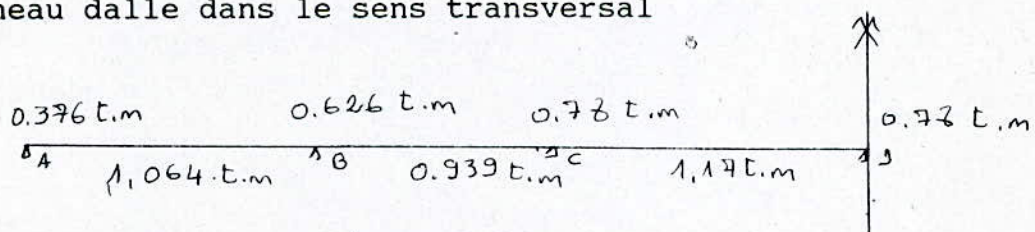
$$A_{yt} = 3\text{HA}12 / \text{ml} \quad \# \quad 3,39 \text{ cm}^2$$

• Armatures en appuis: $M_a = 0,626 \text{ t.m}$

$$A_{ya} = \frac{M_a}{\xi \cdot d \cdot f_{su}} = 1,2 \text{ cm}^2$$

$$A_{ya} = 3\text{HA}10 / \text{ml} \quad \# \quad 2,35 \text{ cm}^2$$

2/ Panneau dalle dans le sens transversal



$$l_{x1,2} = 3,20 \text{ m}$$

$$l_{x3} = 4,7 \text{ m}$$

$$l_y = 4,7$$

$$l_1 = l_2 = 0,680$$

$$l_3 = 1$$

$$M_{ox1} = M_{ox2} = 1,252 \text{ t.m}; \quad M_{ox3} = 1,56 \text{ t.m}$$

$$M_{oy1} = M_{oy2} = 0,708 \text{ t.m}; \quad M_{oy3} = 1,56 \text{ t.m}$$

- Armatures des panneaux AB et BC

- Travée AB

$$A_{xt} = 3HA12/ml$$

$$A_{xa} = 3\phi 8/ml$$

- Travée BC

$$A_{xt} = 3HA12/ml$$

$$A_{xa} = 3HA10/ml$$

- Armatures du panneau CD

Armatures en travée :

$$A_{xt} = \frac{M}{z \cdot d \cdot f_{su}} = 2.31 \text{ cm}^2$$

$$A_{xt} = 3HA12/ml$$

- Armatures en appuis

$$A_{xt} = \frac{M}{z \cdot d \cdot f_{su}} = 1.48 \text{ cm}^2$$

$$A_{xa} = 3\phi 8/ml$$

- Vérification à l'effort tranchant

$$T_x = \frac{\rho \cdot l_x \cdot l_y}{2l_y + l_x} = 1,92 \text{ t}$$

$$T_y = \frac{\rho l_x}{3} = 1,72 \text{ t}$$

$$t_u = \frac{V_u}{b \cdot d} = \frac{1.92 \text{ t} \cdot 10^{-2}}{1 \cdot 0.8 \cdot 0.2} = 0.12 \text{ MPa}$$

$$t_u = 0.05 f_{c28} = 1.25 \text{ Mpa}$$

$t_u < t_u$: aucune armature d'effort tranchant n'est requise.

- Vérifications

$$St = 33 \text{ cm}$$

$$St = 33 \text{ cm}$$

- Ferraillage minimum

Les règlements BAEL 83 imposent un ferraillage minimum d'après l'article A:2.8.4.

$$\frac{A_x}{b \cdot h} \geq \left(\frac{3-\alpha}{2}\right)^2 \cdot \rho_0 \quad \text{et} \quad \frac{A_y}{b \cdot h} \geq \rho_0$$

$$\alpha = l_x / l_y \quad ; \quad \rho_0 = 0.008 \text{ pour les barres HA FE400}$$

$$\Rightarrow A_y \geq b \cdot h \cdot \rho_0 \Rightarrow A_y \geq 1.6 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow A_x \geq b \cdot h \left(\frac{3-\alpha}{2}\right)^2 \rho_0 = \begin{cases} 2.15 \text{ cm}^2 \\ 1.6 \text{ cm}^2 \end{cases}$$

Ce qui est vérifié

Tableau récapitulatifs

Pour les deux structures

- Sens longitudinal

	A'	A'B'	B'	B'C'	C'	C'D'	D'
armature	3φ8/ml 1.5 cm ²	3HA12/ml 3.39	3H10/ml 2.35	3HA12/ml 3.39	3HA12/ml 2.35	3HA12/ml 3.39	3φ8/ml 1.5

- Sens transversal

	A	AB	B	BC	C	CD	D
armature	3φ8/ml	3HA12/ml	3H10/ml	3HA12/ml	3HA10	3HA12/ml	3φ8/ml

ANNEXE 19

ETUDE DES POUTRES

ETUDE DES POUTRES

I/ INTRODUCTION

Conformément au règlement, il ne sera pas fait état dans les calculs des efforts normaux dans les poutres.

Les poutres seront ferraiées en flexion simple en considérant une fissuration peu nuisible selon une méthode simplifiée donnée par le BAEL 83.

Les sections d'acier seront déterminées pour les cas les plus défavorables.

Les armatures longitudinales déterminées en fonction du moment fléchissant, tandis que les armatures transversales seront déterminées en fonction de l'effort tranchant.

L'organigramme suivant résume les étapes de calcul

1/ Vérifications diverses

Condition de non fragilité :

- BAEL : $A_s / b.d \geq 0.23 f_{t28} / f_e$
- RPA : $A_s \geq 0.5 \% b.h$
 $A_s \geq 4 \% b.h$ en zone courante
 $A_s \geq 6 \%$ en zone de recouvrement article 4.2.2.1.

2/ Vérification au cisaillement

BAEL $t_u \leq t_{u\text{avec}} t_u = V_u / b.d$

3/ Armatures transversales

BAEL : $A_t \cdot f_e / b \cdot s_t \geq \text{Max} \left[\frac{T_u}{2}, 0.4 \text{ MPa} \right]$
RPA : $A_t \geq 0.003 s_t \cdot b$, art. 4.2.2.2

BAEL : $A_s/b.d \geq 0.23 f_{t28}/f_c$

RPA : $A_s/0.5\% b.h$
 $A_s/4\% b.h$ en zone courante
 $A_s/6\% b.h$ " " de recouvrement } Art 4.2.2.1

4/ Espacement

Ayant A_t , on détermine l'espacement St par les conditions suivantes avec :

$K = 1$ flexion simple et $\alpha = 90$ degrés

Si $\tau_u \geq 0.833$ Mpa -----> $A_t / St \geq$

Si $\tau_u \leq 0.8$ MPa -----> $A_t / St \geq 0.4b/f_c$

Si $0.8 \leq \tau_u \leq 0.833$ Mpa -----> $A_t/St \geq 0.5 \tau_u b/f_c$

- RPA :
- Zone nodale : $St \leq \text{Min}(h/4, 12\phi)$
- En dehors de la zone nodale : $St \leq h/2$
- Longueur de recouvrement est de 40ϕ

Contrainte de béton

$$bc = 2V_u/b.d \leq 0.8 f_{c28}/\gamma_b$$

6/ Vérification des appuis

a/ Appuis de rive : $A_s \geq V_u/(f_e.\gamma_b)$

b/ Appuis intermédiaires : A_s

7/ Vérification de la flèche

Ce calcul sera inutile si les trois conditions suivantes seront vérifiées

- $h/l \geq Mt/(10.Mo)$
- $h/l \geq 1/16$
- $A/(bd) \leq 4.2/fe$

N.B. les résultats sont regroupés dans les tableaux suivants

- **Sens longitudinal**

Armatures en appuis

Niv.	ap	Armature sup		Armat. inf	
		A (cm ²)	A adop.	A	A Adop.
14	1	4.899	3T16	2.512	3T12
	2	4.160	3T14	4.171	3T14
	3	3.422	3T14	3.302	3T12
7	4	1.290	3T12	2.947	3T12
6	1	11.401	6T14	5.603	5T12
	2	4.590	3T14	5.294	5T12
	3	4.169	3T14	5.267	6T12
3	4	4.935	4T14	6.282	4T16
2	1	3.829	4T14	6.421	5T14
	2	3.676	3T14	3.821	3T14
	3	3.821	3T14	4.629	3T14
1	4	2.453	6T14	5.305	4T14

• Sens transversal

Armatures en appuis

Niv.	ap	Armature sup		Armat. inf	
		A (cm ²)	A adop.	A	A Adop.
14	A	2.503	5T12	1.028	3T12
	B	3.265	3T12	2.487	3T12
	C	5.993	6T12	2.969	3T12
7	D	2.573	3T12	3.821	4T12
6	A	5.077	4T14	3.196	3T12
	B	4.137	3T14	4.137	3T12
	C	5.489	4T14	2.747	4T12
3	D	4.714	4T14	4.445	3T12
2	A	2.212	3T12	1.609	3T14
	B	3.439	4T12	4.351	3T14
	C	4.350	4T12	3.437	3T14
1	D	3.439	4T12	4.351	3T14

• Sens longitudinal

• Armatures longitudinales, en travée :

Niv.	Poutres	Mt (t.m)	A (cm ²)	A adopt.
14	1 - 2	6.999	4.697	3T16
	2 - 3	7.879	5.234	3T16
7	3 - 4	3.854	2.527	3T12
6	1 - 2	7.590	5.075	5T12
	2 - 3	8.038	5.390	3T16
3	3 - 4	4.309	2.822	3T12
2	1 - 2	8.237	4.981	4T14
	2 - 3	8.063	4.872	3T16
1	3 - 4	8.180	4.946	3T16

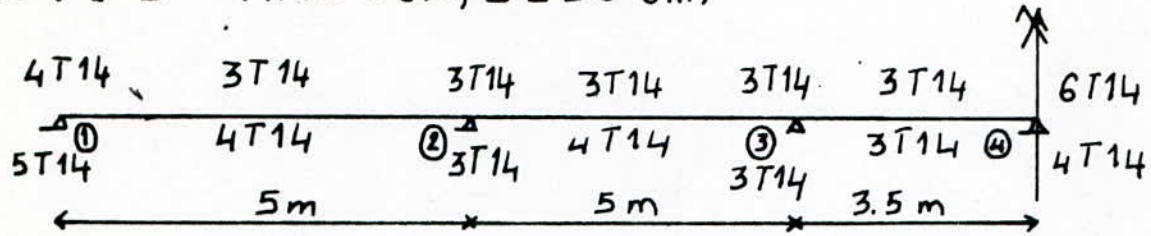
• Sens transversal

• Armatures transversales, en travée

Niv.	Poutres	Mt (t.m)	A (cm ²)	A adopt.
14	A - B	2.434	1.580	3T12
	B - C	2.352	1.526	3T12
7	C - D	6.209	4.142	4T14
6	A - B	2.732	1.535	3T14
	B - C	2.729	1.770	3T14
3	C - D	6.295	4.174	3T14
2	A - B	3.096	1.824	3T14
	B - C	6.603	3.960	3T14
1	C - D	3.096	1.824	3T14

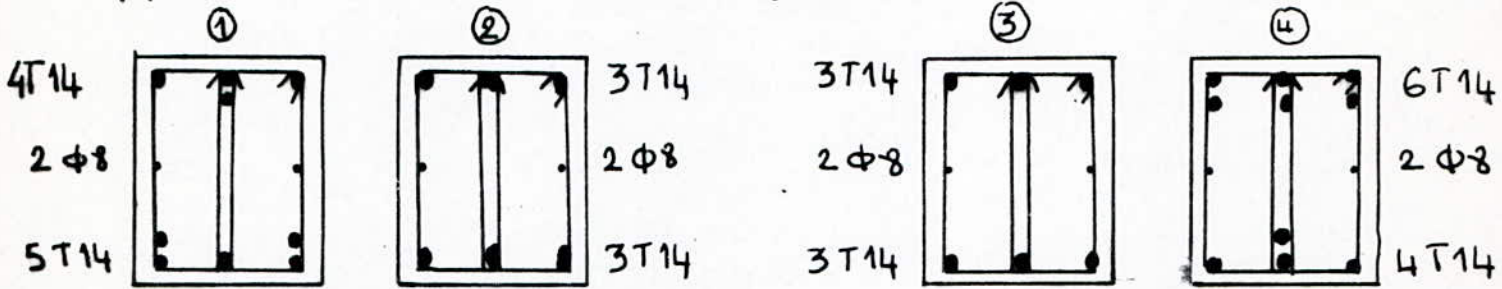
FERRAILLAGE DES POUTRES LONGITUDINALES

• niv : 1-2 (h = 50 cm; b = 30 cm)

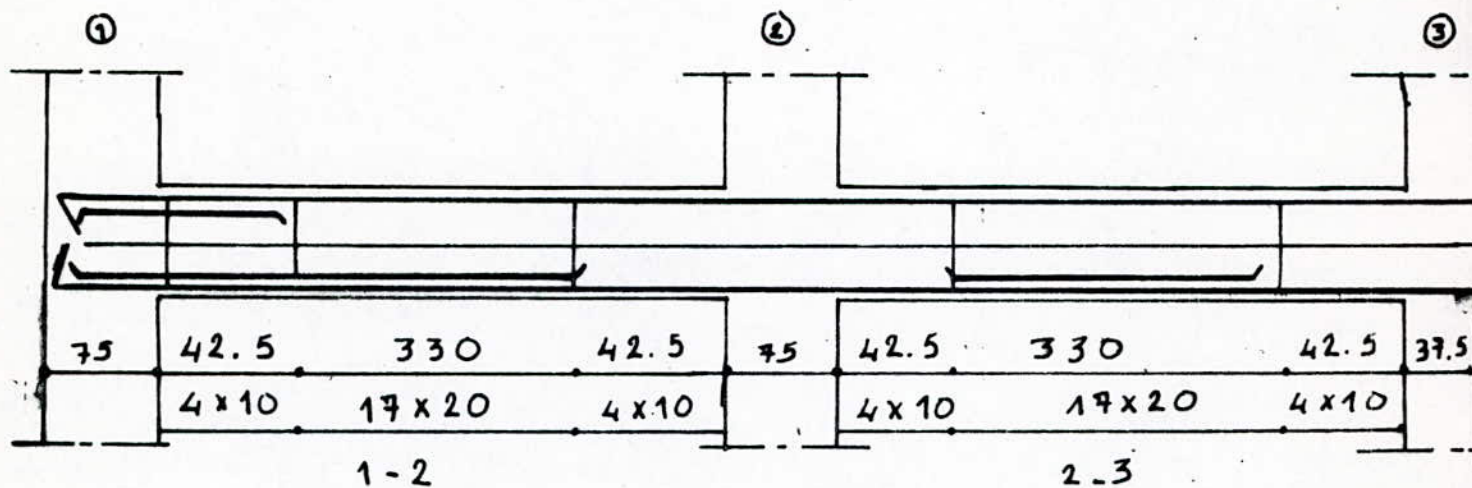
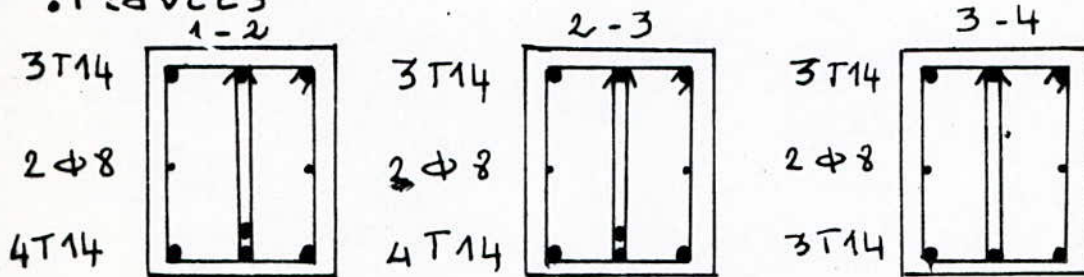


• Appuis

cadre + epingle : $\phi 8$

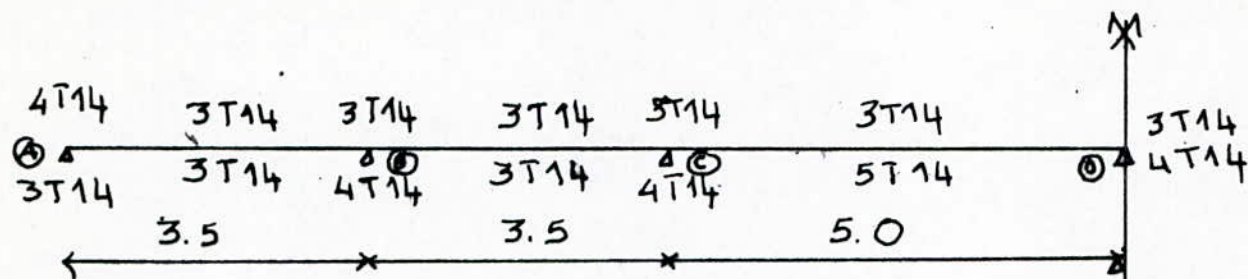


• Travées

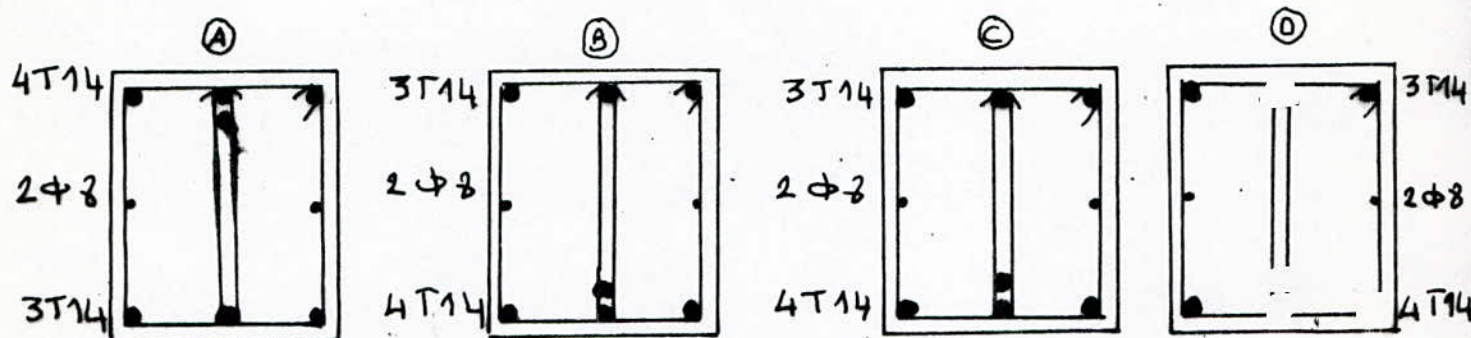


FERRAILLAGE DES POUTRES TRANSVERSALES

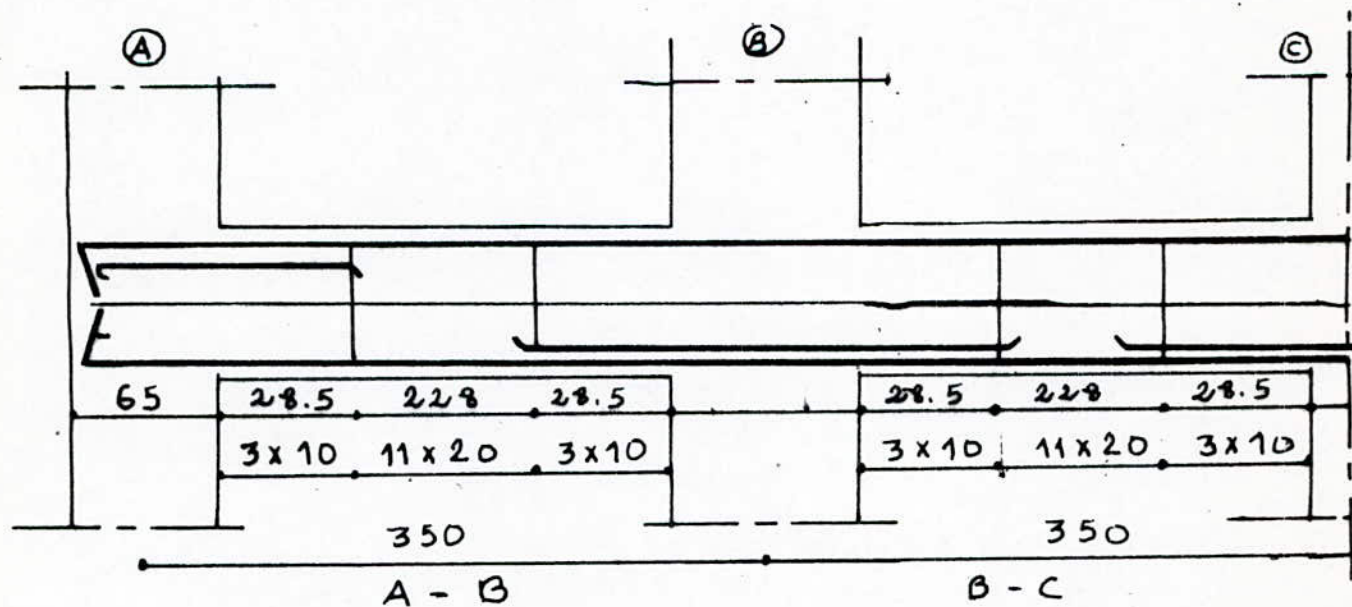
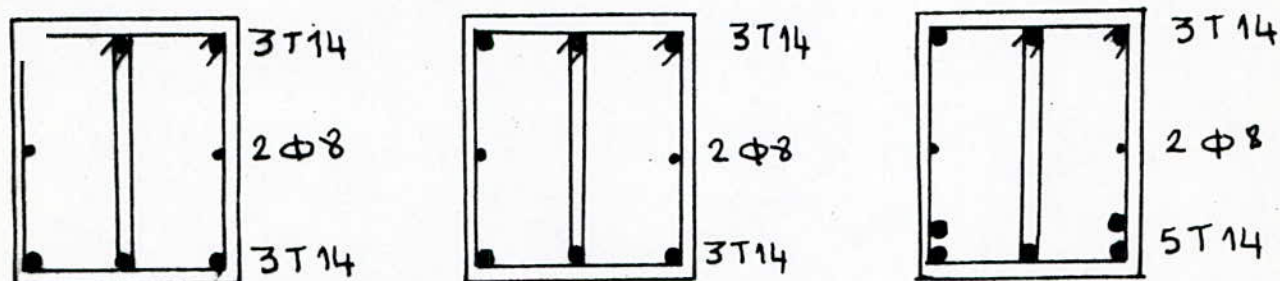
• Niv : 3-6 (h = 50, b = 30cm)



• Appuis cadres + epingles en $\phi 8$; enrobage = 2,5cm



• Travées



ANNEXE 20

ETUDE DES BALCONS

Les balcons sont encastrés dans les poutres, ils seront étudiés comme une console soumise à son poids propre G , à la surcharge d'exploitation Q et au poids du garde corps N_{gc} .

Les calculs sont faits pour une bande de 1m de large.

1) Determination du chargement :

$$G=849 \text{ daN/m}^2$$

$$Q=400 \text{ daN/m}^2$$

$$N_{gc}=100 \text{ daN/m}^2$$

$$q_u = (1,35G+1,5Q) * 1 = 1,75 \text{ t/m}$$

E L U :

$$N_u = 1,5 * N_{gc} = 0,15 \text{ t}$$

$$q_{ser} = G + Q = 1,2 \text{ t/m}$$

E L S :

$$N_{ser} = 0,10 \text{ t}$$

2) Determination du ferrailage : $L=1,5 \text{ m}$

a/ Sollicitations :

$$E L U : M_u = 2,19 \text{ t.m} , T_u = 2,77 \text{ t}$$

$$E L S : M_{ser} = 1,5 \text{ t.m} , T_{ser} = 1,9 \text{ t}$$

b/ Determination du ferrailage longitudinal :

La console étant soumise à une flexion simple, pour 1m de largeur de bande, les calculs donnent :

$$A_s = 7,69 > A_{min} = 1,21 \text{ cm}^2$$

soit 5 HA14 (St = 20 cm)

c/ Ferraillage transversal :

* Contrainte tangentielle maximale :

$$u = T_u / b.d = 0,27 \text{ MPa} < u_{ad} = 2,7 \text{ MPa}$$

* Influence de l'effort tranchant au niveau de l'encastrement :

$$F = -M_u / (0,9 d) = 24 \text{ t} > V_u = 2,77 \text{ t} \implies V_u + M_u / (0,9.d) = 2,77 - 24 = -21,23 \text{ t} < 0$$

Dans ce cas, les armatures longitudinales ne sont soumises à aucun effort de traction.

3) Vérification à l'ELS :

a/ Etat limite d'ouverture des fissures :

$$s = 0,13 \text{ MPa} < s_{adm} = 240 \text{ MPa} \quad \text{Vérifié}$$

b/ Etat limite de compression du béton :

$$bc = 5,76 \cdot 10^{-3} \text{ MPa} < b_{adm} = 15,3 \text{ MPa}$$

Vérifié

c/ Etat limite de déformation :

$$= M_{ser} \cdot l^2 / (3,6 E_s I) = 4,96 \text{ mm} < adm = 6$$

mm Vérifié

ANNEXE 21

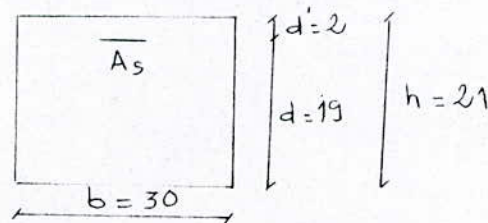
CALCUL DES ESCALIERS

ETUDE DE LA VOLEE

I/ ETUDE DE LA VOLLEE

On envisage de réaliser un escalier tournant (hélicoïdal) à noyau, dont les marches seront encastrées dans le noyau (poteau circulaire), et calculées en console.

On assimile donc la marche à une section rectangulaire de largeur $b = 30$ cm, et de hauteur $h = 21$ cm.



1.1 /Etude du chargement

On considère que la charge comprend, en dehors du poids propre et de la surcharge d'exploitation, le poids de 2 personnes, soit 150 Kg par marche.

$$G = 420 \text{ daN/m}^2$$

$$Q = 400 \text{ daN/m}^2$$

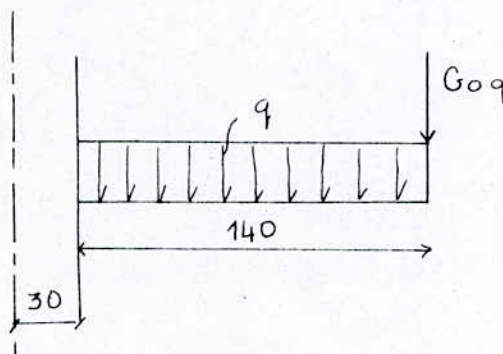
$$F_{gc} = 100 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{ELU : } q_u = (1,35G + 1,5Q) \times b = 0,350 \text{ t/m}$$

$$F_{ugc} = 1,5 F_{gc} \times b = 0.05 \text{ t}$$

1.2 Détermination du ferrailage longitudinal

La section de la console est soumise à une flexion simple avec un moment négatif.



Soient les sollicitations suivantes

$$M_u = -(q_u L^2 / 2 + F_{gc} \cdot L) = -0.413 \text{ t.m}$$

$$T_u = q_u \cdot L + F_{gc} \cdot U = 0.54 \text{ t}$$

La section comprendra des armatures tendues uniquement évaluées par les calculs à l'ELU à

$$A_s = 0.91 \text{ cm}^2$$

- Condition de non fragilité

$$A_{s \text{ min}} = 0.23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} = 0.73 \text{ cm}^2$$

On opte pour $A_s = 1.5 \text{ cm}^2$

Soit 3HA8

- Longueur d'ancrage de l'armature

Selon les RPA, la longueur d'ancrage dans le noyau est : $L_a = 40 \cdot L = 32 \text{ cm}$

1.3 Ferrailage transversal

a) Justification de l'effort tranchant

$$T_u = 0.54 \text{ t}$$

$$\tau_v = \frac{T_u}{b \cdot d} = 0.095 \text{ Mpa} < \text{max} = 3.51 \text{ MPa}$$

Ainsi les armatures d'âme ne sont pas nécessaires, toutefois, on en prévoit un taux minimum pour le montage.

On considère la section d'armatures d'âme formée par un étrier en $\phi 8$, on aura

$$A_{st} = 1 \text{ cm}^2$$

$$S_t = A_{st} f_e / 0.4 b = 33 \text{ cm}$$

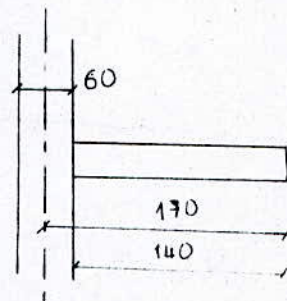
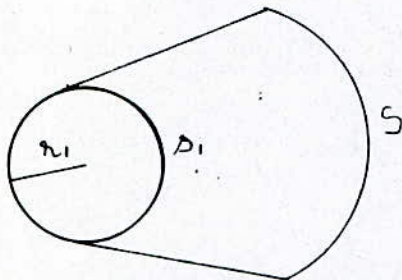
L'espacement admissible

$$S_{adm} = \min(0.9d, 40 \text{ cm}) = 17.1 \text{ cm} \Rightarrow s_{adm} = 16 \text{ cm}$$

2/ Calcul de l'effort normal du poteau

• Vérification du poinçonnement

$$P_p = \gamma_b \cdot V = 2.5 \times 3.14 (0.3)^2 \cdot 3.06 = 2.16 \text{ t}$$



$$S_1 = d_1 r_1, S_2 = d_2 R_1 \quad ; \quad \alpha = \frac{3\pi}{2}, \quad \alpha_1 = \frac{\alpha}{12} = \frac{3\pi}{24}$$

Pour éviter le chevauchement des marches, on opte pour $2 \alpha_1 \Rightarrow 2$

s1

$$S_1 = \frac{3\pi}{24} \cdot 170 = 66 \text{ cm}, \quad S_2 = \frac{3\pi}{24} \cdot 30 = 11 \text{ cm}$$

$$S = (0.22 + 0.66) / 2 \cdot 1.4 = 0.616 \text{ cm}^2$$

$$\Rightarrow V = 0.616 \cdot (0.10 + 0.15) / 2 = 0.077 \text{ cm}^3$$

$$\frac{d}{2} = 30 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow S = 2827.4 \text{ cm}^2 \xrightarrow{\text{RPA}} A_s = 0.8\%$$

$$A = 22.61 \text{ cm}^2$$

Soit 8HA20, $e = 20 \text{ cm}$

Pour les armatures transversales, on opte pour des 8, $e =$

20

3/ Structure du palier

Le palier est assimilé à une dalle pleine mince, il est encastré sur 3 cotés

3.1/ Détermination en chargement

$$G = 394 \text{ daN/m}^2$$

$$Q = 250 \text{ daN/m}^2$$

$$Q_m = 268 \text{ daN/m}^2$$

$$\text{ELU : } q_u = 1.35 (G + G_m \times 2b) + 1.5 (Q + Q_m \times 2 \times b) = 1.68 \text{ t/m}$$

3.2/ Calcul du ferrailage

Ce calcul est similaire à celui du plancher

Moments fléchissants

Suivant x

$$\text{En travée : } M_{xt} = 0.0154 q_l x^2$$

$$\text{en appuis } M_{xa} = -0.0691 q_l x^2$$

Suivant y

$$\text{En travée : } M_{yt} = 0.02754 q_l y^2$$

$$\text{en appuis } M_{ya} = -0.0616 q_l y^2$$

Ferrailage longitudinal

Condition de non fragilité

$$A_s \geq 0.23 b \cdot d f_{t23} / f_e = 1.28 \text{ cm}^2$$

Longueur d'ancrage

$$l_a = 40 \phi_L$$

Ferraillage supérieur

Suivant x

$A_s = 2.51$ en travée soit 5HA8/m St = 20 cm

En appuis

$A_a = 1.50 \text{ cm}^2$ soit 3HA8/m St = 30 cm

Suivant y

en travée

$A_t = 1.5 \text{ cm}^2$ soit 3HA8/m St = 30 cm

En appuis

$A_a = 3.92 \text{ cm}^2$ soit 5HA10/m St = 25 cm

Ferraillage inférieur

Suivant x

$A_s = 1.5 \text{ cm}^2$ soit 3HA8/m St = 25 cm

Suivant y

$A_s = 1.5 \text{ cm}^2$ soit 3HA8/m St = 25 cm

Remarque

Pour une rapidité d'exécution, on opte pour un quadrillage en 8 à mailles carrées de $(25 \times 25) \text{ cm}^2$.

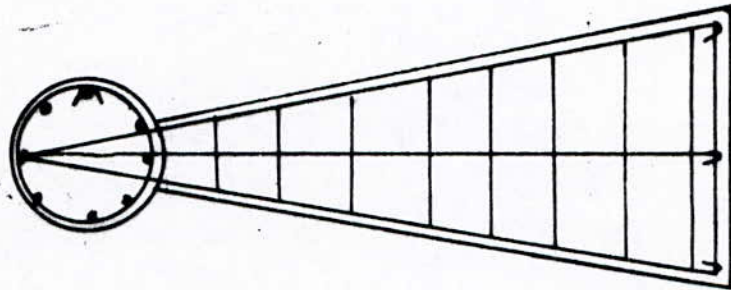
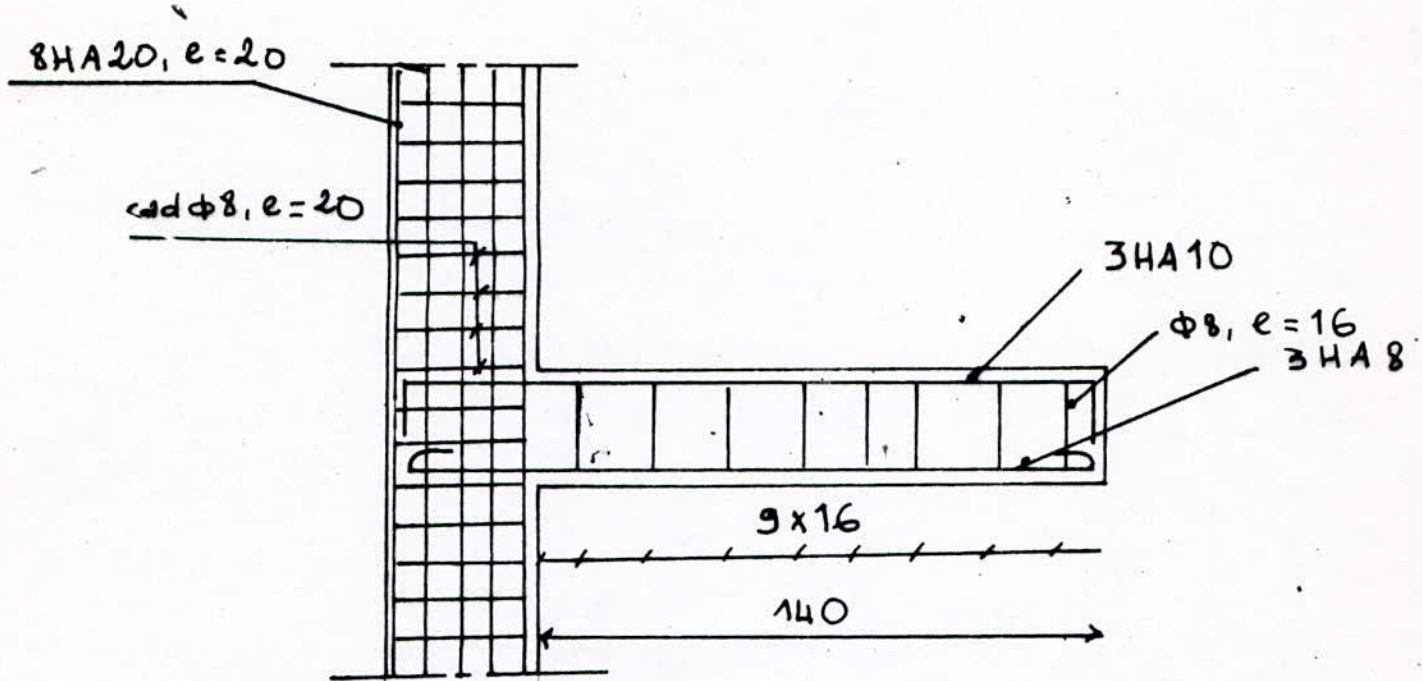
L'ancrage dans la poutre, le voile ou la volée se fait comme suit

On ancre une barre sur 2 avec un ancrage droit la , la seconde barre étant arrêtée à $l_x/10 = 50 \text{ cm}$ du bord,

$l_a = 40 \phi = 35 \text{ cm}$

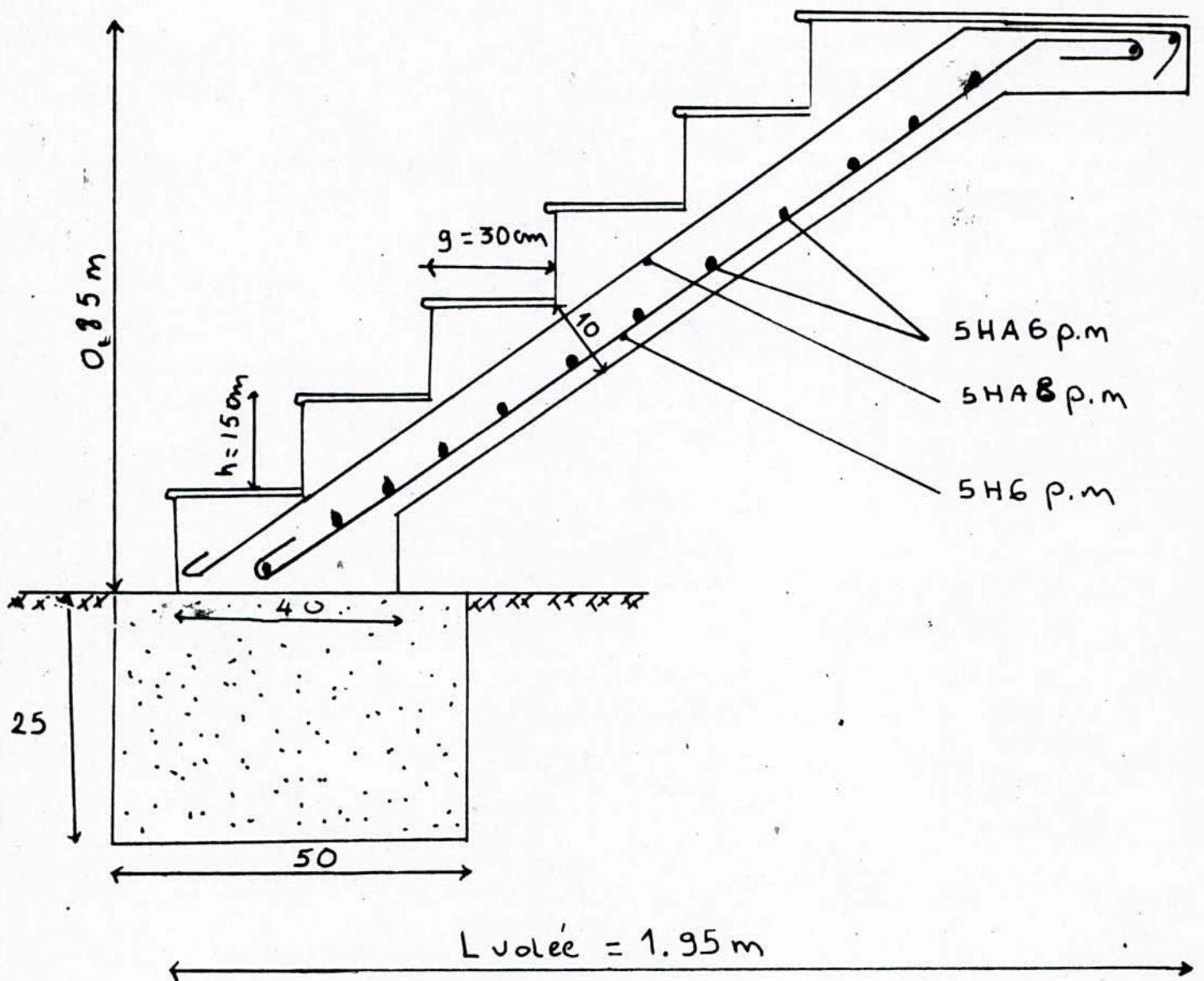
FERRAILLAGE DES ESCALIERS

• Escaliers tournant à noyau



Escaliers du perron

Détails et ferrailage



ANNEXE 22

ETUDE DE L'ACROTERE

Calcul de l'acrotère

1/Introduction:

L'acrotère est un élément en béton armé, encastré à sa base au plancher, les dimensions seront représentées dans ce qui suit:

L'acrotère est soumis à son poids propre G et à une force concentrée appliquée à son extrémité libre, due à l'action d'une main courante "p" engendrant un moment flechissant à la base.

La section considérée est rectangulaire de largeur $b_0=1\text{m}$ sollicitée en flexion composée.

Du fait de son exposition aux intempéries, le calcul se fera en fissuration préjudiciable.

Étant donné que l'acrotère est un élément secondaire, une vérification conforme aux prescriptions des RPA s'imposera à la fin du calcul.

dimension:

-Hauteur: 50cm; 50cm

-Épaisseur: $e=0,1\text{m}$

-Enduit de mortier de ciment : $e=2\text{cm}$ sur la face intérieure

2/Calcul des charges et surcharges:

2.1/Charges permanentes:

$G_1=(0,5*0,1+0,1*0,12)*2500=155\text{dan/ml}$ poids du béton

$G_2=(0,5*0,02)*2000=20\text{dan/ml}$ poids du ciment

$G=G_1+G_2=175\text{dan/ml}$

2.2=Surcharges:

La surcharge due à la main courante est appliquée horizontalement, elle est égale à $p=100\text{dan/ml}$

a-Effort normal dû au poids propre:

$$N_g=175\text{dan/ml}$$

b-Moment de flexion:

-Sans l'effet du seisme: F_p

D'après l'article 3.3.6 du RPA 88, l'effort sismique sur les éléments secondaires (entre autre l'acrotère) est donné par:

$$F_p=4 A.C_p.W_p$$

avec

A: Coefficient d'accélération $A=0,08$

C_p : Facteur de force horizontale pour les éléments secondaires
 $C_p=0,3$

w_p : Poids des éléments secondaires:

$$W_p=175\text{dan/ml}$$

donc:

$$M_p=f_p \cdot h$$

$$F_p=0,08 \cdot 0,3 \cdot 175 \cdot 4=16,8$$

$$\Rightarrow M_p=16,8 \cdot 0,5=8,4\text{dan.m/ml}$$

-Sans l'action de main courante d'une personne: F_{mc}

$$F_{mc}=100\text{dan/ml}$$

$$M_{mc}=F_{mc} \cdot h=100 \cdot 0,5=50\text{Dan.m/ml}$$

conclusion:

On remarque que le moment dû à l'action de l'effort engendré par la main courante d'une personne est le plus grand, donc c'est l'effort le plus défavorable, d'où les sollicitations de calcul:

Sous $N_g=175\text{dan/ml}$

$$M=50\text{dan.m/ml}$$

$$\text{ELU: } N_u=1,35N_g=236,25\text{dan/ml}$$

$$M_u=1,5M=75\text{dan.m/ml}$$

$$\text{ELS: } N_s=N_g+175\text{dan/ml}$$

$$M_s=M=50\text{dan.m/ml}$$

3/Ferailage

3.1 Verification au flambement

Selon les règles BAEL, il n'est pas nécessaire de vérifier le flambement si l'élancement y vérifie les conditions suivantes:

$$y \leq \max[50; \min(67e_0/h; 100)]$$

calcul de y

$$y =$$

$$h=0,1\text{m} \quad l_f=2*1=1\text{m}$$

$$\Rightarrow y=34,6$$

donc:

$$y=34,6 < \max[50; \min(67e_0/h; 100)]$$

$$\text{avec } e_0 = \text{ELU: } e_0=0,315\text{m}$$

$$\text{ELS: } e_0=0,286\text{m}$$

$$\Rightarrow y < 100$$

Donc, la vérification au flambement n'est pas nécessaire.

Ferailage: Pour une bande de 1m

$$N_u=0,236\text{T/ml}$$

$$M_u=0,075\text{t.m}$$

$$e_0=M_u/N_u=0,315\text{m}$$

La section est partiellement comprimée $M_{ua}=M_u+N_u(d-h/2)$

$$M_{ua}=0,085\text{t.m}$$

$$\mu_{bu}=0,0057 < 0,3 \Rightarrow \text{pas d'armatures de compression : } A's=0$$

$\alpha=0,009 < 0,259 = \text{pivot a}$

$Z=0,125$

L'acrotère ne nécessite pas de ferrailage, néanmoins un ferrailage minimum est à adopter.

Section minimale:

$A_{\text{min}}=0,23 \cdot b \cdot d \cdot f_{t28} / f_e = 2,01 \text{cm}^2$

$= 4\text{Ha}8/\text{ml}$

espacement: $s_t = 2,5 \text{cm}$

armature de repartition

$A_r = A/4$ soit $4\text{HA}6/\text{ml}$

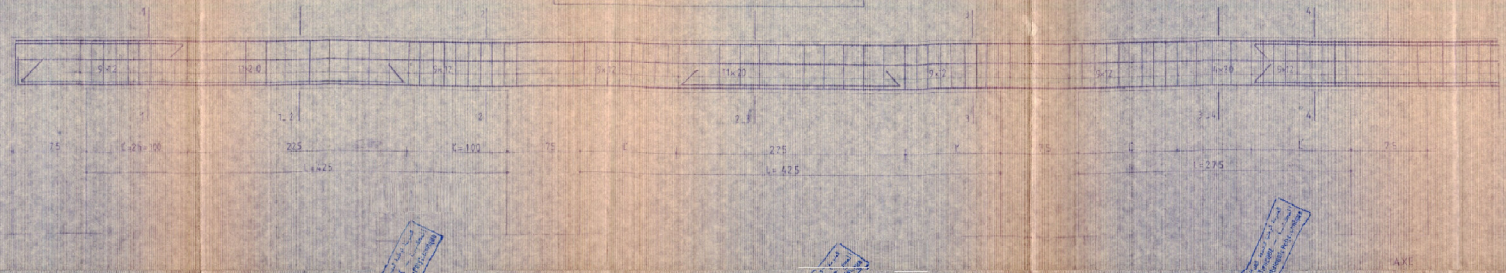
.Effet du cisaillement:

$V_u = 0,18 \text{t/ml}$

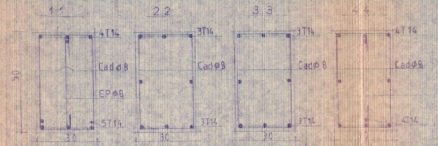
$R_u = V_u / b \cdot d = 0,018 \text{Mpa} < Z = 0,05 f_{c28} = 1,25 \text{Mpa}$

FERRAILLAGE DES POUTRES - ECH 1/20^e 1/10^e
 ① NIVEAU RDC ET 1^{er} ETAGE

ECOLE POLYTECHNIQUE
 ECH 1/20^e 9/9/98
 DEBAZI



COUPES AUX APPUIS



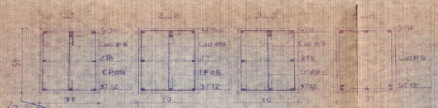
COUPES EN TRAVES



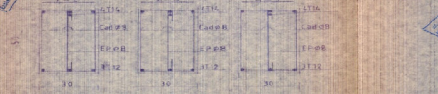
② NIVEAU 2 JUSQU'A 3



COUPES AUX APPUIS



COUPES EN TRAVES



مدرسة البعثية للهندسة المعمارية
جامعة البعث
الدمشق - سورية

FERRAILLAGE DES POTEAUX

ECH 1
25^{eme}

مدرسة البعثية للهندسة المعمارية
جامعة البعث
الدمشق - سورية

Niveau 11 jusqu'à 14

Niveau 10

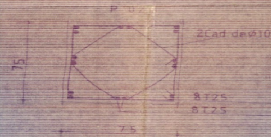
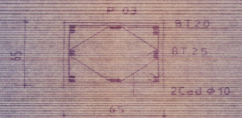
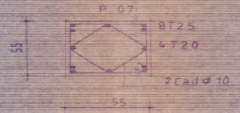
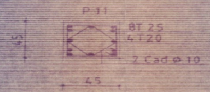
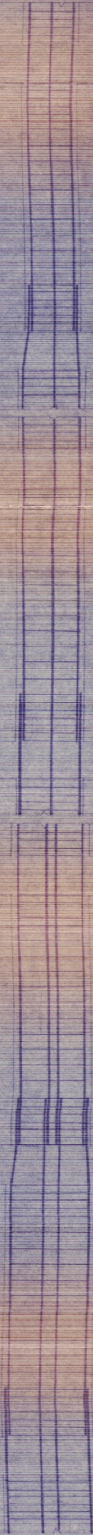
Niveau 08

Niveau 07 jusqu'à 10

Niveau 03 jusqu'à 06

Niveau 02

مدرسة البعثية للهندسة المعمارية
جامعة البعث
الدمشق - سورية



ECOLE POLYTECHNIQUE
FERRAILLAGE-POTEAUX

ECH : 1/25 10/09/93

DEBAZI CHERIFA

مدرسة البعثية للهندسة المعمارية
جامعة البعث
الدمشق - سورية

مدرسة البعثية للهندسة المعمارية
جامعة البعث
الدمشق - سورية

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

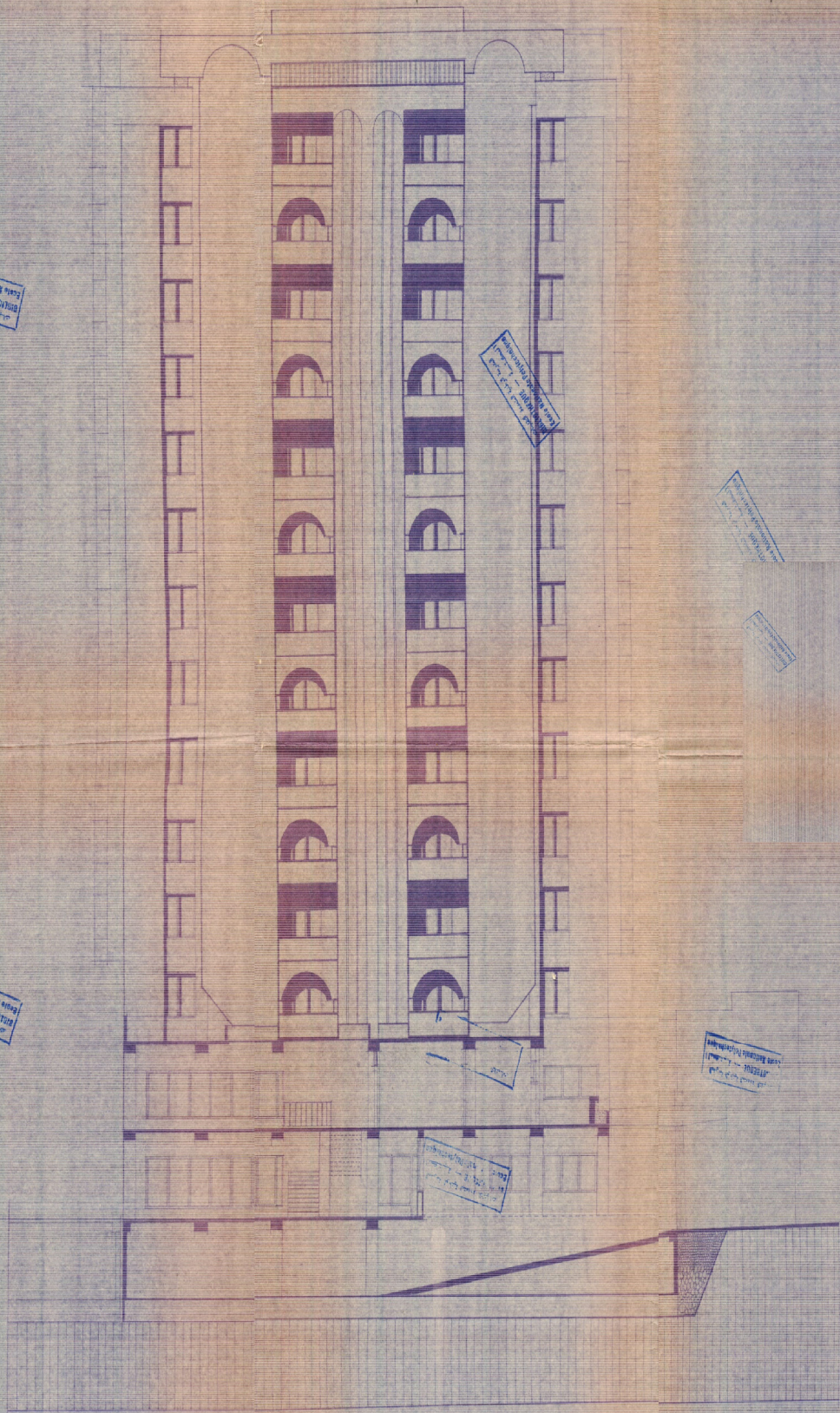
مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

مجلس النواب
البرلمان
مجلس النواب
مجلس النواب

COUPE - FACADE
PRINCIPALE (SUR GARAGE)



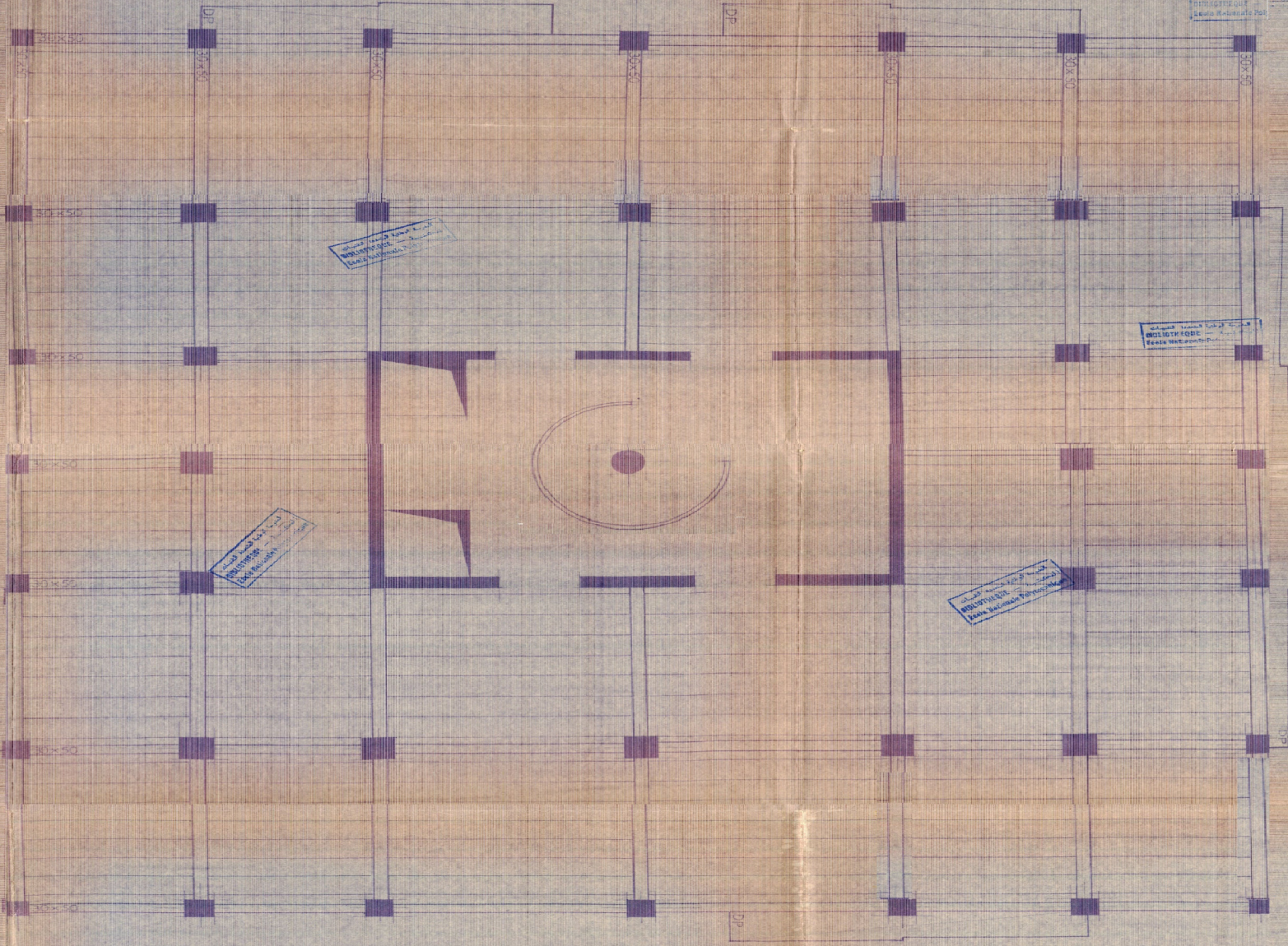
(A) (B) (C) (D) (E) (F) (G)

300 300 505 2465 505 355 350
350 95 355 55 450 55 450 55 300 65 300 45

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)

475 500 484 480 455 310 354 380 355 450 35 330 475

475 480 484 480 455 310 354 380 355 450 35 330 475



300 355 300 455 450 2465 505 555 300 355 300 45

مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد

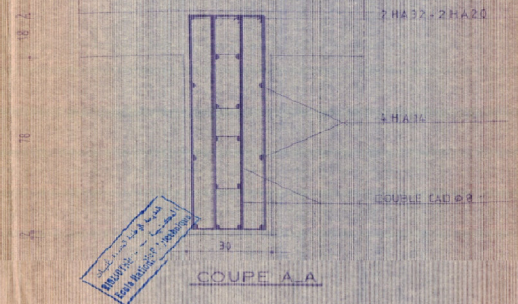
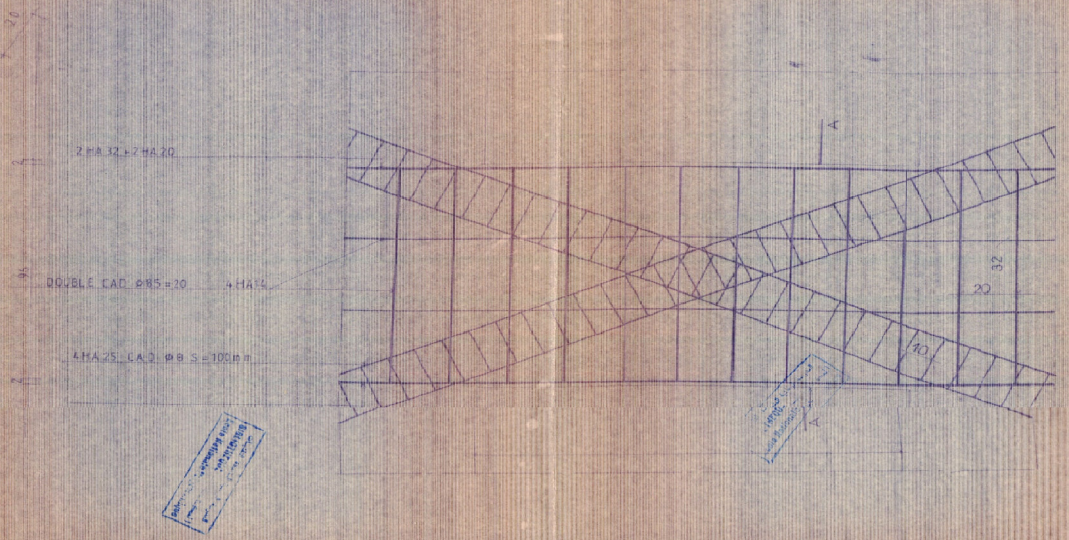
مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد

مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد

مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد

مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد

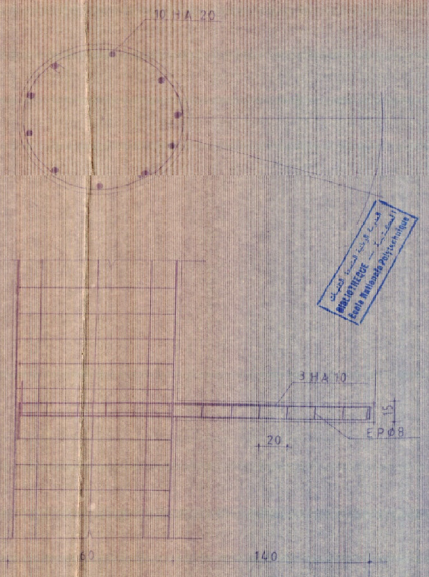
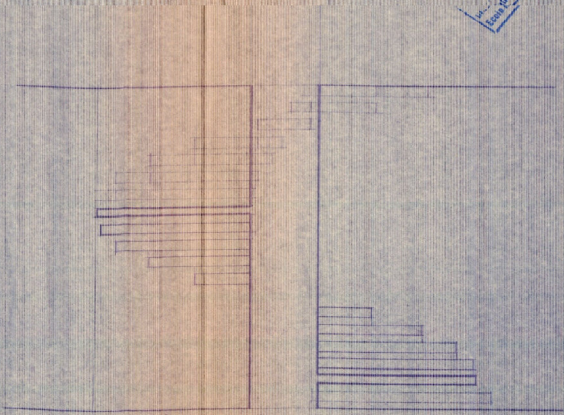
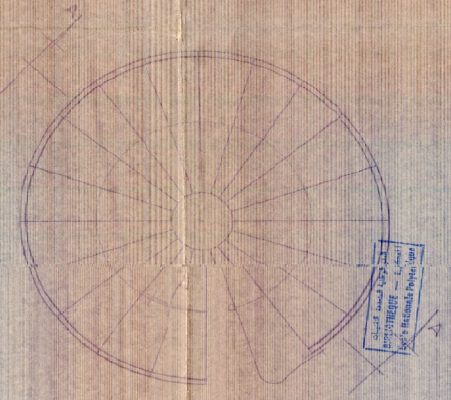
مجلس إدارة
مبنى 3000
الجامعة الإسلامية
بغداد



FERRAILLAGE DU LITEAU

ECH. 1
10^{eme}

ESCALIER CENTRAL



ESCALIER CENTRAL
INSCRIPTION DE LA MARCHE

ECH. 1
25^e 10^e

مجلس الهندسة المعمارية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة المدنية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الكهربائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الميكانيكية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الكيميائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البيئية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الجيوتقنية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البحرية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الفضائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة النووية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الطبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الزراعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الصناعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الحاسوبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة المعلوماتية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البيئية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الجيوتقنية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البحرية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الفضائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة النووية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الطبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الزراعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الصناعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الحاسوبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة المعلوماتية

(G)

(F)

(E)

(D)

(C)

(B)

(A)

مجلس الهندسة المعمارية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة المدنية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الكهربائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الميكانيكية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الكيميائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البيئية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الجيوتقنية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة البحرية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الفضائية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة النووية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الطبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الزراعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الصناعية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة الحاسوبية
بالتعاون مع
مجلس الهندسة المعلوماتية

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

