



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université d'Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Civil & Travaux Publics

Mémoire pour l'Obtention du diplôme de Master
Filière : GENIE CIVIL
Spécialité : Structure

Thème :

**CONCEPTION SISMIQUE D'UN BATIMENT EN BETON ARME
SUIVANT LES TROIS METHODES DE RPA 99 VERSION 2003**

PRESENTE PAR :

- ✓ ABDELKARIM ABDESSAMAD
- ✓ HOUARI IKRAM

SOUTENU : JUIN 2023

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

- ✓ PRESIDENT : M^{me} LAZIZI
- ✓ EXAMINATEUR : M^{me} MOUSSI.W
- ✓ ENCADREUR : M^{me} TAHAR BERRABAH

ANNEE UNIVERSITAIRE 2022/2023

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

En premier lieu, on tient à remercier le dieu de nous avoir donné le courage et la force pour accomplir ce travail et nous le prions toujours qu'il soit à nos côtés.

Nous remercions nos Parents qui nous ont toujours encouragés et soutenu durant toutes nos études.

Nos plus grands remerciements vont à notre encadreur

Mme TAHAR BERRABAH pour la sollicitude avec laquelle il a suivi et guidé ce travail.

Nous remercier également les membres de jury qui me feront l'honneur de juger ce modeste travail.

On remercie tous les enseignants du département GENIE CIVIL pour leurs rôles importants dans notre formation.

Enfin Nous devons un grand merci à tous nos amis pour leur soutien moral.

ABDESSAMAD / IKRAM

DEDICASE

Je dédie ce travail à :

*Mes chers parents, qui m'ont toujours s encouragé
et soutenu dans mes études jusqu'à atteindre ce
stade de formation.*

👋 Mon frère et Ma sœur

👋 Toute ma famille

👋 Mes amis.

*👋 Tous les enseignants qui m'ont dirigé vers la
porte de la réussite*

ABDELKARIM ABDESSAMAD

HOUARI IKRAM

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
| Chapitre 01 : Présentation du projet..... | 2 |
| 1 DESCRIPTION DU PROJET :..... | 2 |
| 1.1 Caractéristiques de la structure : | 2 |
| 1.2 Données du site : | 2 |
| 1.3 La caractéristique des matériaux : | 3 |
| 1.3.1 Le béton : | 3 |
| 1.3.2 L'acier : | 3 |
| 1.4 Règlements utilisés : | 5 |
| 1.5 Hypothèse de calcul : | 5 |
| CHAPITRE 02 Pré dimensionnement des éléments | 5 |
| 2 Pré dimensionnement des éléments | 5 |
| 2.1 Introduction : | 5 |
| 2.2 Pré dimensionnement Des Planchers : | 5 |
| 2.2.1 Plancher à corps creux : | 5 |
| 2.2.2 Dalle pleine : | 6 |
| 2.3 Predimensionnement Des Poutres : | 7 |
| 2.3.1 Les Poutre principales | 7 |
| 2.4 Les poutres secondaires : | 8 |
| 2.5 Pré dimensionnement Des Poteaux : | 9 |
| 2.6 Pré dimensionnement d'escalier : | 11 |
| 2.6.1 Introduction : | 11 |
| 2.6.2 Dimensionnement : | 12 |
| Chapitre 03 : Descente des charges..... | 16 |
| 3 . Introduction : | 16 |
| 3.1 Les charges réglementaires : | 16 |

| | | |
|---|--|----|
| 3.1.1 | Les charges permanentes : | 16 |
| 3.1.2 | Les charges d'exploitation : | 16 |
| 3.2 | Evaluation des charges et surcharges : | 17 |
| 3.2.1 | Plancher terrasse (inaccessible) : | 17 |
| 3.2.2 | Plancher étages courants | 17 |
| 3.2.3 | Balcon : | 18 |
| 3.2.4 | -Mur extérieur : | 18 |
| 3.2.5 | PALIER ESCALIER..... | 19 |
| Chapitre 4 : Modélisation SAP 2000 Version 14.2 | | 22 |
| 4 | INTRODUCTION : | 22 |
| 4.1 | . Etapes de modélisations : | 22 |
| Chapitre 05 : Etude sismique..... | | 33 |
| 5 | Introduction | 33 |
| 5.1 | Présentation du programme sap2000 | 33 |
| 5.2 | Choix de la méthode de calcul : | 33 |
| 5.2.1 | La méthode statique équivalente : | 34 |
| 5.2.2 | La méthode d'analyse modale spectrale : | 34 |
| 5.2.3 | La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes..... | 34 |
| 5.3 | Condition d'application de la méthode statique équivalente : | 34 |
| 5.4 | . Calcule de la force sismique : | 35 |
| 5.5 | Poids total de la structure W..... | 36 |
| 5.5.1 | Calcule le poids de la charge permanente et d'exploitation de la structure : 36 | |
| 5.6 | Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur : 41 | |
| 5.7 | Modélisation de la méthode statique équivalente sur sap 2000 version 14.2.4 : | 42 |
| 5.7.1 | Application de la force sismique a la base : | 42 |
| 5.7.2 | Application de la force sismique dans le centre de masse : ... | 43 |
| 5.8 | Méthode d'analyse modale spectrale | 49 |
| 5.8.1 | Principe..... | 49 |
| 5.8.2 | Modélisation | 49 |

| | |
|--|---|
| 5.8.3 | Conditions d'application de la méthode d'analyse modale spectrale : 50 |
| 5.9 | Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes 57 |
| 5.9.1 | Principe de la méthode :..... 57 |
| Chapitre 06 Comparaison Entre Les Trios Methode. 60 | |
| 6 | Comparaison Entre Les Trios Methode 60 |
| 6.1 | Introduction :..... 60 |
| 6.2 | Les comparaisons 61 |
| 6.2.1 | Poteau de base 45×45 61 |
| 6.2.2 | POUTRE : 63 |
| 6.2.3 | Déplacement pour chaque étage : 66 |
| 6.2.4 | Réactions à la base de la structure : 68 |
| 6.2.5 | Efforts tranchants aux niveaux des étages. 69 |
| CHAPITRE 07 ETUDE DE PLANCHER..... 71 | |
| 7 | Introduction: 71 |
| 7.1 | LES PLANCHERS A CORPS CREUX 71 |
| 7.1.1 | Définition..... 71 |
| 7.1.2 | Predimensionnement Du Plancher : 72 |
| 7.1.3 | Dimensionnement de la poutrelle : 72 |
| 7.2 | -Type De Calcul : 74 |
| 7.3 | Méthode de Forfaitaire..... 74 |
| 7.3.1 | Plancher étage courant :..... 74 |
| 7.3.2 | . Plancher Terrasse inaccessible : 74 |
| 7.4 | La charge par mètre linéaire 74 |
| Chapitre 08 : Etude de Ferrailage des Poteaux et des Poutres 81 | |
| 8 | Poteau ; 81 |
| 8.1 | Etude de calcul de ferrailage des poteaux :(P max et Mu) 81 |
| 8.2 | L'étude des poutres : 85 |
| 8.2.1 | Etude de ferrailage des poutres principale : 85 |
| 8.2.2 | Condition aux appuis : 86 |
| 8.3 | Poutre secondaire 86 |
| CHAPITRE 09 : ETUDE VOILE 91 | |

| | | |
|---------------------------------------|--|------------|
| 9 | Etude des murs voiles | 91 |
| 9.1 | Introduction :..... | 91 |
| 9.2 | Rôle de contreventement :..... | 91 |
| 9.3 | Ferraillage des voiles :..... | 91 |
| CHAPITRE 10 ETUDEDES FONDATIONS | | 98 |
| 10 | ETUDE DES FONDATIONS introduction | 98 |
| 10.1.1 | Les types de fondation superficielle : | 98 |
| 10.1.2 | Choix du type de fondation :..... | 98 |
| 10.2 | Calcul de la Semelle Filante :..... | 99 |
| 10.2.1 | Pré-dimensionnement:..... | 100 |
| 10.3 | LONGRINES..... | 102 |
| CONCLUSION..... | | 103 |

Liste des tableaux

| | |
|---|----|
| Tableau 2. 1 Pré dimensionnement Des Poteaux | 11 |
| Tableau 3.2 : Evaluation des charges dans le plancher d'étage courant..... | 17 |
| Tableau 3 . 3 : Evaluation des charges dans Balcon | 18 |
| Tableau 3. 4: Evaluation des charges permanentes de mur extérieur..... | 18 |
| Tableau 3. 5: Evaluation des charges permanentes de PALIER ESCALIER | 19 |
| Tableau 4. 1 Charge et surcharge (étage courant)..... | 31 |
| Tableau 4. 2 : Charge et surcharge Terrasse inaccessible | 31 |
| Tableau 5. 1 .Poids des charges permanentes..... | 39 |
| Tableau 5. 2 Poids des charges d'exploitation..... | 39 |
| Tableau 5. 3: Résultat de centre de masse..... | 45 |
| Tableau 5. 4: Résultat de centre de torsion..... | 45 |
| Tableau 5. 5 Résultat de la force sismique | 46 |
| Tableau 5. 6 : Période de sap | 48 |
| Tableau 5. 7 Périodes et masses modales selon SAP | 56 |
| Tableau 6. 1: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts MMS | 61 |
| Tableau 6. 2: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts MSE..... | 61 |
| Tableau 6. 3: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts M.ACC | 62 |
| Tableau 6. 4 Les moments fléchissant maximums et les efforts tranchant sur les poteaux de base | 62 |
| Tableau 6. 5 Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres selon la Méthode MODALE SPECTRAL | 63 |
| Tableau 6. 6 Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres Selon la méthode statique | 64 |
| Tableau 6. 7Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres Selon la Méthode d'analyse accélérogrammes..... | 64 |
| Tableau 6. 8 déplacements des étages selon le sens X-X | 66 |
| Tableau 6. 9 déplacements des étages selon le sens Y_Y | 67 |
| Tableau 6. 10 Réactions à la base de la structure : méthode modale spectrale | 68 |
| Tableau 6. 11 : Réactions à la base de la structure : méthode statique équivalente. | 68 |
| Tableau 6. 12 Réactions à la base de la structure : Méthode d'analyse dynamique par | |

| | |
|---|-----|
| accélérogrammes..... | 68 |
| Tableau 6. 13 EFFORT TRANCHANT POUR CHAQUE ETAGE..... | 69 |
| Tableau 6. 14 Comparaison des efforts tranchants aux niveaux des étages | 70 |
| Tableau7. 1 Diagramme des moments fléchissant et des efforts tranchant | 76 |
| Tableau7. 2 <i>Ferraillage de la poutrelle(T)</i> | 77 |
| Tableau 8. 1 FERRAILLAGE DES POTEAUX | 84 |
| Tableau 8. 2 FERRAILLAGE DES Poutres principales | 88 |
| Tableau 8. 3 FERRAILLAGE DES CHAINAGES | 89 |
| Tableau 9. 1 Résultat de calcul d'après le sap | 92 |
| Tableau 10. 1 Effort normal pour les poteaux de base..... | 99 |
| Tableau 10. 2 RECAPITULATIF DES SEMELLES..... | 101 |
| Tableau 10. 3 RECAPITULATIF DES LONGRINE | 102 |

Liste des figures

CHAPITRE 02 Pré dimensionnement des éléments

| | |
|--|----|
| Figure 2 1: schéma illustratif d'une planche | 6 |
| Figure 2 . 2 Poteau le plus sollicité | 9 |
| Figure 2. 3 Composants d'un escalier | 12 |
| Figure 2. 4 Dimensions d'escalier | 14 |

Chapitre 4 : Modélisation SAP 2000 Version 14.2

| | |
|--|----|
| Figure 4. 1 : NEW MODEL..... | 23 |
| Figure 4. 2 DefineGrid Système Data..... | 24 |
| Figure 4. 3 Material PropertyData Béton, acier, Corp creux | 25 |
| Figure 4. 4 Modélisation de La Structure | 25 |
| Figure 4. 5 La structure en 3D | 26 |
| Figure 4. 6 modélisation en XZ | 26 |
| Figure 4. 7 Add Frame Section Property..... | 27 |
| Figure 4. 8 Reinforcement Data. | 28 |
| Figure 4. 9 Frame Propretés..... | 28 |
| Figure 4. 10 Shell Section Data. | 30 |
| Figure 4. 11 Define Load Ptterns | 31 |

Chapitre 05 : Etude sismique

| | |
|--|----|
| Figure 5. 1:Define load patterns. | 42 |
| Figure 5. 2:User defined seismic load pattern. | 42 |
| Figure 5. 3: Diaphragme contraint..... | 43 |
| Figure 5. 4: Assing/defineconstraints. | 44 |
| Figure 5. 5: Choose tables for display..... | 44 |
| Figure 5. 6 : joint restraints. | 46 |
| Figure 5. 7: Set load cases to run..... | 47 |
| Figure 5. 8 Choose tables for display..... | 48 |
| Figure 5. 9 Disposition des murs voiles..... | 49 |
| Figure 5. 10 : spectre..... | 51 |
| Figure 5. 11: Réponse Spectrum fonction définition | 52 |
| Figure 5. 12 : Load case data –response spectrum Ex..... | 53 |
| Figure 5. 13 1er mode de vibration T1=0.56sec..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Figure 5. 14: 2eme mode de vibration $T_1=0.50\text{sec}$ | 55 |
| Figure 5. 15 Schéma d'un signal sismique artificiel..... | 57 |
| Figure 5. 16: time history function definition | 58 |
| Figure 5. 17 Load case data –linear modal history..... | 59 |

Chapitre 06 Comparaison Entre Les Trios Methode.

| | |
|--|----|
| Figure 6. 1 Comparaison des Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres principales | 65 |
| Figure 6. 2 Comparaison des Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres secondaire | 65 |
| Figure 6. 3 Comparaison des déplacements des étages sens X..... | 66 |
| Figure 6. 4 Comparaison des déplacements des étages sens X X..... | 67 |
| Figure 6. 5 Comparaison des efforts tranchants à la base de la structure | 69 |

SYMBOLES et NOTATIONS

Les significations des principales notions est la suivante:

1. Notion en majuscules romaines

| | |
|------------------------|--|
| A | Aire d'une section d'acier. |
| B | Aire d'une section de béton. |
| C | Cohésion du sol. |
| D | Diamètre. |
| E | Module d'élasticité longitudinale, séisme. |
| E_h | Module de déformation longitudinal du béton. |
| E_j | Module d'élasticité instantanée. |
| E_s | Module de d'élasticité de l'acier. |
| F | Force ou action générale. |
| G | Action permanente. |
| I | Moment d'inertie. |
| L | Longueur ou portée. |
| M | Moment en général. |
| M_u | Moment de calcul ultime. |
| M_{ser} | Moment de calcul de service. |
| N | Effort normal. |
| Q | Action ou charge variable. |
| S | Section. |
| T | Effort tranchant. |
| B_r | Section réduite. |

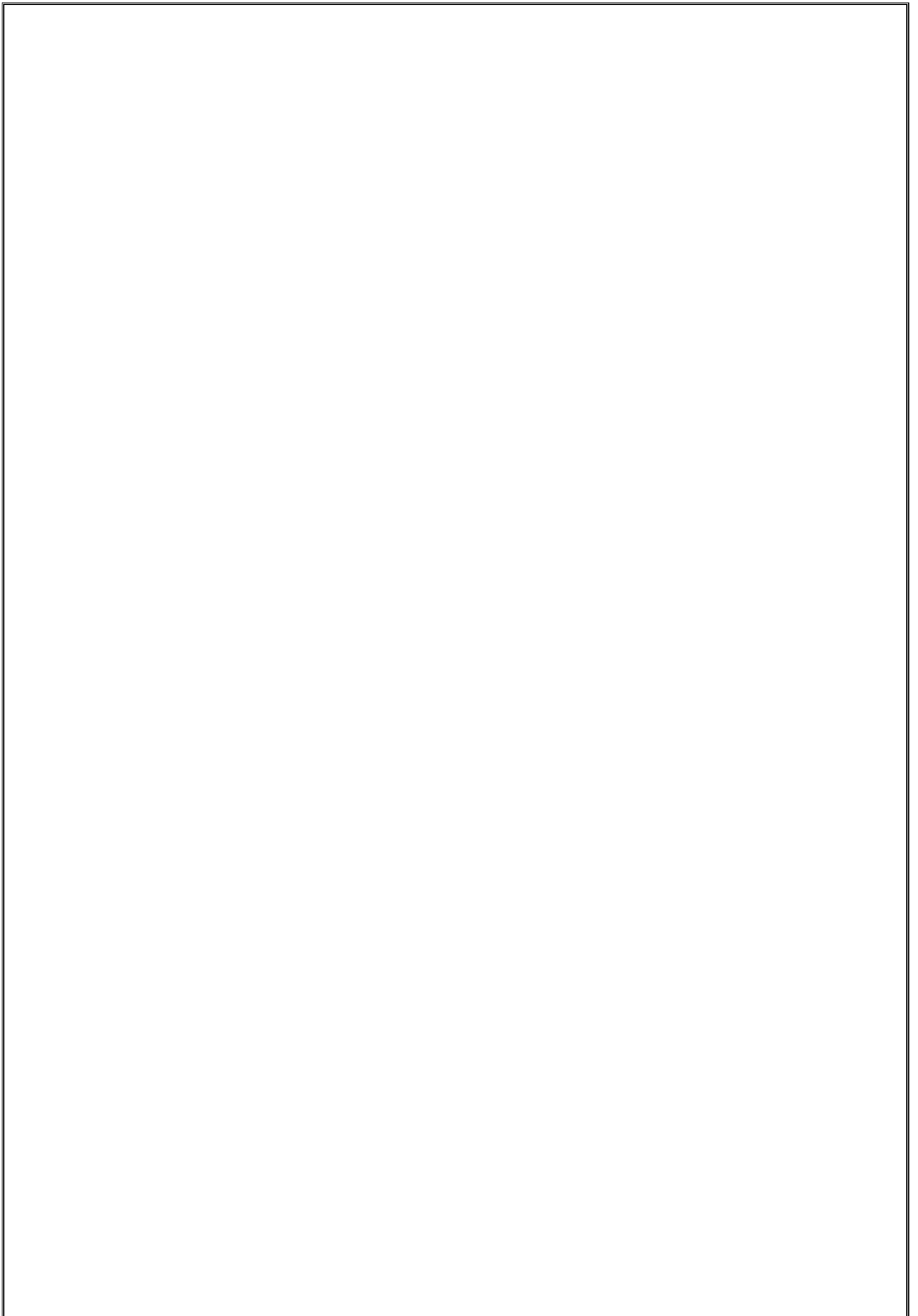
2. Notations en minuscules romaines

| | |
|----------------------|--|
| a | Une dimension transversale. |
| b | Une dimension longitudinale. |
| b₀ | Epaisseur brute de l'arme d'une section. |
| d | Hauteur utile. |
| e | Excentricité, épaisseur. |
| f | Flèche. |

| | |
|------------------------|--|
| f_e | Limite d'élasticité de l'acier. |
| f_{cj} | Résistance caractéristique à la compression du béton âgé de j jours. |
| f_{tj} | Résistance caractéristique de la traction du béton âgé de j jour. |
| f_{c28} et f_{t28} | Grandeurs précédemment calculé à 28 jours. |
| h_0 | Epaisseur d'une membrure de béton. |
| h | Hauteur totale d'une section de béton armé. |
| i | Rayon de giration d'une section. |
| j | Nombre de jours. |
| k | Coefficient en général |
| l | Longueur ou porté |
| I_f | Longueur de flambement. |
| I_s | Longueur de scellement. |
| s_t | Espacement des armatures. |
| x | Coordonnée en général, au séisme en particulière. |
| y | Coordonnée. |
| z | Coordonnée d'altitude, bras de levier. |

3. Notations en majuscules Grecques

| | |
|---------------|---|
| α | Angle en général, coefficient. |
| γ | Coefficient |
| ε | Déformation relative. |
| θ | Coefficient. |
| λ | Elancement. |
| μ | Coefficient. |
| ν | Coefficient de poison. |
| ρ | Rapport de deux dimensions. |
| σ | Contrainte normale. |
| σ_b | Contrainte de compression du béton. |
| σ_s | Contrainte de compression dans l'acier. |
| σ_i | Contrainte de traction. |
| τ | Contrainte tangente. |
| τ_{se} | Contraintes d'adhérence d'entraînement. |



Résumé

Notre projet porte sur l'étude d'un bâtiment R+5 en béton armé à usage habitation commerce implanté dans la wilaya de Ain Temouchent utilisant les trois méthodes de calcul présentées par le RPA 99 version 2003, à savoir la méthode statique équivalente, la méthode modale spectrale et la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes.

Les objectifs principaux de notre travail le premier est de maîtriser logiciel SAP2000, faire une comparaison pour les résultats donnés par les trois méthodes le troisième est de réaliser une note de calcul détaillé est établie utilisant la méthode modale spectrale.

Mots clés : Bâtiment, spectrale, SAP2000, RPA99 modifié 2003, les trois méthodes, statique équivalente, accélérogrammes.

ملخص

يركز مشروعنا على دراسة مبنى خرساني مسلح مكون من طابق ارضي وخمسة طوابق علوية للاستخدام السكني التجاري يقع في ولاية عين تموشنت باستخدام طرق الحساب الثلاثة التي قدمتها الأنظمة الزلزالية الجزائرية 99 إصدار 2003 ، وهي الطريقة الثابتة المكافئة وطريقة النموذج الطيفي وطريقة التحليل الديناميكي بواسطة التسارع .

الأهداف الرئيسية لعملنا الأول هو إتقان برنامج صاب 2000 ، وإجراء مقارنة للنتائج التي قدمتها الطرق الثلاث ، والثالث هو تحقيق ملاحظة حسابية مفصلة تم إنشاؤها باستخدام طريقة الوسائط الطيفية

كلمات مفتاحيه: بناء, الخرسانة المسلحة، SAP 2000 تعديل 91 ، RPA99 2003. تغييرها

Summary

Our project concerns the study of an R+5 reinforced concrete building for commercial residential use located in the wilaya of Ain Temouchent using the three calculation methods presented by RPA 99 version 2003, namely the static equivalent method, the modal spectral method and the dynamic analysis method by accelerograms.

The main objectives of our work the first is to master SAP2000 software make a comparison for the results given by the three methods the third is to realize a detailed calculation note is established using the spectral modal method.

Key words: Building, Reinforced Concrete, SAP2000, RPA99 amended 2003,

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

La construction a toujours été l'une des principales préoccupations de l'humanité, ainsi que l'une de ses activités les plus importantes. De nos jours, la construction est en plein essor dans la plupart des pays, et de nombreux professionnels travaillent dans les domaines de la construction de bâtiments et des travaux publics.

Cependant, bien que la construction soit considérée comme le métier le plus ancien de l'homme, il est indéniable que les professionnels ont dû s'adapter aux évolutions des goûts, des mœurs et surtout aux nouvelles techniques de construction permettant d'assurer une fiabilité maximale de la structure en cas d'aléas naturels tels que les séismes.

Une structure doit être conçue et calculée de manière à assurer :

- Sa capacité à répondre à l'usage prévu, compte tenu de sa durée de vie estimée et de son coût.
- Sa protection contre tout type de dommage, tels que les explosions, les chocs ou les erreurs humaines.
- Sa résistance à toutes les actions et influences possibles, que ce soit pendant sa construction ou pendant son exploitation, ainsi qu'une durabilité suffisante en regard des coûts d'entretien.

Dans les zones sismiques, la construction nécessite des normes spéciales pour assurer la stabilité et la durabilité des bâtiments, ce qui implique l'application de règles parasismiques spécifiques pour chaque zone sismique. En Algérie, les règles RPA99/2003 ont été mises à jour à la suite du séisme important de Boumerdès en mai 2003, notamment l'adoption d'une nouvelle classification sismique de l'Algérie. Les niveaux de sismicité enregistrés dans les wilayas d'Alger et de Boumerdès se sont avérés plus élevés que ceux pris en compte dans les règles en vigueur.

L'objectif de ce travail de recherche est d'étudier un bâtiment R+5 utilisant les trois méthodes de calcul recommandées par le RPA, à savoir la méthode statique équivalente, la méthode modale spectrale et la méthode transitoire, puisse être appliquée. Les résultats trouvés pour chaque type d'analyses ont été comparés et interprétés.

Le plan de travail est structuré comme suit :

1. Chapitre 01 : Présentation du projet.
2. Chapitre 02 Pré dimensionnement des éléments.
3. Chapitre 03 : Descente des charges
4. Chapitre 4 : Modélisation SAP 2000 Version 14.2
5. Chapitre 05 : Etude sismique
6. Chapitre 06 Comparaison Entre Les Trios Méthodes.
7. Chapitre 07 : Etude des planchers
8. Chapitre 08 : Etude de Ferrailage des Poteaux et des Poutres
9. Chapitre 09 : Etude des voiles
10. Chapitre 10 : Etude des fondations
11. CONCLUSION

CHAPITRE 01
PRESENTATION DU
PROJET

Chapitre 01 : Présentation du projet.

1 DESCRIPTION DU PROJET :

L'ouvrage à étudier est un bâtiment en R+5 a usage d'habitation, commerce en zone de moyenne sismicité (zone 2a), composé d'un rez- de chaussé et cinq étages. Ils ont une ossature auto – stable en béton armé contreventé par voile, les planchers d'étage courant et terrasse sont composés de dalle en corps creux (16 +5) cm, les remplissages des façades sont en maçonnerie, le système de fondation est constitué de semelles filantes.

Notre étude sera conforme aux exigences des règles RPA99V2003 (règle en vigueur en Algérie).

Le bâtiment est implanté au SUD EST de wilaya d'Ain Temouchent

1.1 Caractéristiques de la structure :

Les caractéristiques géométriques de la structure à étudier sont :

- La longueur en plan =19.80 m
- Largeur en plan =11.15 m
- Hauteur totale du bâtiment =18.87 m
- Hauteur de RDC = 3.57m.
- Hauteur d'étage courant = 3.06m

1.2 Données du site :

- Le bâtiment est implanté dans une zone classée par le RPA 99/version 2003

Comme zone moyenne sismicité (zone IIa).

- L'ouvrage appartient au groupe d'usage 2.
- Le site est considéré comme ferme (S2).
- Contrainte admissible du sol $\sigma = 1.2$ bars. (L.H.C.O)
- Nature de terrain : limon rougeâtre plus ou moins argileux beige à rougeâtre.

(L.H.C.O)

1.3 La caractéristique des matériaux :

Le matériau essentiel utilisé pour la construction de cet ouvrage est le béton armé, constitué de béton et d'acier.

1.3.1 Le béton :

Le béton est un matériau de construction largement utilisé dans le domaine du génie civil. Il est composé d'un mélange de ciment, d'eau, de granulats et d'adjuvants. Le ciment, en tant que liant hydraulique, permet de lier les autres éléments et de former une structure solide et durable. L'eau est utilisée pour hydrater le ciment, tandis que les granulats (sable, gravier, etc.) sont ajoutés pour renforcer la résistance mécanique du béton. Les adjuvants peuvent être utilisés pour améliorer certaines propriétés du béton, telles que la fluidité, la résistance, la durabilité et la plasticité. Le béton est utilisé dans la construction d'une grande variété de structures, notamment des fondations, des murs, des piliers, des dalles, des ponts et des barrages, en raison de sa durabilité, de sa résistance et de sa capacité à être moulé dans des formes variées.

Le béton présente diverses caractéristiques telles que :

1. La résistance mécanique, qui est principalement axée sur la résistance à la compression simple, et dans certains cas particuliers, la résistance à la traction.
2. La capacité de résistance à des agents agressifs tels que l'eau de mer, les acides, etc.
3. Les déformations, qui doivent être limitées, surtout à long terme.
4. La maniabilité, qui se définit par la capacité du béton à remplir parfaitement le moule qui lui est proposé sans se séparer.

Le béton peut également avoir d'autres qualités spéciales recherchées, telles que la densité, qui peut être aussi élevée que possible (béton lourd) ou aussi faible que possible (béton léger).

1.3.2 L'acier :

L'acier est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone, mais qui peut également contenir d'autres éléments tels que le chrome, le nickel, le molybdène, le cuivre, etc. L'ajout de ces éléments permet d'améliorer les propriétés mécaniques, la résistance à la corrosion, la ductilité et la soudabilité de l'acier. L'acier est un matériau

largement utilisé dans la construction, l'industrie automobile, l'aérospatiale, les infrastructures de transport, les appareils ménagers, etc.

Dans notre cas on utilise les caractéristiques suivantes :

Béton :

- Dosage de ciment classe CPA 325 : 350Kg/m^3
- Compression : $F_{c28} = 25 \text{ MPa}$
- Traction : $F_{t28} = 0,6 + 0,06 F_{c28} = 2,1\text{MPa}$

Acier :

- Barre à haute adhérence Fe E400
- Treillis soudé : FeE215

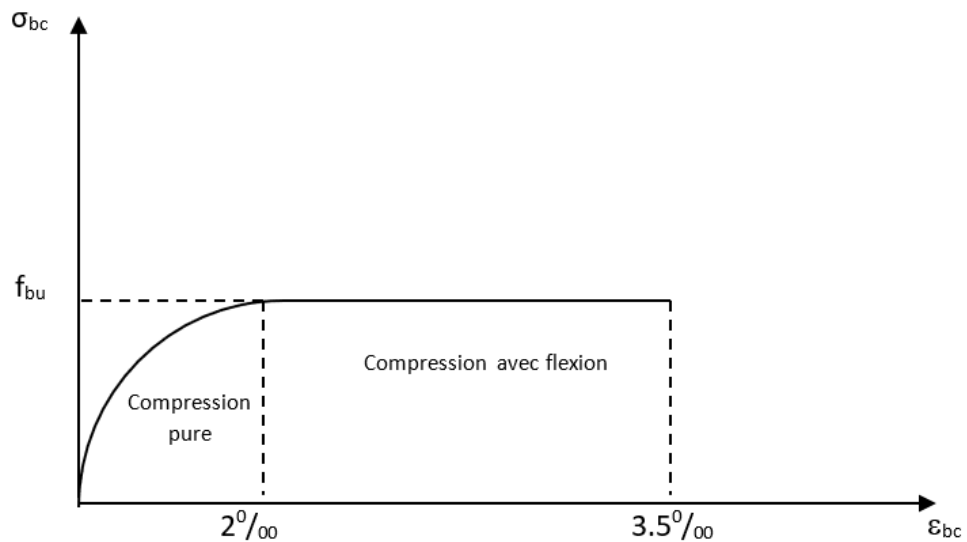


Figure .1.1 Diagramme des contraintes déformations du béton

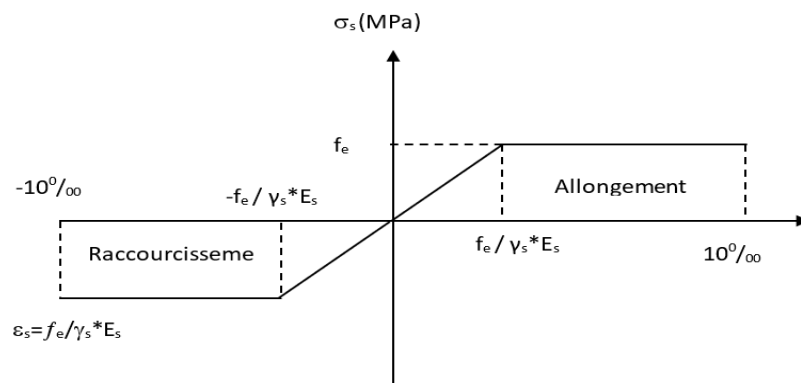


Figure 1.2 Diagramme des Contrainte –déformation pour les aciers

1.4 Règlements utilisés :

Pour justifier la sécurité on se base sur les règlements suivants :

- Règlement parasismique algériennes « RPA99version2003 »; pour l'étude sismique.
- Béton armé aux états limites « BAEL91».
- « DTRB.C2.2 » charge permanentes et charge d'exploitation.
- Règlement Euro code 2 « calcul des structures en béton ».
- « CBA 93 » construction en béton armé.

1.5 Hypothèse de calcul :

1) Module d'élasticité longitudinal différé :

- $E_{vj} = 3\ 700 (f_{cj} / 3)$
- $E_{vj} = 10818.865 \text{ MPa}$.

2) Module d'élasticité longitudinal instantané :

- $E_{ij} = 11000 f_{cj} / 3$
- $E_{ij} = 32456.595 \text{ MPa}$.
- Limite élastique de l'acier : $f_e = 400 \text{ MPa}$.

CHAPITRE 02
Pré dimensionnement des éléments

CHAPITRE 02 Pré dimensionnement des éléments

2 Pré dimensionnement des éléments

2.1 Introduction :

Le pré dimensionnement, aussi appelé dimensionnement préliminaire, est une étape importante dans la conception d'une structure. Il consiste à déterminer des dimensions approximatives des éléments de la structure avant de procéder à une étude détaillée et une analyse complète.

Cette étape de pré dimensionnement est généralement basée sur des règles empiriques ou des standards de construction. Elle permet d'estimer la taille des éléments structurels tels que les poutres, les colonnes, les murs, les dalles, etc. en fonction des charges prévues et des matériaux utilisés.

2.2 Pré dimensionnement Des Planchers :

2.2.1 Plancher à corps creux :

Les planchers à corps creux sont composés par trois éléments principaux :

1. Les corps creux qui servent de coffrage perdu, n'interviennent pas dans la résistance de l'ouvrage.
2. les poutrelles en béton armé qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures.
3. une dalle de compression coulée sur les corps creux qui reprend les efforts de compression.

Les planchers sont des éléments structuraux horizontaux qui séparent les différents niveaux d'un bâtiment. Ils peuvent être réalisés en différents matériaux tels que le béton armé.

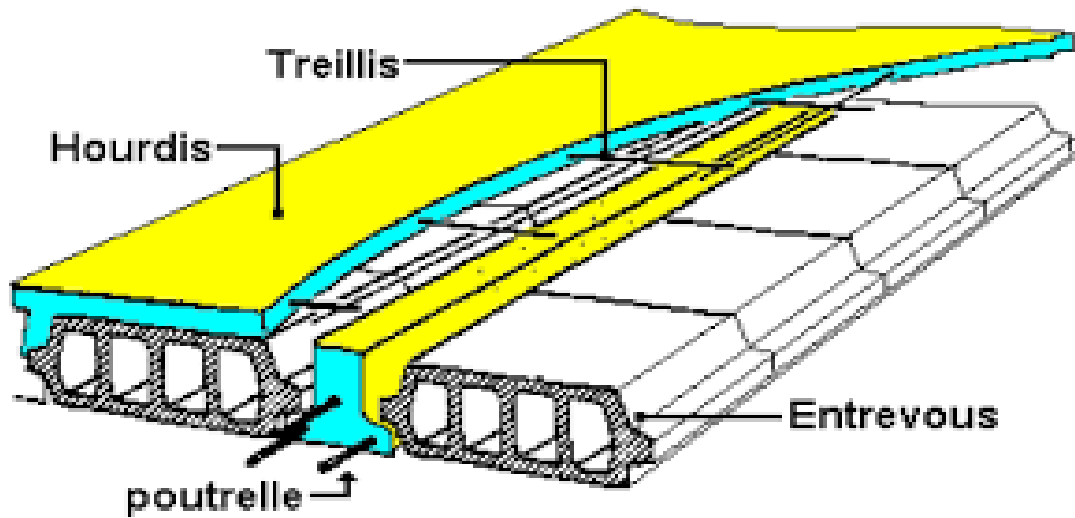


Figure 2 1: schéma illustratif d'une planche

L'épaisseur du plancher est déterminée à partir de la condition de flèche:

Calculer selon la relation suivante :

$$L_{\max}/20 \geq h \geq L_{\max}/25 \Rightarrow h \geq \frac{L_{\max}}{22.5}$$

Pour : $L_{\max} = 4.95 \text{ m}$

$h \geq 0.20 \text{ m}$

On prend $h = 21 \text{ cm}$

\Rightarrow planché (16+5)

Avec :

- L : la portée maximal entre nus d'appuis.
- h : hauteur totale du plancher

2.2.2 Dalle pleine :

2.2.2.1 Détermination de L'épaisseur du Dalle pleine (balcons) :

Calculer selon la relation suivante :

$$L/30 < h < L/20$$

Avec L : largeur du balcon.

$$L=1.50\text{m}$$

$$1.50/30 < h < 1.50/20$$

$$h = 7 \text{ cm}$$

On prend : $h=15\text{cm}$.

2.3 Predimensionnement Des Poutres :

Les poutres sont des éléments porteurs horizontaux conçus pour supporter les charges et les surcharges présentes sur les planchers et les transmettre aux poteaux

2.3.1 Les Poutre principales

Détermination de la hauteur de poutre principale :

La hauteur h_t est donnée par la formule suivante de BAEL 99.

Calculer selon la relation suivante ;

$$\frac{L_{\max}}{15} \leq h \leq \frac{L_{\max}}{10}$$

Avec :

L_{\max} : longueur libre entre nus d'appuis.

h : hauteur totale de la poutre.

$$L_{\max} = 530 - 35 = 495 \text{ cm.}$$

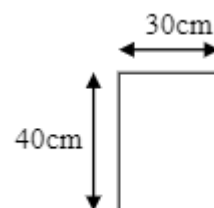
Application numérique :

$$\frac{495}{15} \leq h \leq \frac{495}{10}$$

$$33 \leq h \leq 49.5$$

On prend $h = 40$ $b = 30 \text{ cm}$

$$0.3h_t \leq b \leq 0.7 h_t$$



Vérification des exigences du RPA 99 Version 2003 (Art 7-4-1) :

$$b = 30 \text{ cm} > 20 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm} > 30 \text{ cm}$$

$$\frac{h}{b} = \frac{40}{30} = 1.33333 < 4 \text{ Conditions vérifiées.}$$

2.4 Les poutres secondaires :

Ce type de poutre reliant les portiques entre eux pour ne pas basculés.

Détermination de la hauteur de poutre secondaire(chainage) :

$$L/15 \leq ht \leq L/10 \quad ht ; \text{ hauteur de la poutre}$$

$$0.3ht \leq b \leq 0.7 ht \quad b : \text{ largeur de la poutre}$$

L : portée maximale entre nu de la poutre secondaire.

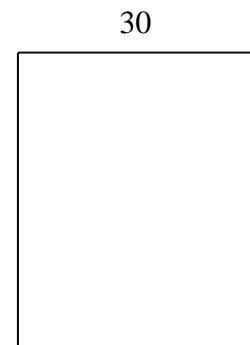
Nous avons : L= 4.60 m

Selon le BAEL : h [30.66 ; 46] cm

On prend h = 35cm b = 30 cm

L = 3.70 selon le BAEL : hE [24.66 ; 37.00] cm

On prend h = 30cm b = 30 cm



Vérification selon R.P.A

★ $b \geq 20 \text{ cm}$. Vérifiée ;

★ $h \geq 30 \text{ cm}$. Vérifiée ;

★ $h/b \leq 4$ Vérifiée ;

★ $b_{\max} \geq 1.5 + b_1$ Vérifiée ;

➤ Poutres principales : $(b \times h) = (30 \times 40) \text{ cm}^2$

➤ Poutres secondaires : $(b \times h) = (30 \times 35) \text{ cm}^2$

➤ Poutres secondaires 2 : (b×h) = (30×30) cm²

2.5 Pré dimensionnement Des Poteaux :

Les poteaux sont des éléments essentiels de la structure d'un bâtiment ou d'une structure, et leur conception et leur positionnement doivent être soigneusement étudié pour assurer la sécurité et la durabilité de la structure.

Les poteaux sont Pré dimensionnés en compression simple, en choisissant les poteaux les plus sollicités de la structure ; c'est-à-dire un poteau central, un poteau de rive et un poteau

D'angle. RPA99 (Article : 7.4.1)

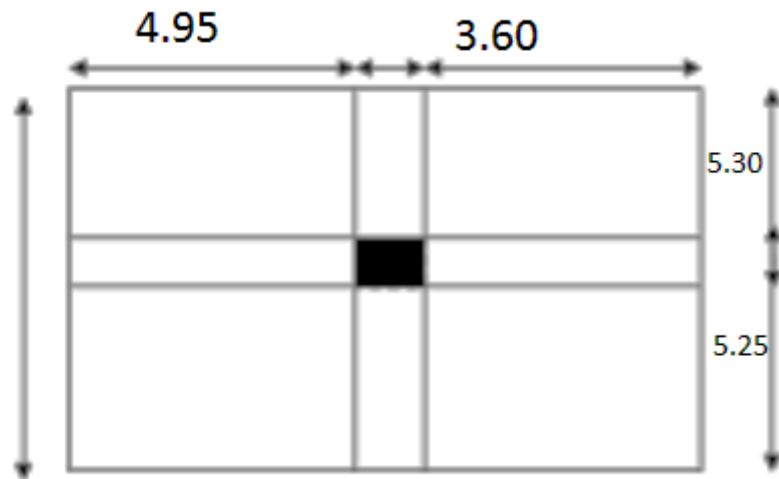


Figure 2 . 2 Poteau le plus sollicité

Critère de résistance : recommandée par les règles BAEL 91

$$Br \geq \frac{\beta \times Nu}{\frac{fbc}{0.9} + \frac{0.85 \times fe}{100 \times Ys}}$$

β : coefficient de correction dépendant de l'élanement mécanique λ des poteaux qui prend les valeurs.

Fbu = 14,2MPa ;

Fed = 348 MPa ;

K =1 ;

$$\eta = 1 ;$$

$$\lambda = 35 ;$$

$$\beta = 1,2$$

$$D'ou Br \geq 0,064 Nu$$

Br : section réduite du poteau (en cm²).

As : section d'acier comprimé prise en compte dans le calcul.

fc28 : résistance à la compression de béton.

fe : limite d'élasticité de l'acier utilisé.

$\gamma_b = 1,5$ coefficient de sécurité du béton.

$\gamma_s = 1,15$ coefficient de sécurité de l'acier.

α : coefficient dépendant de l'élançement mécanique λ des poteaux.

Avec : $Nu = Pu \times S \times n$

Pu : charge du plancher.

On suppose une charge moyenne de $Pu = 1t/m^2$ (loi de régression).

• S : surface supporté par le poteau le plus sollicité.

$$S = 19.78 \text{ m}^2$$

n: Nombre d'étage = 6

$$Nu = 1 \times 19.78 \times 6$$

$$Nu = 118.68 = 1.1868 \text{ MN}$$

$$l = i = L = 0,7L \quad I = h.b / 12$$

Élançement du poteau

Lf : longueur de flambement

Imin : rayon de giration

Imin : moment d'inertie de la section

On fixera les dimensions des poteaux après avoir effectué la descente de charge, tout en vérifiant les recommandations du RPA99/version 2003 citées ci-dessus.

On adopte des poteaux de section :

(45x45) cm² et (40x40)cm² pour le RDC.

(40x40) cm² pour le 1er étage.

(35x35)cm² pour le 2eme, 3eme, 4ème et le 5ème étage.

▪ **Vérification selon R.P.A**

Min (b1,h1)≥25cm. Vérifiée ;

Min (b1,h1)≥ht/20.. Vérifiée ;

L/4< b1/h1<4. Vérifiée ;

| ELEMENTS | SECTION(HxB) |
|-----------------------|----------------|
| RDC | 45X45 40X40 |
| 1 ^{er} étage | 40X40 |
| 2.3.4.5eme étage | 35X35 |

Tableau 2. 1 Pré dimensionnement Des Poteaux

2.6 Pré dimensionnement d'escalier :

2.6.1 Introduction :

Un escalier est une structure architecturale conçue pour faciliter le passage vertical entre différents niveaux d'une structure.

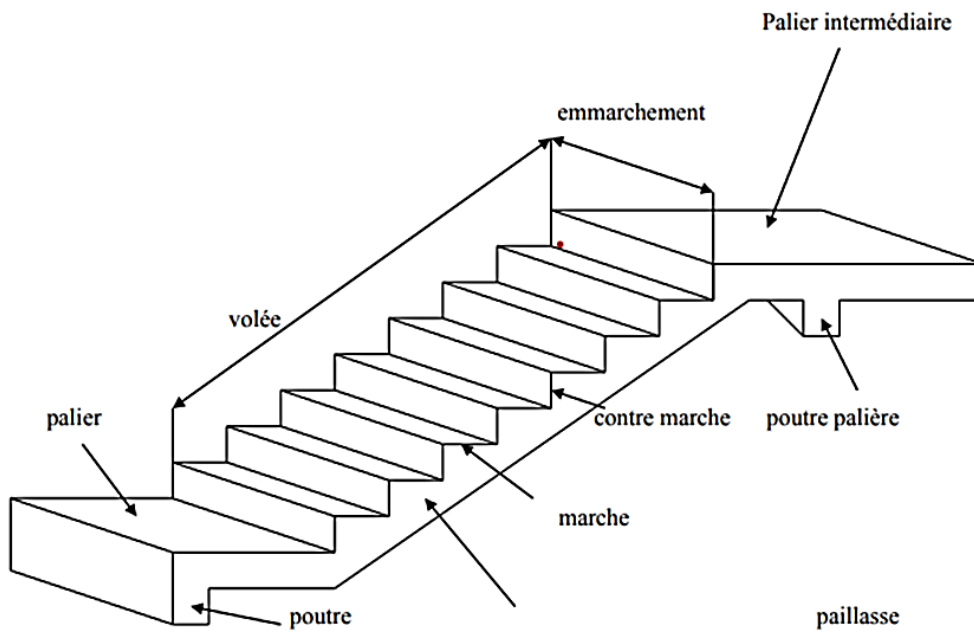


Figure 2. 3 Composants d'un escalier

2.6.2 Dimensionnement :

La formule de BLONDEL : le tracé de l'escalier est correct si :

- $60 \leq 2h+g \leq 66$
- $n= H/h$ $h=H/n$
- $n-1=L/g$ $g=L/(n-1)$

$n-1$) : Nombre de marches.

n : Nombre de contre marches.

h : Hauteur de la marche

g : Largeur de la marche (giron).

L : Portée en plan de la volée

H : Hauteur entre les faces supérieures de deux paliers successifs.

$$g=2.5/8$$

Hauteur de la marche :

On suppose que $g=30$ cm.

$$60 \leq 2h+30 \leq 66\text{cm.} \Rightarrow 30\text{cm} \leq 2h \leq 36\text{cm}$$

$$15 \leq h \leq 18$$

On prend Donc : $h=17\text{cm}$.

Nombre de contre marche n_c :

$$n = \frac{H}{h}$$

$$n = \frac{306}{17}$$

$n=18$ (pour de deux volées).

18 contre marche entre chaque étage et 9 contre marche par volée.

Nombre de marche $n-1$:

$$n-1 = 9-1 = 8$$

$$L=250 \text{ cm}$$

$$g=250/8= 31.25$$

$$L = \left(\frac{n}{2} - 1\right) \times g \rightarrow L = \left(\frac{18}{2} - 1\right) \times 31.25$$

$$L=250 \text{ cm} \rightarrow L=2.5 \text{ m}$$

$$\frac{L}{20} \leq e \leq \frac{L}{15} \implies \frac{250}{20} \leq e \leq \frac{250}{15}$$

$$12.5 \leq e \leq 16.666 \rightarrow e=15 \text{ cm}$$

Epaisseur de la paille :

$$\frac{L}{30} \leq e \leq \frac{L}{20} \implies \frac{250}{30} \leq e \leq \frac{250}{20}$$

$$8.333 \leq e \leq 12.5 \rightarrow e=15 \text{ cm}$$

L'inclinaison de la paille :

$$\tan \alpha = \frac{H}{L} = \frac{1.53}{2.5} = 0.612$$

$$\alpha = 31.466^\circ$$

Poutre palier :

$$\frac{L}{15} \leq h \leq \frac{L}{10}$$

$$16.66 \leq h \leq 25$$

On prend la poutre palier de section (30*30 cm²).

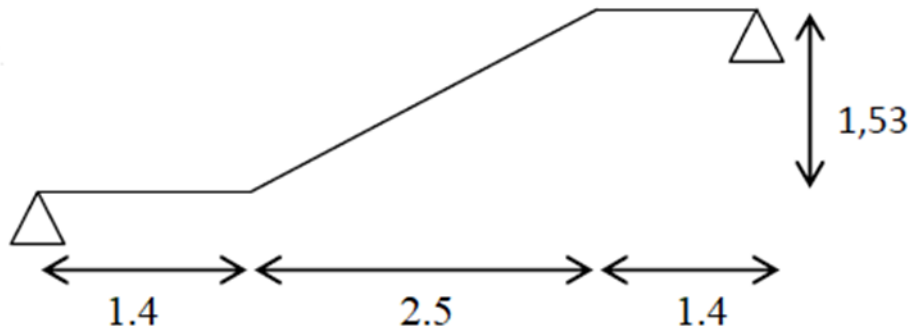


Figure 2. 4 Dimensions d'escalier

CHAPITRE 03
DESCENTE DES CHARGES

Chapitre 03 : Descente des charges

3 . Introduction :

La descente des charges est une étape essentielle dans la conception d'un bâtiment ou d'une structure. Elle consiste à déterminer les charges qui s'exerceront sur la structure et à les répartir de manière optimale pour assurer la stabilité et la sécurité de l'ouvrage.

Les différents charges et surcharges prises en compte dans notre étude sont :

- Les charges permanentes (G).
- Les surcharges d'exploitation (Q).
- Les charges sismiques (E)

3.1 Les charges réglementaires :

Les charges réglementaire sont en général de :

- Les charges permanentes qui présentent le poids propre.
- Les charges d'exploitation ou surcharges.

3.1.1 Les charges permanentes :

Les charges permanentes sont des charges qui sont considérées comme constantes et qui sont présentes en permanence dans une structure ou un ouvrage. Elles sont également appelées charges fixes

Les charges permanentes peuvent comprendre le poids propre de la structure, les murs, les planchers, les escaliers, les poteaux, les dalles, les fondations, etc. Elles sont généralement considérées comme étant stables et ne varient pas au fil du temps.

3.1.2 Les charges d'exploitation :

Les charges d'exploitation, quant à elles, sont des charges qui résultent de l'utilisation courante d'un bâtiment, telles que le poids des personnes, des meubles, des équipements, etc. Ces charges peuvent varier en fonction des activités et des opérations menées dans le bâtiment.

3.2 Evaluation des charges et surcharges :

3.2.1 Plancher terrasse (inaccessible) :

La terrasse est inaccessible et réalisée en plancher à corps creux

Charge permanente (G) :

| Matériaux | épaisseurs (m) | Poids (KN/m ²) |
|------------------------------------|----------------|---------------------------------|
| Protection en gravillon | 0.8 | 0,80 |
| Béton de la forme de pente | 0.10 | 2,20 |
| Etanchéité en multicouche | 0.02 | 0,12 |
| Isolation thermique en polystyrène | 0.04 | 0,12 |
| Corps creux (16+5) cm | 0.21 | 3.05 |
| Enduit ciment (2 cm) | 0.02 | 0.36 |
| | | Gt=6.65 KN/m² |

Qt=1.00 KN/m²

Tableau 3.1 évaluation des charges permanentes du plancher terrasse.

- La charge permanente totale qu'on a est : **Gt=6.65 kn/m²**
- La charge d'exploitation à prendre dans le cas d'une terrasse inaccessible est estimée à

Qt=1.00 kn/m²

3.2.2 Plancher étages courants

| Matériaux | épaisseurs (m) | Poids (KN/m ²) |
|-----------------------|----------------|---------------------------------|
| Carrelage | 0.02 | 0.5 |
| mortier de pose | 0.10 | 0.5 |
| Cloison de séparation | 0.04 | 1 |
| Corps creux (16+5) cm | 0.21 | 3.05 |
| Enduit ciment (2 cm) | 0.02 | 0.36 |
| | | Ge=5.41 KN/m² |

Tableau 3.2 : Evaluation des charges dans le plancher d'étage courant.

- La charge permanente totale $G_e=5.41 \text{ kn/m}^2$
- La charge d'exploitation à prendre $Q_e=1.50 \text{ kn/m}^2$

3.2.3 Balcon :

| Matériaux | épaisseurs (m) | Poids (KN/m ²) |
|-----------------------|----------------|--|
| Carrelage | 0.02 | 0.44 |
| mortier de pose | 0.02 | 0.4 |
| Cloison de séparation | 0.02 | 0.36 |
| Dalle pleine | 0.15 | 3.75 |
| Enduit ciment (2 cm) | 0.02 | 0.40 |
| | | G_b=5.35 KN/m² |

Tableau 3 . 3 : Evaluation des charges dans Balcon

- La charge permanente totale qu'on obtient $G_b=5.35 \text{ KN/m}^2$
- La charge d'exploitation à prendre dans le cas des balcons $Q_b 3.5\text{KN/ m}^2$

3.2.4 -Mur extérieur :

| Matériaux | Epaisseur(cm) | Poids (KN/m ²) |
|--------------|---------------|----------------------------|
| Briquecreux | 25 | 3.50 |
| Enduitplâtre | 2 | 0.24 |
| Enduitciment | 2 | 0.40 |

Tableau 3. 4: Evaluation des charges permanentes de mur extérieur

- La charge permanente totale qu'on a est **4.14 KN/ m²**

3.2.5 PALIER ESCALIER

| Matériaux | épaisseurs (cm) | Poids (KN/m ²) |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------------|
| Carrelage | 2 | 0.5 |
| mortier de pose | 10 | 0.5 |
| Enduit plâtre | 10 | 0.1 |
| Poids propre de palier | 2 | 4 |
| Enduit plâtre (2 cm) | 2 | 0.36 |
| | | Ge=5.46k KN/m² |

Tableau 3. 5: Evaluation des charges permanentes de PALIER ESCALIER

- La charge permanente totale qu'on obtient **Ge=5.21 KN/m²**
- La charge d'exploitation à prendre **Qe=2.50 KN/m²**

CHAPITRE 04
MODILISATIONDE SAP 2000
VERSSION 14.2.4

Chapitre 4 : Modélisation SAP 2000 Version 14.2

4 INTRODUCTION :

SAP 2000 est un logiciel d'analyse et de conception de structures de génie civil, développé par la société américaine Computers and Structures, Inc. (CSI). Il est utilisé pour la modélisation, l'analyse, la conception et l'optimisation des structures de bâtiments, de ponts, de tours, de barrages, de tunnels, etc.

4.1 . Etapes de modélisations :

1. **Création du modèle:** Tout d'abord, vous devez créer le modèle de votre structure en utilisant les outils de dessin intégrés dans SAP 2000. Vous pouvez dessiner les éléments de votre structure tels que les poutres, les colonnes, les murs, les dalles, etc. en utilisant des lignes, des arcs et des cercles.
2. **Attribution des propriétés :** Après avoir créé les éléments de votre structure, vous devez leur attribuer des propriétés telles que les dimensions, les sections transversales, les matériaux, etc. Vous pouvez également ajouter des charges telles que les charges de gravité, les charges de vent, les charges sismiques, etc.
3. **Analyse de la structure :** Une fois que vous avez créé et configuré votre modèle, vous pouvez lancer l'analyse de la structure. SAP 2000 utilise la méthode des éléments finis pour simuler le comportement de la structure en réponse aux charges appliquées.
4. **Interprétation des résultats:** Après avoir effectué l'analyse, vous pouvez afficher les résultats sous forme de graphiques, de tableaux et de diagrammes. Vous pouvez examiner les déformations, les contraintes, les forces internes, les moments, les réactions, etc. pour évaluer la sécurité et la performance de la structure.
5. **Optimisation du modèle :** En fonction des résultats obtenus, vous pouvez apporter des modifications à votre modèle pour améliorer la performance de la structure. Vous pouvez modifier les dimensions, les sections transversales, les matériaux, les positions des éléments, etc. pour obtenir une structure plus sûre et plus efficace

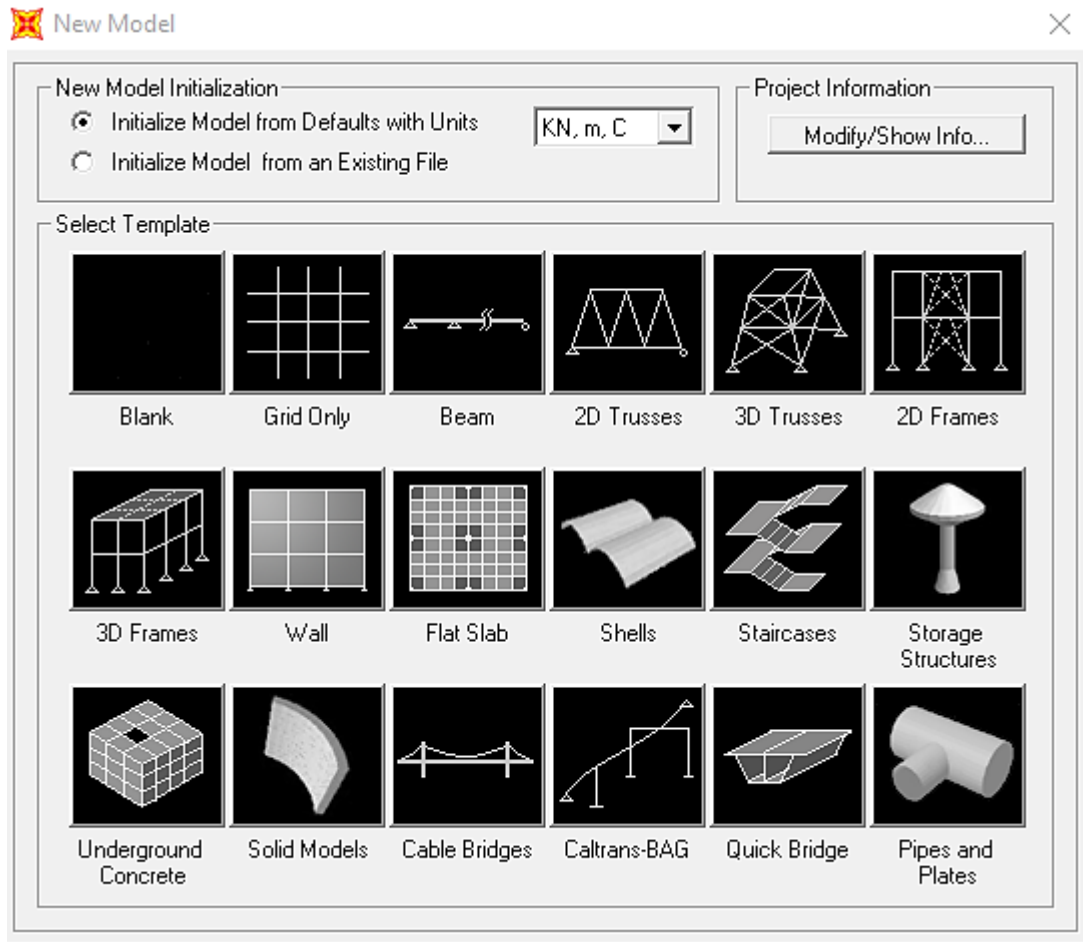


Figure 4.1 : NEW MODEL

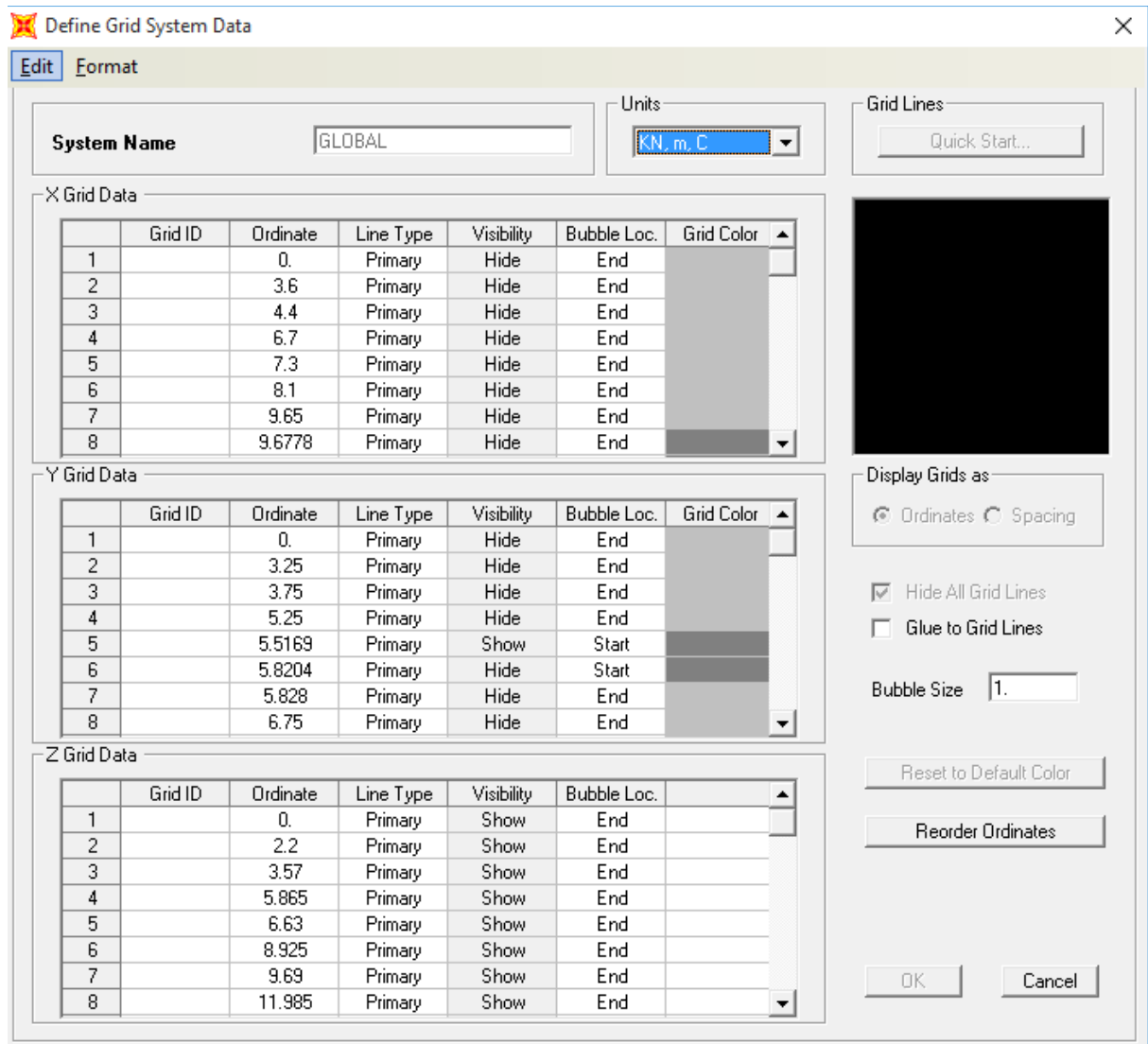


Figure 4. 2 DefineGrid Système Data

Pour définir les matériaux (Béton, acier, mat) par :

1. Define
2. Materials...

| Material Property Data | Material Property Data | Material Property Data |
|--|---|--|
| <p>General Data</p> <p>Material Name and Display Color: ARMATURE ■</p> <p>Material Type: Rebar</p> <p>Material Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> | <p>General Data</p> <p>Material Name and Display Color: BETON ■</p> <p>Material Type: Concrete</p> <p>Material Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> | <p>General Data</p> <p>Material Name and Display Color: CORP CREUX ■</p> <p>Material Type: Other</p> <p>Material Notes: <input type="button" value="Modify/Show Notes..."/></p> |
| <p>Weight and Mass</p> <p>Weight per Unit Volume: 76.9729</p> <p>Mass per Unit Volume: 7.849</p> <p>Units: KN, m, C</p> | <p>Weight and Mass</p> <p>Weight per Unit Volume: 25</p> <p>Mass per Unit Volume: 2.55</p> <p>Units: KN, m, C</p> | <p>Weight and Mass</p> <p>Weight per Unit Volume: 0</p> <p>Mass per Unit Volume: 0</p> <p>Units: KN, m, C</p> |
| <p>Uniaxial Property Data</p> <p>Modulus of Elasticity, E: 1.999E+08</p> <p>Poisson's Ratio, U: 0</p> <p>Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05</p> <p>Shear Modulus, G: 99973989</p> | <p>Isotropic Property Data</p> <p>Modulus of Elasticity, E: 32100000</p> <p>Poisson's Ratio, U: 0.2</p> <p>Coefficient of Thermal Expansion, A: 9.300E-06</p> <p>Shear Modulus, G: 13375000</p> | <p>Isotropic Property Data</p> <p>Modulus of Elasticity, E: 32164200</p> <p>Poisson's Ratio, U: 0.2</p> <p>Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.000E-05</p> <p>Shear Modulus, G: 13401750</p> |
| <p>Other Properties for Rebar Materials</p> <p>Minimum Yield Stress, Fy: 400000</p> <p>Minimum Tensile Stress, Fu: 600000</p> <p>Expected Yield Stress, Fye: 440000</p> <p>Expected Tensile Stress, Fue: 660000</p> | <p>Other Properties for Concrete Materials</p> <p>Specified Concrete Compressive Strength, fc: 25000</p> <p><input type="checkbox"/> Lightweight Concrete</p> <p>Shear Strength Reduction Factor: <input type="text"/></p> | |
| <p><input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display</p> <p><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/></p> | <p><input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display</p> <p><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/></p> | <p><input type="checkbox"/> Switch To Advanced Property Display</p> <p><input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/></p> |

Figure 4. 3 Material PropertyData Béton, acier, Corp creux

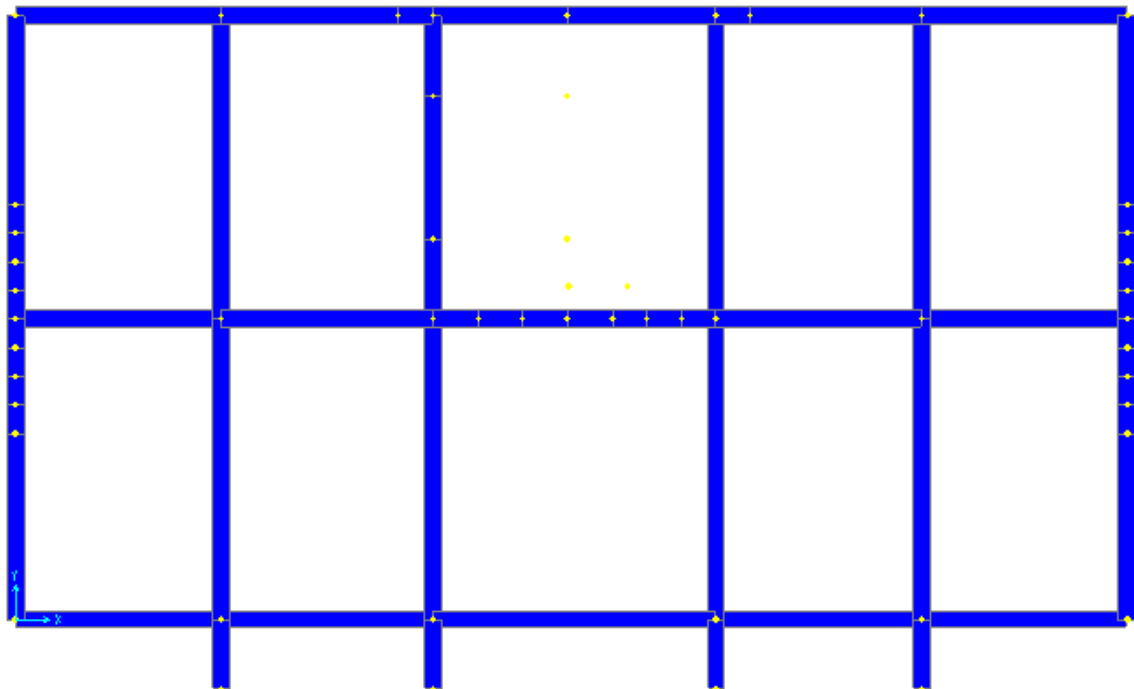


Figure 4. 4 Modélisation de La Structure

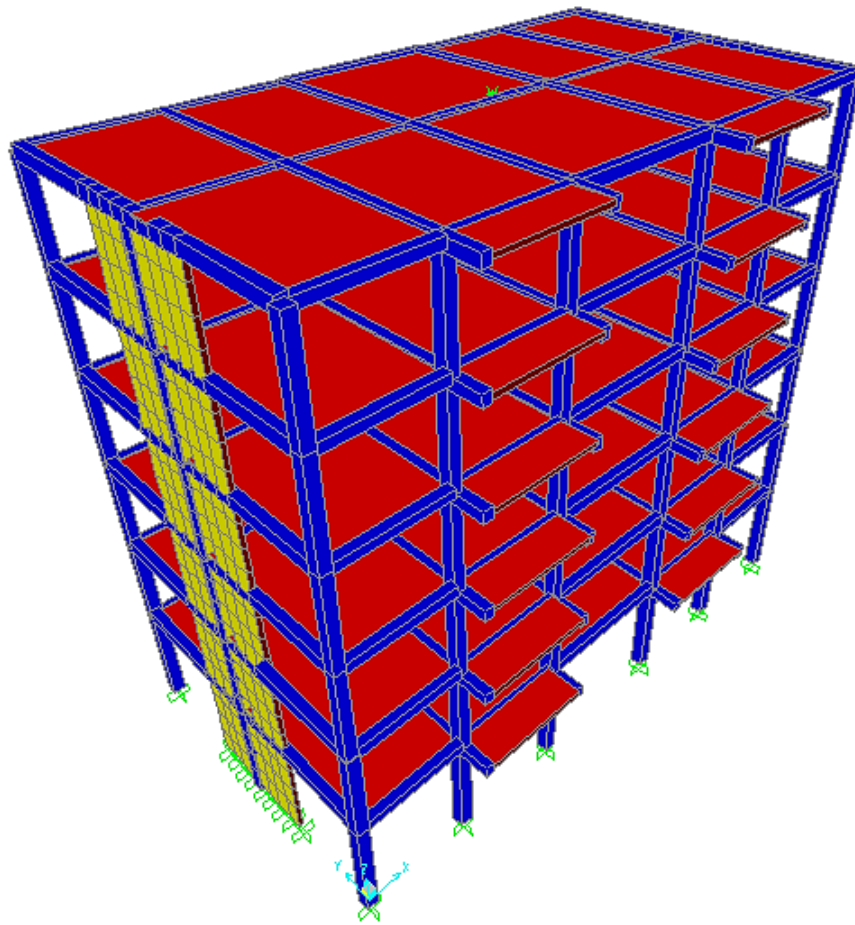


Figure 4. 5 La structure en 3D

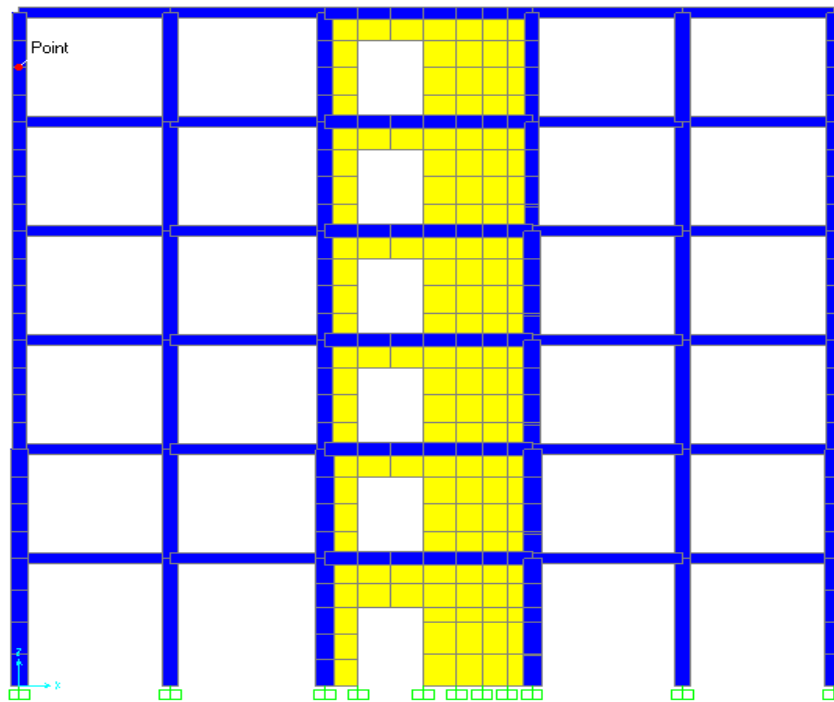


Figure 4. 6 modélisation en XZ

Pour définir les sections :

1. Define.
2. Sections properties.
3. Frame sections...
4. Add newproperty

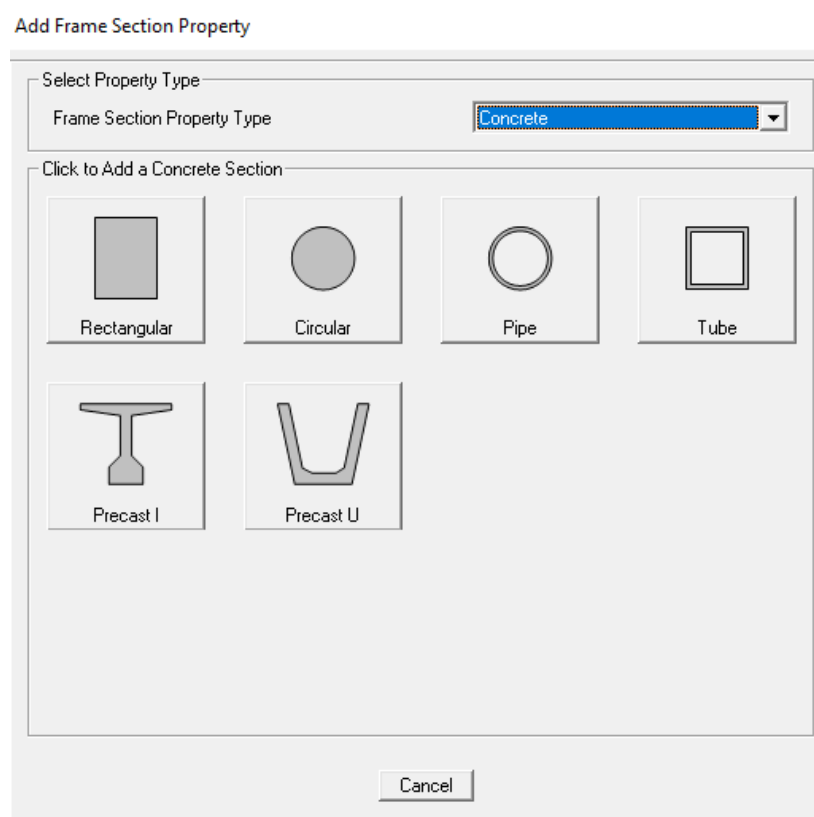


Figure 4. 7 Ajouter une propriété de section

Rectangular Section

Section Name POT45X45

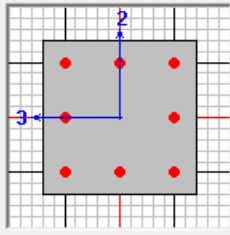
Section Notes

Properties Property Modifiers Material +

Dimensions

Depth (t3)

Width (t2)



Display Color

Figure 4. 8 Données de renforcement

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars +

Confinement Bars (Ties) +

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Reinforcement Configuration

Rectangular

Circular

Confinement Bars

Ties

Spiral

Longitudinal Bars - Rectangular Configuration

Clear Cover for Confinement Bars

Number of Longit Bars Along 3-dir Face

Number of Longit Bars Along 2-dir Face

Longitudinal Bar Size +

Confinement Bars

Confinement Bar Size +

Longitudinal Spacing of Confinement Bars

Number of Confinement Bars in 3-dir

Number of Confinement Bars in 2-dir

Check/Design

Reinforcement to be Checked

Reinforcement to be Designed

Figure 4. 9 Cadre Propretés

Rectangular Section

Section Name POUTRE PR 30X40

Section Notes

Properties Property Modifiers Material + BETON

Dimensions

Depth (t3) 0.4

Width (t2) 0.3



Display Color

Reinforcement Data

Rebar Material

Longitudinal Bars + ARMATURE

Confinement Bars (Ties) + ARMATURE

Design Type

Column (P-M2-M3 Design)

Beam (M3 Design Only)

Concrete Cover to Longitudinal Rebar Center

Top 0.025

Bottom 0.025

Reinforcement Overrides for Ductile Beams

| | Left | Right |
|--------|------|-------|
| Top | 0. | 0. |
| Bottom | 0. | 0. |

Pour définir les surface (plancher, dalle pleine, palier, palliasse).

1. Define.
2. Section properties.
3. Area sections...
4. Add new section...

Shell Section Data

Section Name Dalle Plein

Section Notes

Display Color

Type

Shell - Thin

Shell - Thick

Plate - Thin

Plate Thick

Membrane

Shell - Layered/Nonlinear

Material

Material Name BETON

Material Angle

Thickness

Membrane

Bending

Concrete Shell Section Design Parameters

Stiffness Modifiers

Temp Dependent Properties

Figure 4. 10 Données de section Shell.

Maintenant en donne les valeurs de descente des charges :

En doit définir le G et Q par :

- Define
- Load patterns...

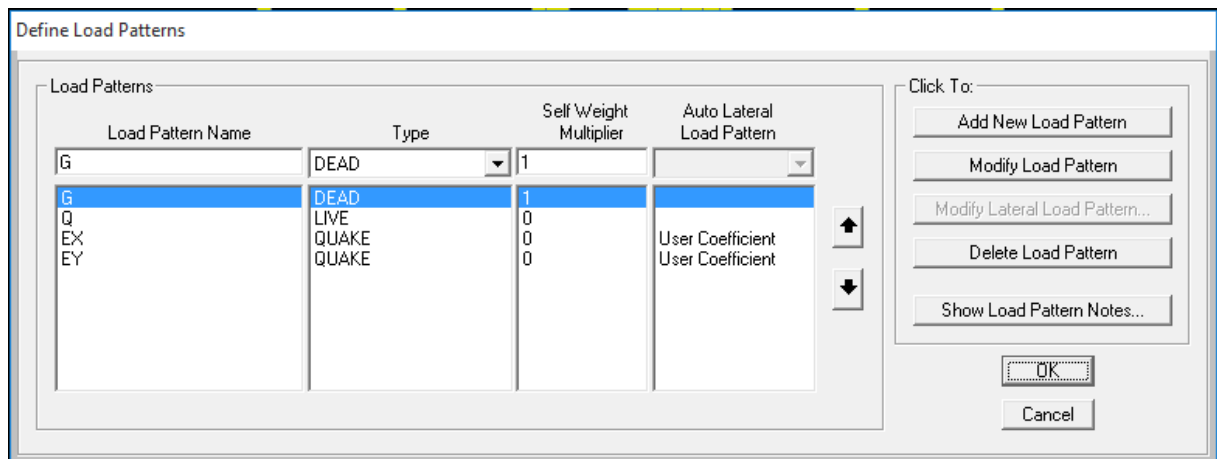


Figure 4. 11 Définir les pterns de chargement

En doit sélectionner un élément (plancher, palier...) de notre structure et donner le G et Q

1. assing
2. area loads
3. Uniform (Shell)...

Etage courant :

| | G | Q |
|----------------------|------|------|
| Plancher | 5.41 | 1.50 |
| Dalle pleine | 5.35 | 3.5 |
| ESCALIER | 5.21 | 2.5 |
| Mur extérieur | 4.14 | |

Tableau 4. 1 Charge et surcharge (étage courant).

Terrasse inaccessible :

| | G | Q |
|-----------------|-------------|----------|
| Plancher | 6.65 | 1 |

Tableau 4. 2 : Charge et surcharge Terrasse inaccessible

CHAPITRE 05
ETUDE SISMIQUE

Chapitre 05 : Etude sismique

5 Introduction

L'Algérie est un pays situé sur une zone de forte activité sismique en raison de sa position géographique dans la ceinture de feu du Pacifique. Les séismes y sont donc relativement fréquents et peuvent causer des dommages considérables aux infrastructures et aux populations.

Depuis cet événement tragique, l'Algérie a pris des mesures pour renforcer la prévention et la gestion des risques sismiques, notamment en mettant en place des normes de construction sismique plus strictes pour les nouveaux bâtiments et en effectuant des travaux de renforcement sur les bâtiments existants. Des plans d'urgence ont également été élaborés pour mieux répondre aux situations de crise en cas de séisme.

5.1 Présentation du programme sap2000

SAP2000 est un logiciel de conception et d'analyse de structures de génie civil développé par la société américaine Computers and Structures, Inc. (CSI). Il est largement utilisé dans l'industrie de la construction pour la conception et l'analyse de structures de bâtiments, de ponts, de tunnels, de réservoirs et d'autres types de structures.

5.2 Choix de la méthode de calcul :

Le choix de la méthode de calcul dans une étude sismique dépendra de plusieurs facteurs tels que la taille et la complexité de la structure, le niveau de précision requis, les réglementations et normes de conception en vigueur, et la disponibilité des données sismiques.

Voici quelques-unes des méthodes de calcul les plus courantes utilisées dans les études sismiques :

- 1) **La méthode statique équivalente**
- 2) **La méthode d'analyse modale spectrale**
- 3) **La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes**

5.2.1 La méthode statique équivalente :

Cette méthode est utilisée pour les structures simples, régulières et de faible hauteur. Elle consiste à appliquer une charge horizontale équivalente à la structure, qui est ensuite utilisée pour calculer les réactions et les forces internes.

5.2.2 La méthode d'analyse modale spectrale :

Cette méthode est souvent utilisée pour les structures de plus grande envergure et plus complexes. Elle utilise les courbes de réponse spectrale pour calculer les réactions et les forces internes sur la structure en réponse aux vibrations sismiques.

5.2.3 La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

Cette méthode est utilisée pour les structures très complexes et non régulières. Elle utilise des modèles mathématiques de la structure pour simuler son comportement en réponse à des séismes enregistrés.

5.3 Condition d'application de la méthode statique équivalente :

A. Le bâtiment ou bloc étudié, satisfaisait aux conditions de régularité en plan et en Élévation prescrites au chapitre III, paragraphe 3.5 (RPA99/Version 2003) avec une hauteur au plus égale à 65m en zones I et II et à 30m en zones III

B. Le bâtiment ou bloc étudié présente une configuration irrégulière tout en respectant, Outre les conditions de hauteur énoncées en a), les conditions complémentaires suivantes :

Zone I : tous groupes

Zone IIa:

- ★ Groupe d'usage 3.
- ★ Groupes d'usage 2, si la hauteur est inférieure ou égale à 7 niveaux ou 23 m.
- ★ Groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m.
- ★ Groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.

Zone IIb et III :

- ★ groupes d'usage 3 et 2, si hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m
- ★ groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.
- ★ groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 2 niveaux ou 08m.

5.4 . Calcule de la force sismique :

Dans cette méthode l'intensité effective de l'action sismique est donnée sous la forme d'effort tranchant maximum à la base de la structure,

Soit :

$$V = \frac{A.D.Q}{R} W$$

➤ **Zone IIa.**

➤ Groupe d'usage 2(Ouvrages courants ou d'importance moyenne).

➤ Le coefficient d'accélération de zone **A = 0.15 (RPA –TABLEAU 4.1).**

➤ Le coefficient de comportement global de la structure **R = 4 (RPA-TABLEAU 4.3)**

➤ Le facteur de qualité **Q = 1.25 (RPA-TABLEAU 4.4)**

➤ Le coefficient d'amortissement **ζ : 7%(RPA-TABLEAU 4.5)**

➤ La période T₁ du site considère : 0.15

➤ La période T₂ du site considéré : 0.5

➤ Le facteur de correction d'amortissement $\eta : \eta = \sqrt{7 / (2 + \zeta)} \geq 0.7$ (Formule 4.3)

➤ **η = 1.84**

➤ Le facteur d'amplification : **D = 2.5η(T₂/T)^{2/3} T₂ < T < 3S (Formule 4.2)**

➤ La période fondamentale de la structure T : **T = C_T(h_N)^{3/4} (4.6)**

➤ T = 0.05*(18.87)^{3/4})

➤ **T = 0.4526 sec**

➤ **Donc : D = 2.5*1.84(0.5/0.4526)^{2/3} = 3.954**

0 < T < T₂ Donc D = 2.5η = 4.6

5.5 Poids total de la structure W

W est égal à la somme des poids W_i , calculés à chaque niveau (i) :

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \text{ Avec } W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi} \quad (4-5)$$

- W_{Gi} : poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure
- W_{Qi} : charges d'exploitation
- β : Coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par le tableau 4.5. $\beta = 0.2$

5.5.1 Calcule le poids de la charge permanente et d'exploitation de la structure:

Le 1^{er} étage (courant) :

Le poids de poteaux :

RDC :

$$W_{gp} = (0.45 \times 0.45 \times 3.57 \times 25 \times 4) + (0.40 \times 0.40 \times 3.57 \times 25 \times 14)$$

$$= 272.2125 \text{ KN}$$

$$\text{ETAGE 1} = (0.45 \times 0.45 \times 3.06 \times 25 \times 4) + (0.40 \times 0.40 \times 3.06 \times 25 \times 4) + (0.35 \times 0.35 \times 3.06 \times 25 \times 10)$$

$$= 204.63 \text{ KN}$$

ETAGE 2 3 4 :

$$W_{gp} = (0.35 \times 0.35 \times 3.06 \times 25 \times 18) = 168.6825$$

- Le poids de la poutre principale :

$$W_{gpp1} = (0.30 \times 0.40 \times (4.95) \times 25 \times 6) = 89.1 \text{ KN}$$

$$W_{GPP2} = (0.30 \times 0.40 \times (4.90) \times 25 \times 6) = 88.2 \text{ KN}$$

$$\Sigma W_{gpp} = 177.3 \text{ KN}$$

➤ Le poids de la poutre secondaire :

$$W_{gps1} = (0.30 \times 0.35 \times (4.6) 25 \times 3) = 36.225 \text{ KN}$$

$$W_{gps2} = (0.30 \times 0.30 \times (3.35) 25 \times 3) = 22.6125 \text{ KN}$$

$$W_{gps3} = (0.30 \times 0.30 \times (3.25) 25 \times 9) = 65.8125 \text{ KN}$$

$$\Sigma W_{gps} = 124.65 \text{ KN}$$

➤ Le poids de la poutre palier:

$$W_{Gpalier} = (0.3 \times 0.3 \times (2.8) \times 25)$$

$$W_{Gpalier} = 6.3 \text{ KN}$$

➤ Le poids de plancher :

$$S1 = 4.90 \times 3.25 \times 3 = 47.775 \text{ KN}$$

$$S2 = 4.90 \times 3.35 \times 1 = 16.415 \text{ KN}$$

$$S3 = 4.90 \times 4.60 \times 1 = 22.54 \text{ KN}$$

$$S4 = 4.95 \times 3.25 \times 3 = 48.2625 \text{ KN}$$

$$S5 = 4.95 \times 3.35 \times 1 = 16.5825 \text{ KN}$$

TERRASSE S6 :

$$= 4.95 \times 4.60$$

$$= 22.77 \text{ KN}$$

$$\underline{\underline{\Sigma SP = 343.65 \text{ KN}}}$$

$$w_{GPL} = \underline{\underline{343.65}} \times 5.41 = 1859.1465 \text{ KN}$$

$$w_{QPL} = \underline{\underline{343.65}} \times 1.5 = 515.475 \text{ KN}$$

➤ **Le poids de L'escalier :**

$$w_{Gpalier} = 1.3 \times (2.6 \div 2) \times 5.21$$

$$w_{Gpalier} = 8.8049$$

$$w_{Qpalier} = 1.3 \times (2.6 \div 2) \times 2.5$$

$$w_{Qpalier} = 4.225$$

$$w_{Gvolée} = 1.2 \times 2.85 \times 5.21$$

$$w_{Gvolée} = 17.8182$$

$$w_{Qvolée} = 1.2 \times 2.85 \times 2.5$$

$$w_{Qvolée} = 8.55$$

$$w_{Gescalier} = (w_{Gpalier} + w_{Gvolée}) \times 2$$

$$w_{Gescalier} = 53.2462$$

$$W_{Qescalier} = (W_{Qpalier} + W_{Qvolée}) \times 2$$

$$W_{Qescalier} = 25.55$$

Tableaux de poids des charges permanentes (W_G) des 5 étages :

| | 1er étage (courant) KN | 2 ^e étage (courant) KN | 3 ^e étage (courant) KN | 4 ^e étage (courant) KN | 5 ^e étage (courant) KN | TERRASSE INNACCIBLE |
|----------------------------|------------------------------|---|---|---|---|------------------------|
| W Poteau | 272.2125 | 204.63 | 168.6825 | 168.6825 | 168.6825 | 84.34125 |
| W Poutres principal | 177.3 | 177.3 | 177.3 | 177.3 | 177.3 | 177.3 |
| W Poutre secondaire | 124.65 | 124.65 | 124.65 | 124.65 | 124.65 | 124.65 |
| W Plancher | 1859.1465 | 1859.1465 | 1859.1465 | 1859.1465 | 1859.1465 | 2436.693 |
| W Escalier | 53.2462 | 53.2462 | 53.2462 | 53.2462 | 53.2462 | |
| W Poutre palier | 5.7375 | 5.7375 | 5.7375 | 5.7375 | 5.7375 | |
| W Total | 2439.0465 | 2424.7102 | 2388.7627 | 2388.7627 | 2388.7627 | 2822.98425 |

Tableau 5. 1 .Poids des charges permanentes.

Tableaux des charges d'exploitation (W_Q) des 5 étages

| | 1er étage (courant) KN | 2 ^e étage (courant) KN | 3 ^e étage (courant) KN | 4 ^e étage (courant) KN | 5 ^e étage (courant) KN |
|-------------------|------------------------------|---|---|---|---|
| W Plancher | 515.475 | 515.475 | 515.475 | 515.475 | 515.475 |
| W Escalier | 25.55 | 25.55 | 25.55 | 25.55 | 25.55 |
| W Total | 541.025 | 541.025 | 541.025 | 541.025 | 541.025 |

Tableau 5. 2 Poids des charges d'exploitation...

Calcul W_i de chaque étage avec la formule

$$W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

$$W_1 = W_{G1} + \beta W_{Q1}$$

$$2439.0465 + 0.2 \times 541.025 = 2547.2515$$

$$W_2 = W_{G2} + \beta W_{Q2}$$

$$2424.7102 + 0.2 \times 541.025 = 2532.9152$$

$$W_3 = 2388.7627 + 0.2 \times 541.025 = 2496.9677$$

$$W_4 = 2496.9677$$

$$W_5 = 2496.9677$$

$$W_6 = 2822.98425 + 0.2 \times 343.65 = 2891.71425$$

$$W_T = 15462.78405 \text{ KN}$$

$$W_{SAP} = 15183.984 \text{ KN}$$

$$V = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} \times W \rightarrow$$

$$\triangleright V_x = \frac{0.15 \times 4.6 \times 1.25}{4} \times 15462.78405 = 3334.162811 \text{ KN}$$

$$\triangleright V_x = 3334.162811 \text{ KN}$$

$$\triangleright V_y = 3334.162811 \text{ KN}$$

5.6 Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur :

La résultante des forces sismiques à la base V doit être distribuée sur la hauteur de la structure

selon les formules suivantes :

$$v = Ft + \sum Fi$$

D'après le RPA page 46 La force concentrée F_t au sommet de la structure

$$F_t = 0 \text{ puisque } T \leq 0.7 \text{ sec}$$

La partie restante de V soit $(V - F_t)$ doit être distribuée sur la hauteur de la structure suivant la

Formule :

$$F_i = \frac{(v - F_t) w_i h_i}{\sum w_i h_i}$$

$$\sum w_j h_j = (2547.2515 \times 3.57) + 2532.9152 \times 6.63 + 2496.9677 \times 9.69 + 2496.9677 \times 12.7$$

$$2496.9677 \times 15.81 + 2891.71425 \times 18.87$$

$$\sum w_j h_j = 175962.5691$$

$$F_1 = \frac{3334.162811 \times 2547.2515 \times 3.57}{175962.5691} = 172.3084405 \text{ KN}$$

$$F_2 = \frac{3334.162811 \times 2532.9152 \times 6.63}{175962.5691} = 318.2003753 \text{ KN}$$

$$F_3 = \frac{3334.162811 \times 2496.9677 \times 9.69}{175962.5691} = 458.4618584 \text{ KN}$$

$$F_4 = \frac{3334.162811 \times 2496.9677 \times 12.75}{175962.5691} = 603.2392873 \text{ KN}$$

$$F_5 = \frac{3334.162811 \times 2496.9677 \times 15.81}{175962.5691} = 748.0167163 \text{ KN}$$

$$F_6 = \frac{3334.162811 \times 2891.71425 \times 18.87}{175962.5691} = 1033.936303 \text{ KN}$$

5.7 Modélisation de la méthode statique équivalente sur sap 2000 version 14.2.4 :

5.7.1 Application de la force sismique à la base :

En doit définir Ex et Ey :

- Define
- Load patterns...

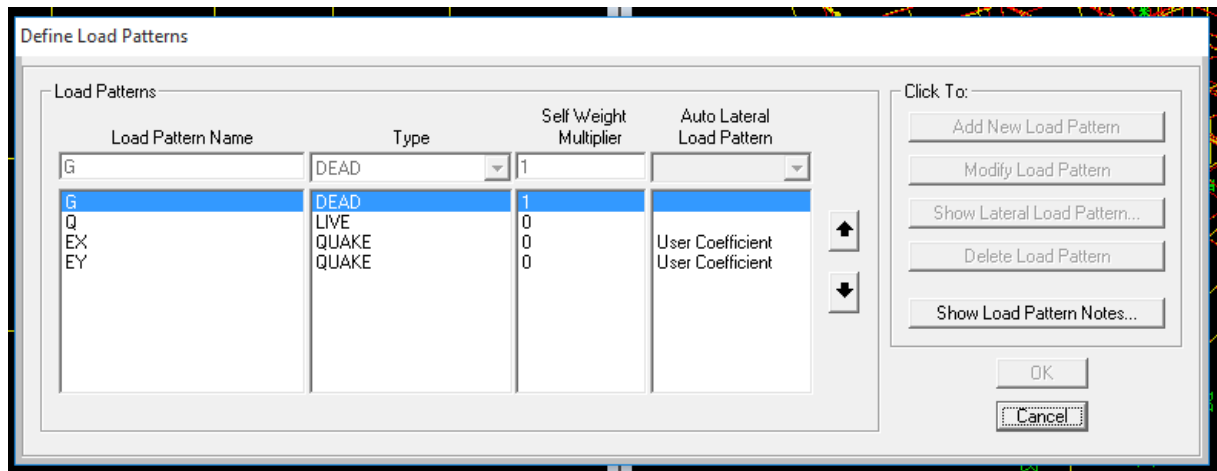


Figure 5. 1: Définir les pterns de chargement

- Modify lateral load patterns
 - ok

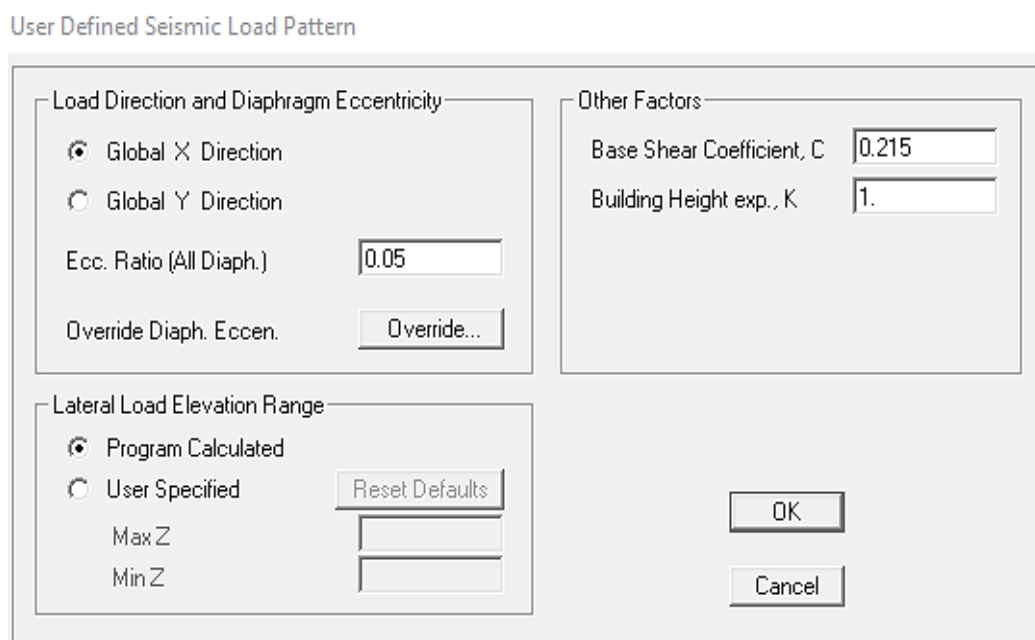


Figure 5. 2: Schéma de charge sismique défini par l'utilisateur.

5.7.2 Application de la force sismique dans le centre de masse :

On doit déterminer le centre de masse de ma structure à partir de sap 2000 en déclarer les diaphragme chaque étage par sélectionner l'étage

- Assign
- Joint
- Constraints
- Diaphragm
- Add new constraint
- ok

Diaphragm Constraint

Constraint Name

Coordinate System

Constraint Axis

X Axis Auto

Y Axis

Z Axis

Assign a different diaphragm constraint to each different selected Z level

Figure 5. 3: Diaphragme constraint.

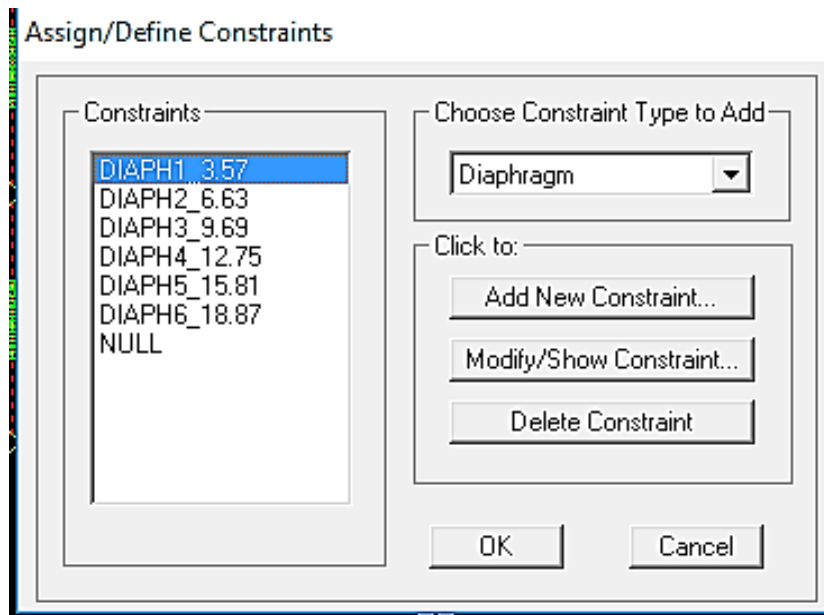


Figure 5. 4: Assign/définir les contraintes.

Après en

- Display
 - Show tables

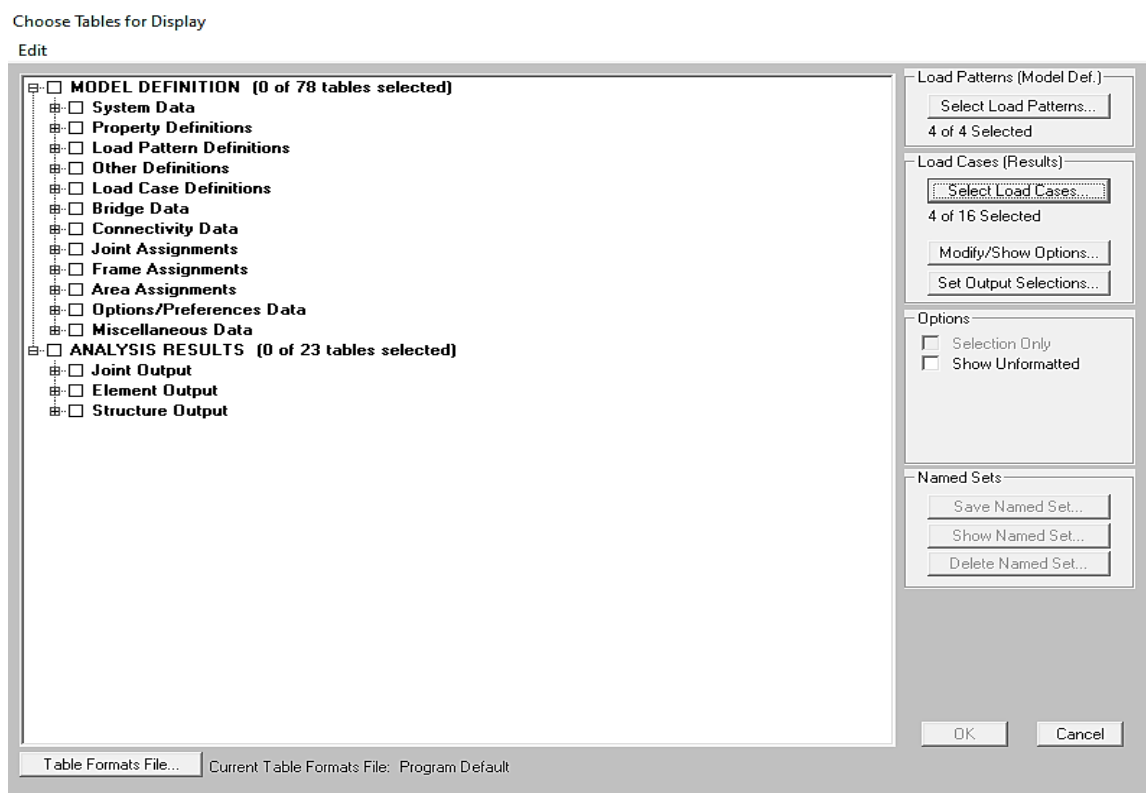


Figure 5. 5: Choisissez les tableaux à afficher.

| 1 | TABLE: Auto Seismic Loads To Horizontal Diaphragms | | | | | | |
|----|--|------------|-----------|------------|---------|---------|-------|
| 2 | LoadPat | AutoLdType | Diaphragm | DiaphragmZ | X | Y | Z |
| 3 | Text | Text | Text | m | m | m | m |
| 4 | EY | USER COEFF | 6_18.87 | 18.87 | 9.79035 | 5.51693 | 18.87 |
| 5 | EY | USER COEFF | 5_15.81 | 15.81 | 9.67781 | 5.82038 | 15.81 |
| 6 | EY | USER COEFF | 4_12.75 | 12.75 | 9.67781 | 5.82038 | 12.75 |
| 7 | EY | USER COEFF | 3_9.69 | 9.69 | 9.67781 | 5.82038 | 9.69 |
| 8 | EY | USER COEFF | 2_6.63 | 6.63 | 9.67781 | 5.82038 | 6.63 |
| 9 | EY | USER COEFF | 1_3.57 | 3.57 | 9.67781 | 5.82038 | 3.57 |
| 10 | EX | USER COEFF | 6_18.87 | 18.87 | 9.79035 | 5.51693 | 18.87 |
| 11 | EX | USER COEFF | 5_15.81 | 15.81 | 9.67781 | 5.82038 | 15.81 |
| 12 | EX | USER COEFF | 4_12.75 | 12.75 | 9.67781 | 5.82038 | 12.75 |
| 13 | EX | USER COEFF | 3_9.69 | 9.69 | 9.67781 | 5.82038 | 9.69 |
| 14 | EX | USER COEFF | 2_6.63 | 6.63 | 9.67781 | 5.82038 | 6.63 |
| 15 | EX | USER COEFF | 1_3.57 | 3.57 | 9.67781 | 5.82038 | 3.57 |

Tableau 5. 3: Résultat de centre de masse.

➤ **Application de la force sismique dans le centre de torsion :**

L'application de l'effort sismique se fait au niveau de centre de torsion, qui est défini comme le centre de masse déjà calculé par SAP 2000 excentré de 5%LX suivant l'axe « X » et

5%LY suivant l'axe « Y » sachant que LX et LY sont les dimensions totales du bâtiment suivant « X » et « Y » respectivement.

$$CT = CM + 5\%LX$$

$$CT = CM + 5\%LY$$

On a LX=19.45 m

LY=10.55 m

| Niveau | X | Y |
|--------------|----------|---------|
| 18.87 | 10.76285 | 6.04443 |
| 15.81 | 10.65031 | 6.34788 |
| 12.75 | 10.65031 | 6.34788 |
| 9.69 | 10.65031 | 6.34788 |
| 6.63 | 10.65031 | 6.34788 |
| 3.57 | 10.65031 | 6.34788 |

Tableau 5. 4: Résultat de centre de torsion

Pour chaque niveau l'intersection de 2 axes donne un noeud maitre en modéliser le noeud par

Utiliser **Draw spécial joint** après en sectionner le noeud

- Assing
- Joint
- Restraints...

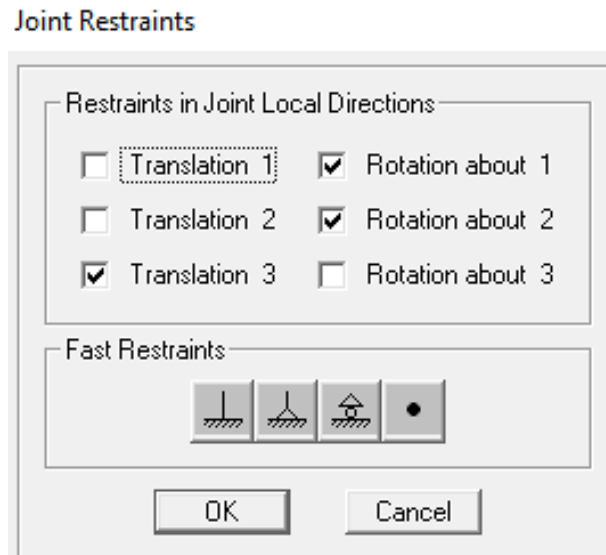


Figure 5. 6 : joint restraints.

| Niveau | EX | EY |
|--------|----------------|----------------|
| 3.57 | 172.3084405 KN | 172.3084405 KN |
| 6.63 | 318.2003753 KN | 318.2003753 KN |
| 9.69 | 458.4618584 KN | 458.4618584 KN |
| 12.75 | 603.2392873 KN | 603.2392873 KN |
| 15.81 | 748.0167163 KN | 748.0167163 KN |
| 18.87 | 1033.936303 KN | 1033.936303 KN |

Tableau 5. 5 Résultat de la force sismique

❖ Après en **runpar** cliquer sur (runanalysis)

Set Load Cases to Run

| Case Name | Type | Status | Action |
|-----------|---------------|---------|--------|
| G | Linear Static | Not Run | Run |
| P | Linear Static | Not Run | Run |
| MODAL | Modal | Not Run | Run |
| EX | Linear Static | Not Run | Run |
| EY | Linear Static | Not Run | Run |

Click to:

Run/Do Not Run Case

Show Case...

Delete Results for Case

Run/Do Not Run All

Delete All Results

Show Load Case Tree...

Analysis Monitor Options

Always Show

Never Show

Show After seconds

Model-Alive

Run Now

OK Cancel

Figure 5. 7: Définir les cas de charge à exécuter

Pour voir le période donné par sap et comparer avec sap calculer par la formule de RPA

- Display
- Show tabs
- Ou cliquer sur

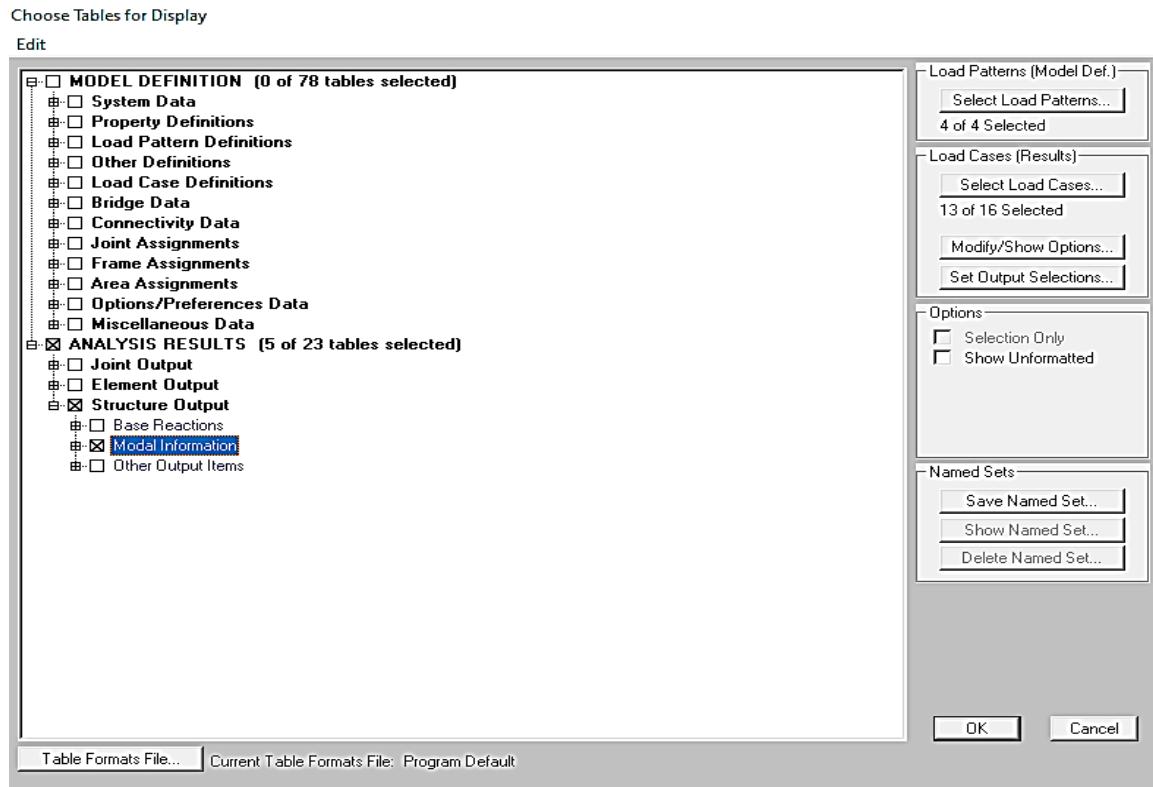


Figure 5. 8 Choisissez les tableaux à afficher.

| 1 | TABLE: Modal Periods And Frequencies | | | | | | |
|----|--------------------------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|------------|
| 2 | OutputCase | StepType | StepNum | Period | Frequency | CircFreq | Eigenvalue |
| 3 | Text | Text | Unitless | Sec | Cyc/sec | rad/sec | rad2/sec2 |
| 4 | MODAL | Mode | 1 | 0.52187 | 1.9162 | 12.04 | 144.96 |
| 5 | MODAL | Mode | 2 | 0.468047 | 2.1365 | 13.424 | 180.21 |
| 6 | MODAL | Mode | 3 | 0.395539 | 2.5282 | 15.885 | 252.34 |
| 7 | MODAL | Mode | 4 | 0.14757 | 6.7765 | 42.578 | 1812.9 |
| 8 | MODAL | Mode | 5 | 0.127281 | 7.8566 | 49.365 | 2436.9 |
| 9 | MODAL | Mode | 6 | 0.095361 | 10.486 | 65.889 | 4341.3 |
| 10 | MODAL | Mode | 7 | 0.075366 | 13.269 | 83.369 | 6950.4 |
| 11 | MODAL | Mode | 8 | 0.058869 | 16.987 | 106.73 | 11392 |
| 12 | MODAL | Mode | 9 | 0.050104 | 19.958 | 125.4 | 15726 |
| 13 | MODAL | Mode | 10 | 0.045533 | 21.962 | 137.99 | 19042 |
| 14 | MODAL | Mode | 11 | 0.042477 | 23.542 | 147.92 | 21881 |
| 15 | MODAL | Mode | 12 | 0.03833 | 26.089 | 163.92 | 26871 |

Tableau 5. 6 : Période de sap

Nous avons constaté que les résultats de la période obtenu par la modélisation de la statique équivalente en utilisant le sap2000 est supérieur aux résultats de la formule empirique.

Le résultat de la période est la suivantes :

$$0.52187 > 0.4526$$

0.52s : Valeur obtenu en appliquant le sap 2000.

0.45s : Valeur obtenu en appliquant la formule empirique.

Ces résultats, nous exige de modéliser des murs voile par définir comme une surface.

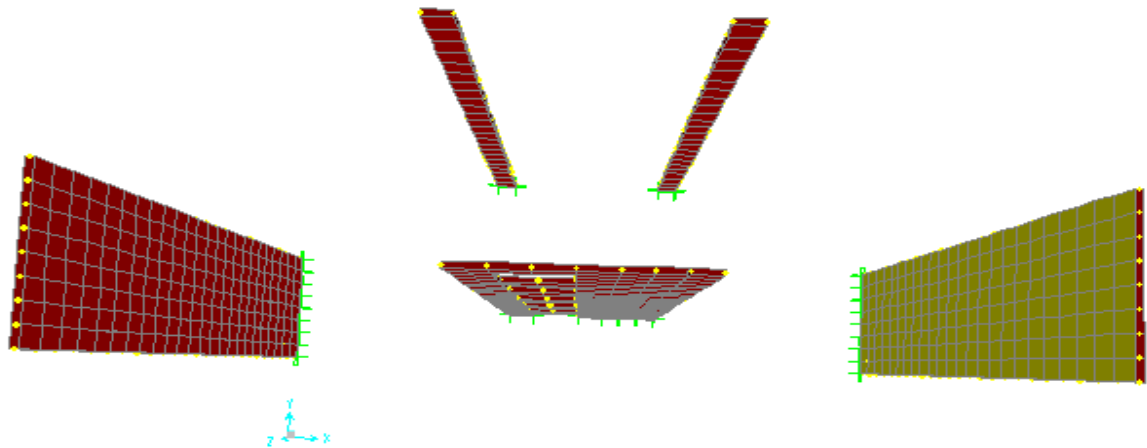


Figure 5. 9 Disposition des murs voiles

5.8 Méthode d'analyse modale spectrale

5.8.1 Principe

Par cette méthode, il est recherché pour chaque mode de vibration, le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul. Ces effets sont par la suite combinés pour obtenir la réponse de la structure.

5.8.2 Modélisation

a) Pour les structures régulières en plan comportant des planchers rigides, l'analyse est faite séparément dans chacune des deux directions principales du bâtiment. Celui-ci est alors représenté dans chacune des deux directions de calcul par un modèle plan, encastré à la base et où les masses sont concentrées au niveau des centres de gravité des planchers avec un seul DDL en translation horizontale.

- b) Pour les structures irrégulières en plan, sujettes à la torsion et comportant des planchers rigides, elles sont représentées par un modèle tridimensionnel, encastré à la base et où les masses sont concentrées au niveau des centres de gravité des planchers avec trois (03) DDL (2 translations horizontales et une rotation d'axe vertical).
- c) Pour les structures régulières ou non comportant des planchers flexibles, elles sont représentées par des modèles tridimensionnels encastrés à la base et à plusieurs DDL par plancher.
- d) La déformabilité du sol de fondation doit être prise en compte dans le modèle toutes les fois où la réponse de la structure en dépend de façon significative.
- e) Le modèle de bâtiment à utiliser doit représenter au mieux les distributions des rigidités et des masses de façon à prendre en compte tous les modes de déformation significatifs dans le calcul des forces d'inertie sismiques (ex : contribution des zones nodales et des éléments non structuraux à la rigidité du bâtiment).
- f) Dans le cas des bâtiments en béton armé ou en maçonnerie la rigidité des éléments porteurs doit être calculée en considérant les sections non fissurées. Si les déplacements sont critiques particulièrement dans le cas de structures associées à des valeurs élevées du coefficient de comportement, une estimation plus précise de la rigidité devient nécessaire par la prise en compte de sections fissurées.

5.8.3 Conditions d'application de la méthode d'analyse modale spectrale

:
La méthode d'analyse modale spectrale peut être utilisée dans tous les cas, et en Particulier, dans le cas où la méthode statique équivalente n'est pas applicable.

Hypothèses de calcul.

Les masses sont supposées concentrées au niveau du plancher.

Seuls les déplacements horizontaux des nœuds sont pris en compte

Les planchers et les fondations doivent être rigides dans leurs plans (vis-à-vis des déplacements horizontaux)

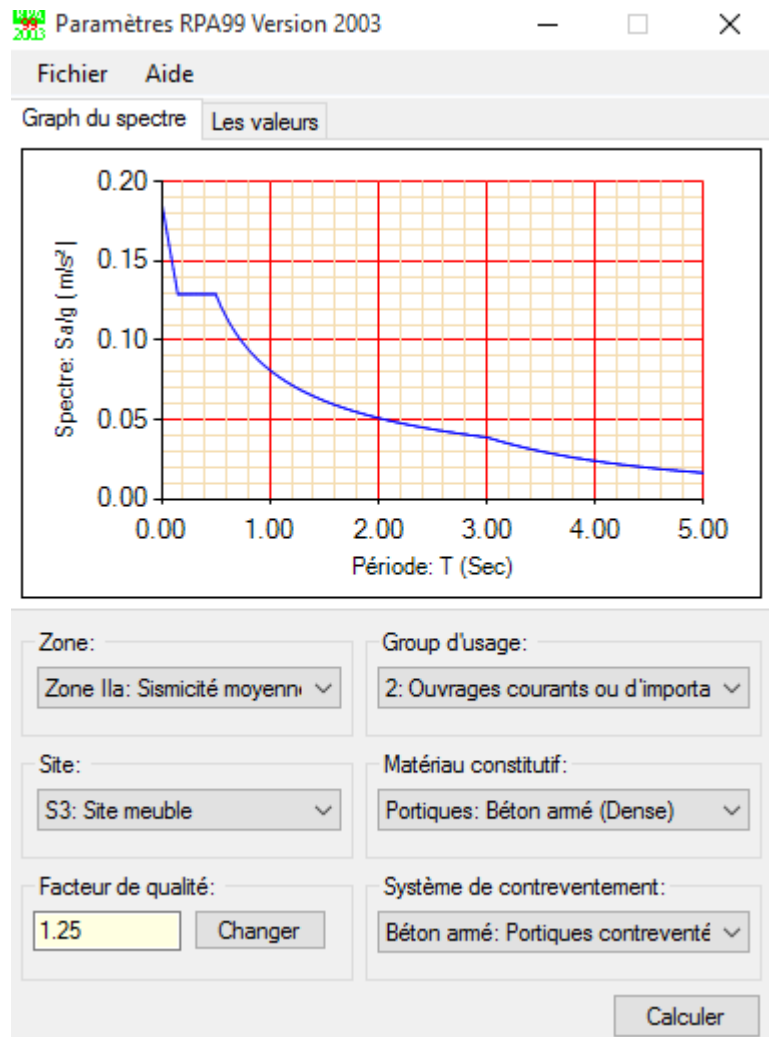


Figure 5. 10 : spectre

Response Spectrum Function Definition

Function Name: SPECTRE

Function Damping Ratio: 0.05

Function File:

File Name: c:\users\sahm\desktop\bloc a1\spectre 2.txt

Header Lines to Skip: 0

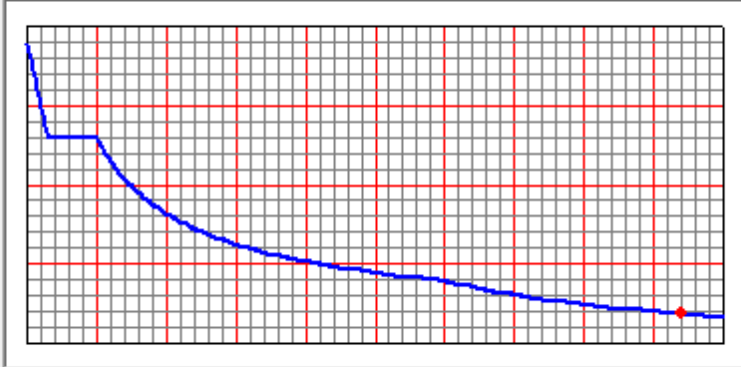
Values are:

Frequency vs Value

Period vs Value

Convert to User Defined View File

Function Graph:



Display Graph (4.7047 , 0.0185)

OK Cancel

Figure 5. 11: Réponse Spectrum fonction définition

Load Case Data - Response Spectrum

Load Case Name: Notes: Load Case Type:

Modal Combination: CQC SRSS Absolute GMC NRC 10 Percent Double Sum

GMC f1: GMC f2: Periodic + Rigid Type:

Directional Combination: SRSS CQC3 Absolute Scale Factor:

Modal Load Case: Use Modes from this Modal Load Case:

Loads Applied:

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|-----------|-----------|----------|--------------|
| Accel | U1 | SPECTRE | 9.81 |
| Accel | U1 | SPECTRE | 9.81 |

Show Advanced Load Parameters

Other Parameters: Modal Damping:

Figure 5. 12 : Données du cas de charge - spectre de réponse Ex.

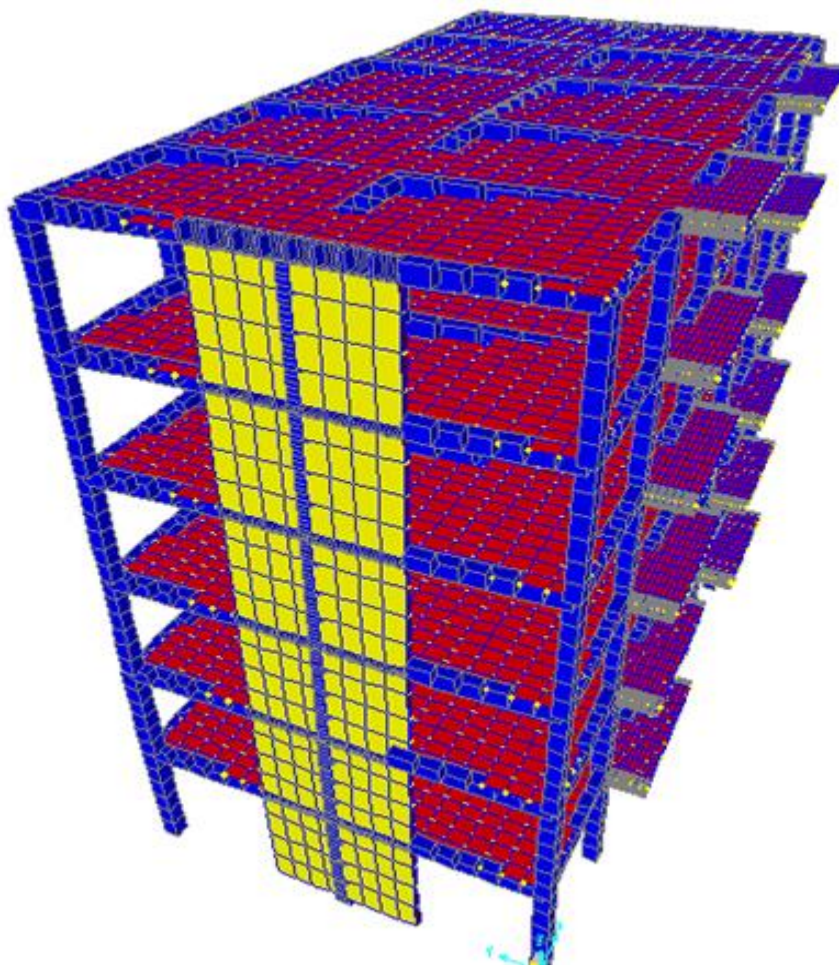


Figure 5. 13 1er mode de vibration $T_1=0.56\text{sec}$

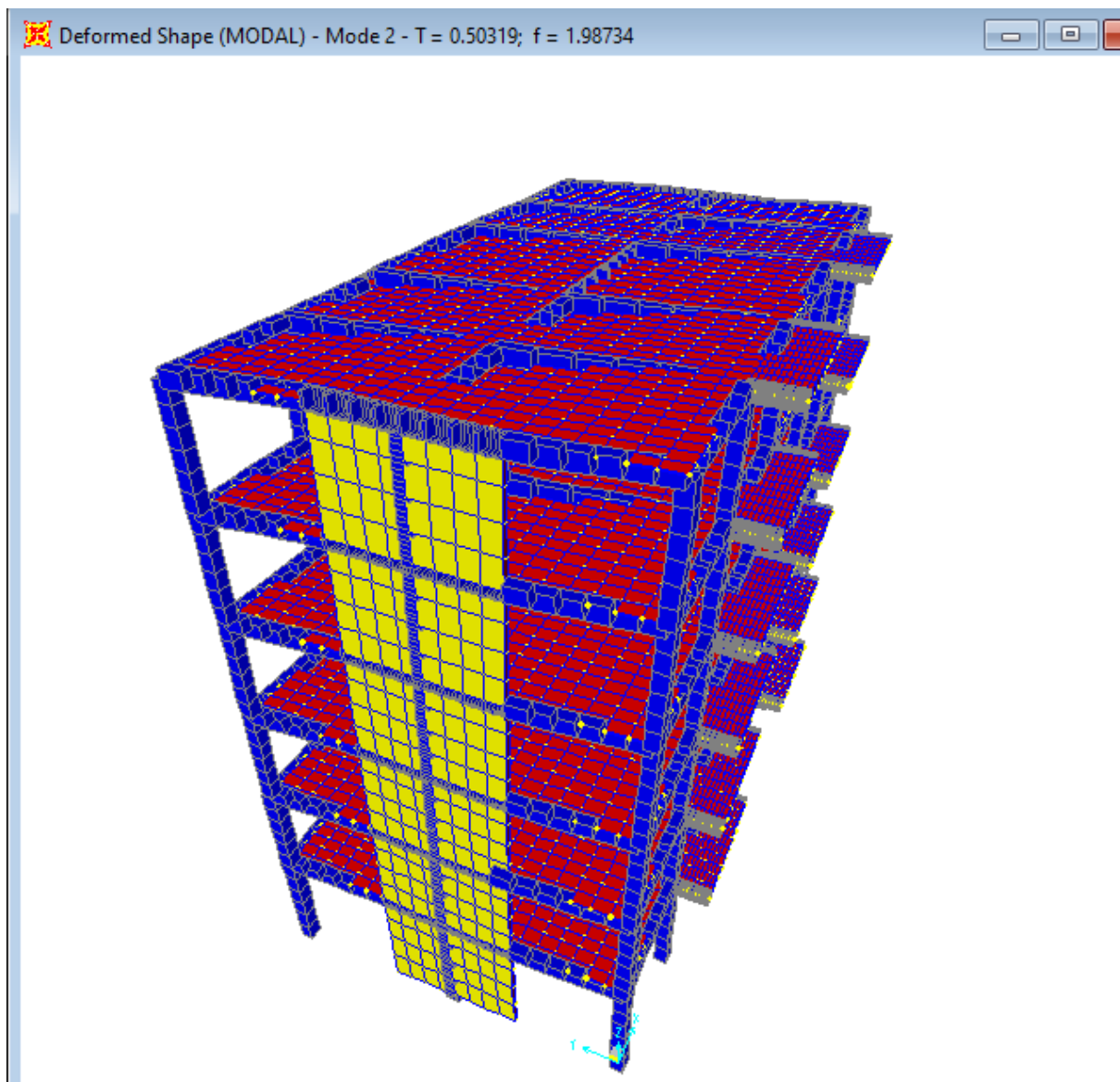


Figure 5. 14: 2eme mode de vibration T1=0.50sec

| A | B | C | D | E | F | G | H |
|---|----------|----------|----------|-----------|-------------|----------|----------|
| TABLE: Modal Participating Mass Ratios | | | | | | | |
| OutputCase | StepType | StepNum | Period | UX | UY | SumUX | SumUY |
| Text | Text | Unitless | Sec | Unitless | Unitless | Unitless | Unitless |
| MODAL | Mode | 1 | 0.561135 | 0.65627 | 0.0535 | 0.65627 | 0.0535 |
| MODAL | Mode | 2 | 0.502903 | 0.06983 | 0.62768 | 0.7261 | 0.68118 |
| MODAL | Mode | 3 | 0.447133 | 0.0094 | 0.04361 | 0.7355 | 0.72478 |
| MODAL | Mode | 4 | 0.159308 | 0.16948 | 0.00098 | 0.90498 | 0.72576 |
| MODAL | Mode | 5 | 0.13709 | 0.00076 | 0.17359 | 0.90574 | 0.89935 |
| MODAL | Mode | 6 | 0.111297 | 0.00033 | 0.00024 | 0.90608 | 0.89959 |
| MODAL | Mode | 7 | 0.081625 | 0.04801 | 0.000019 | 0.95409 | 0.89961 |
| MODAL | Mode | 8 | 0.081229 | 0.0011 | 0.000006578 | 0.95519 | 0.89961 |
| MODAL | Mode | 9 | 0.080891 | 0.00374 | 6.047E-08 | 0.95893 | 0.89961 |
| MODAL | Mode | 10 | 0.079803 | 8.472E-07 | 0.00002841 | 0.95893 | 0.89964 |
| MODAL | Mode | 11 | 0.077383 | 6.178E-07 | 1.988E-07 | 0.95893 | 0.89964 |
| MODAL | Mode | 12 | 0.070795 | 1.781E-07 | 0.00003591 | 0.95893 | 0.89968 |
| MODAL | Mode | 13 | 0.069988 | 1.145E-07 | 2.357E-08 | 0.95893 | 0.89968 |
| MODAL | Mode | 14 | 0.068777 | 3.713E-07 | 0.00124 | 0.95894 | 0.90092 |

Tableau 5. 7 Périodes et masses modales selon SAP

5.9 Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

5.9.1 Principe de la méthode :

La méthode d'analyse dynamique par accélérogramme est une technique d'analyse des structures soumises à des charges sismiques. Elle consiste à utiliser des enregistrements d'accélération réelle de séismes pour simuler le comportement d'une structure en réponse à ces charges.

En somme, la méthode d'analyse dynamique par accélérogramme est une technique d'analyse des structures utilisée pour évaluer leur performance en réponse à des charges sismiques. Elle permet aux ingénieurs de concevoir des structures plus sûres et plus résistantes aux séismes en utilisant des enregistrements réels pour simuler le comportement de la structure.

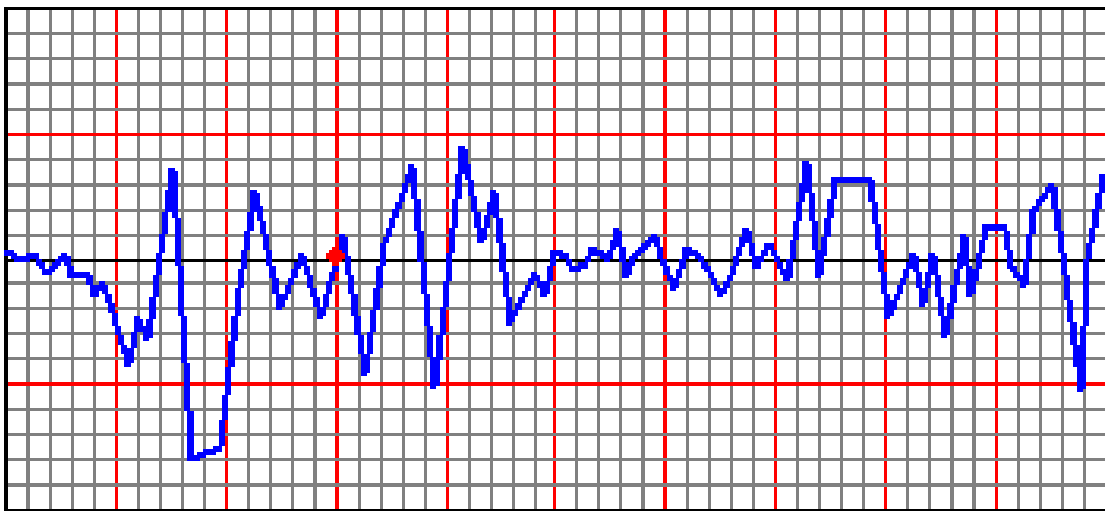


Figure 5. 15 Schéma d'un signal sismique artificiel

Modélisation sur sap :

Les figures suivantes montrent les étapes à suivre pour définir et appliquer l'accélérogramme à la base du bâtiment.

1. define
2. functions
3. Time history...
4. from file

Time History Function Definition

Function Name

Function File

File Name

Header Lines to Skip

Prefix Characters per Line to Skip

Number of Points per Line

Values are:

Time and Function Values

Values at Equal Intervals of

Format Type

Free Format

Fixed Format
 Characters per Item

Function Graph

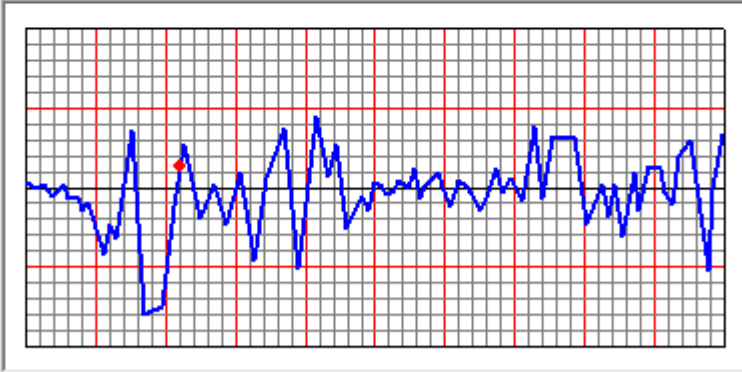


Figure 5. 16: définition de fonction d'historique de temps

Load Case Data - Linear Modal History

Load Case Name: Notes:

Load Case Type:

Initial Conditions:

Zero Initial Conditions - Start from Unstressed State

Continue from State at End of Modal History

Important Note: Loads from this previous case are included in the current case

Analysis Type:

Linear Nonlinear

Time History Type:

Modal Direct Integration

Modal Load Case:

Use Modes from Case:

Time History Motion Type:

Transient Periodic

Loads Applied:

| Load Type | Load Name | Function | Scale Factor |
|-----------|-----------|----------|--------------|
| Accel | U1 | ACC | 1. |
| Accel | U1 | ACC | 1. |

Show Advanced Load Parameters

Time Step Data:

Number of Output Time Steps:

Output Time Step Size:

Other Parameters:

Modal Damping:

Figure 5. 17 Données de cas de charge – historique modale linéaire

CHAPITRE 06
COMPARAISON ENTRE TROIS
METHODES DE RPA

Chapitre 06 Comparaison Entre Les Trios Methode.

6 Comparaison Entre Les Trios Methode

6.1 Introduction :

Après avoir lancé l'analyse et obtenu les résultats, on procède à leurs exploitations, en faisant une étude comparative entre

- La méthode statique équivalente.
- La méthode Modale spectrale.
- La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

La structure a été choisie de telle façon que les trois méthodes peuvent être utilisées pour les calculs.

Le code élément finis utilisé pour la modélisation de notre bâtiment est le SAP 2000

V14.2. Les dimensions des éléments structuraux (poutres, poteaux ...) ont été déterminées

Après avoir passé par un Predimensionnement (voir le chapitre 2)

Pour modéliser la rigidité du plancher, ce qui est dicté par le RPA, la notion diaphragme a été appliquée sur chaque plancher de chaque étage.

Nous allons comparer entre les trois méthodes, en tenant compte des éléments suivants :

- L'effort tranchant total à la base du bâtiment
- Les moments fléchissant maximums et leurs efforts pour les éléments structuraux (poutres principales, poutres secondaires et les poteaux).
- Les déplacements pour chaque étage sur les deux sens EX et EY

6.2 Les comparaisons

6.2.1 Poteau de base 45×45

La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts correspondants entre MSE et MMS et M.acc

| | Méthode MODALE SPECTRAL | | |
|------------|-------------------------|--------------|------------|
| | N max (KN) | M max (KN.m) | V max (KN) |
| ELA | -2671.07 | 92.5589 | 115.657 |
| ELU | -1133.935 | 67.8425 | 58.626 |
| ELS | -855.774 | 49.3578 | 42.616 |

Tableau 6. 1: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts MMS

1) Méthode MODALE SPECTRAL

V max MMS → 115 KN

M max MMS → 92.5589 KN.m

2) Méthode statique équivalente MSE

| | Méthode statique équivalente MSE | | |
|-----|----------------------------------|---------------|------------|
| | N max (KN) | M max (KN .m) | V max (KN) |
| ELA | -17538 | 809.50 | 1183.739 |
| ELU | -1133.935 | 67.8425 | 58.626 |
| ELS | -855.774 | 49.3578 | 42.616 |

Tableau 6. 2: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts MSE

V max Mse → 1183.739 KN

M max Mse → 809.50 KN.m

3) Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

| Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes | | | |
|---|------------|---------------|------------|
| | N max (KN) | M max (KN .m) | V max (KN) |
| ELA | -825.02 | 49.029 | 42.48 |
| ELU | -1132.932 | 67.76 | 58.44 |
| ELS | -517.035 | 21.36 | 39.611 |

Tableau 6. 3: La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts M.ACC

V max Acc → 58.44 KN

M max Acc → 67.76 KN.m

| Méthode | V MAX | M max (KN.m) |
|---------|----------|--------------|
| MSE | 1183.739 | 809.5 |
| MMS | 115.657 | 92.5589 |
| ACC | 58.44 | 67.76 |

Tableau 6. 4 Les moments fléchissant maximums et les efforts tranchant sur les poteaux de base

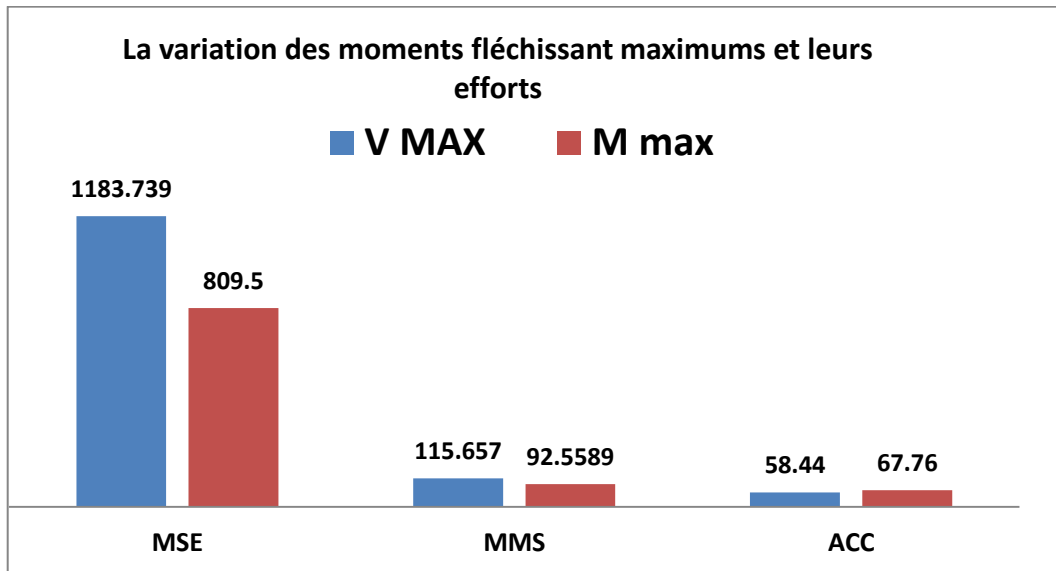


Figure 6. La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts dans les poteaux

D'après la figure 6., Les résultats maximums de l'effort normal, l'effort tranchant et des moments fléchissant donnés par la méthode MSE est moyennement élevée

6.2.2 POUTRE :

La variation des moments fléchissant maximums et leurs efforts correspondants entre MSE et MMS et M.ACC

1. Méthode MODALE SPECTRAL

| POUTRE | MéthodeMODALE SPECTRAL | |
|-------------------|------------------------|--------------|
| | V Max (KN) | M Max (KN.m) |
| POUTRE PRINCIPALE | 146.82 | 238.13 |
| POUTRE SECENDAIRE | 381.48 | 277.98 |

Tableau 6. 5 Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres selon la Méthode MODALE SPECTRAL

2. Méthode statique équivalente MSE

| POUTRE | Méthode statique équivalente MSE | |
|-------------------|----------------------------------|--------------|
| | V Max (KN) | M Max (KN.m) |
| POUTRE PRINCIPALE | 145.208 | 106.7539 |
| POUTRE SECENDAIRE | 381.48 | 272.29 |

Tableau 6. 6 Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres Selon la méthode statique

3. Méthode d'analyse dynamique par accélérographes

| POUTRE | Méthode d'analyse dynamique par accélérographes | |
|-------------------|---|--------------|
| | V Max (KN) | M Max (KN.m) |
| POUTRE PRINCIPALE | 145.755 | 68.5747 |
| POUTRE SECENDAIRE | 33.461 | 14.38 |

Tableau 6. 7 Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres Selon la Méthode d'analyse accélérographes

On fait la comparaison entres les valeurs

- **Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres principales:**

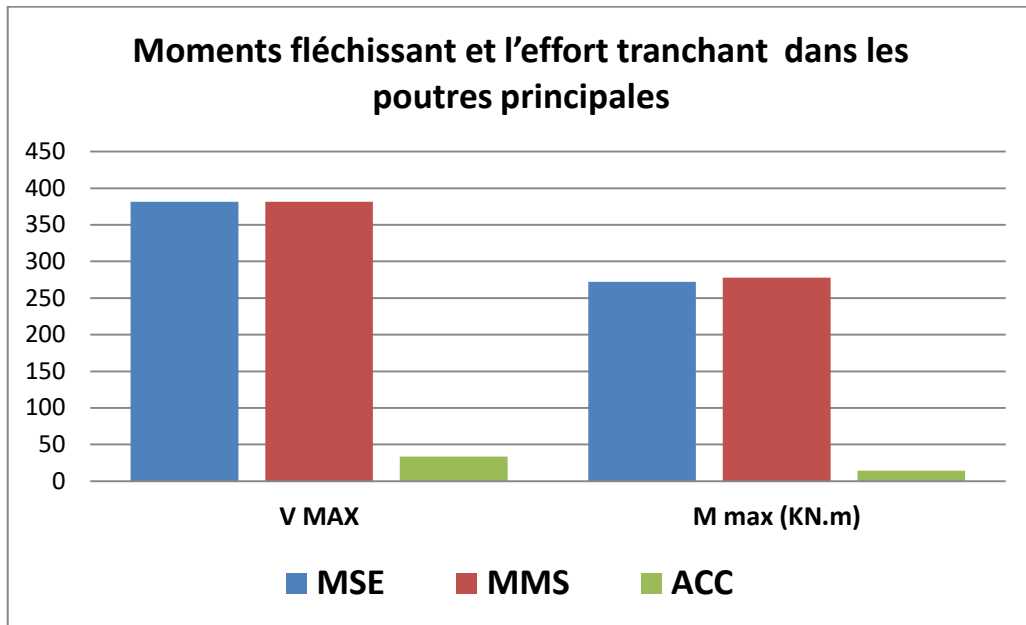


Figure 6. 1 Comparaison des Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres principales

D'après la Figure 6.1

On remarque qu'il y a une similarité importante entre la méthode MSE et MMS par rapport La méthode .acc

➤ **Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres secondaires:**

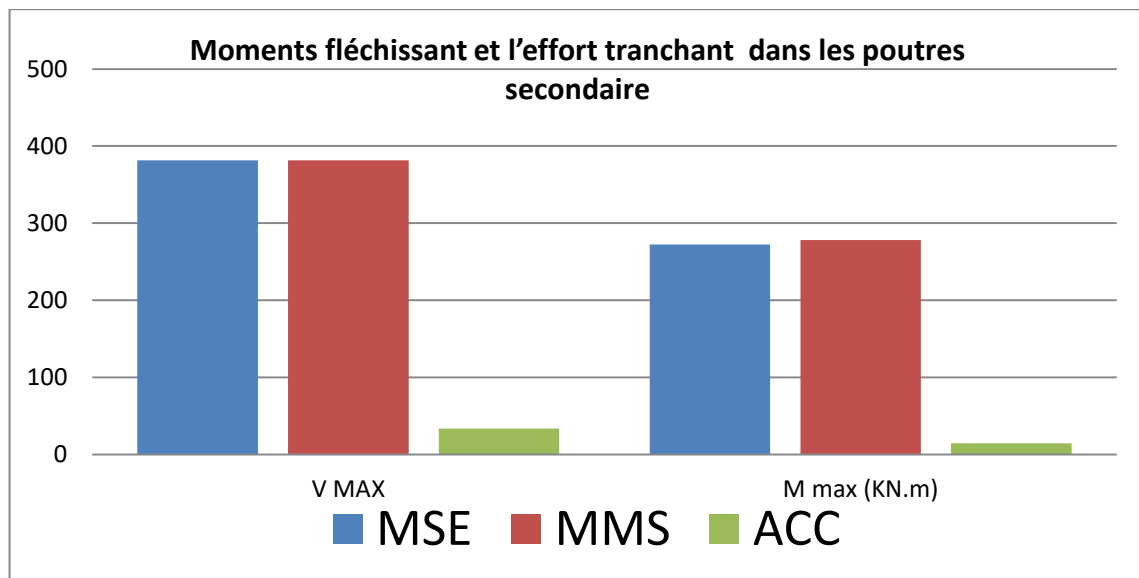


Figure 6. 2 Comparaison des Moments fléchissant et l'effort tranchant dans les poutres secondaire

6.2.3 Déplacement pour chaque étage :

| ETAGE | Déplacement (MMS) cm | Déplacement PAR ACCLOGRAME (cm) | Déplacement (MSE)) cm |
|-----------------|----------------------|---------------------------------|------------------------|
| Niveau 1 | 0.11 | 0.08 | 0.31 |
| Niveau 2 | 0.28 | 0.19 | 0.78 |
| Niveau 3 | 0.48 | 0.32 | 1.35 |
| Niveau 4 | 0.68 | 0.44 | 1.92 |
| Niveau 5 | 0.88 | 0.55 | 2.46 |
| Niveau Terrasse | 1.05 | 0.65 | 2.94 |

Tableau 6. 8 déplacements des étages selon le sens X-X

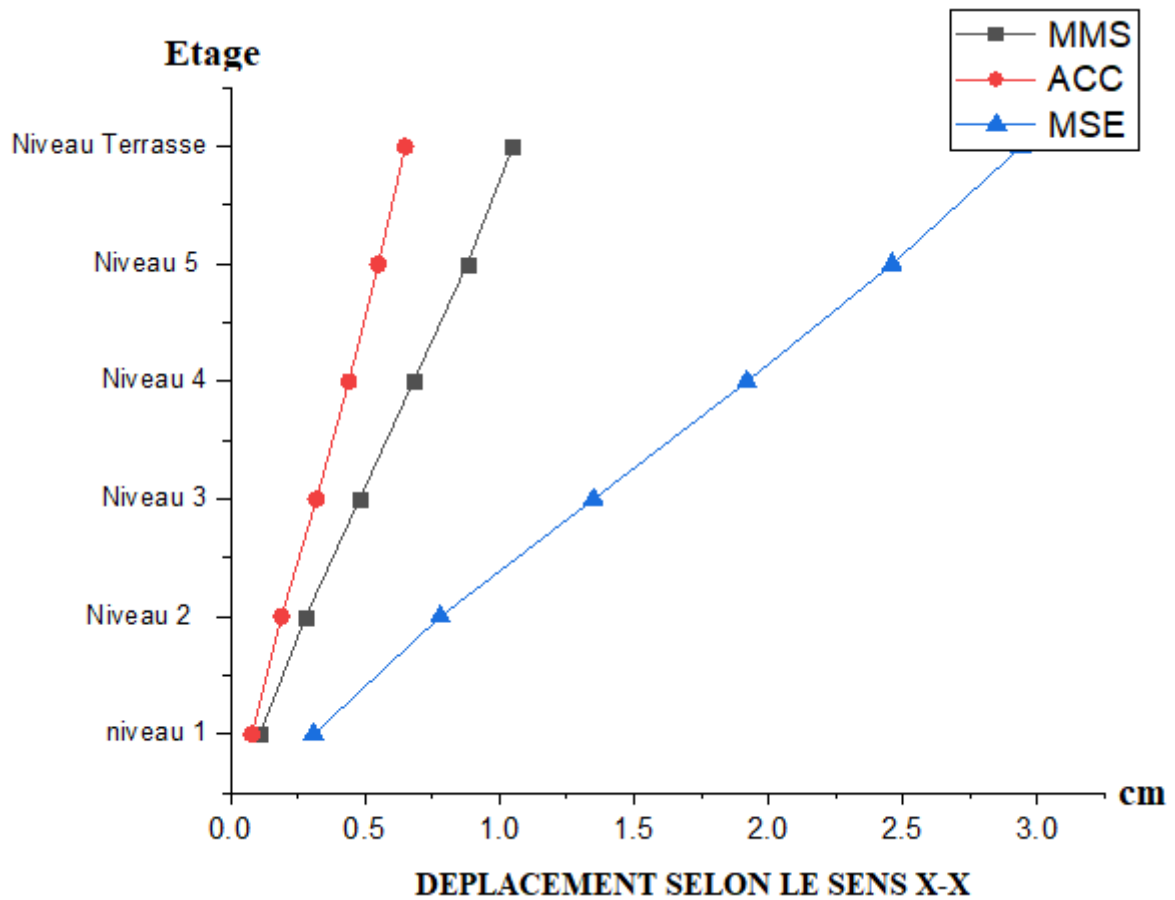


Figure 6. 3 Comparaison des déplacements des étages sens X

| ETAGE | Déplacement (MMS) | Déplacementacc | Déplacement (MSE) |
|-----------------|-------------------|----------------|-------------------|
| niveau 1 | 0.09 | 0.07 | 0.26 |
| Niveau 2 | 0.22 | 0.16 | 0.66 |
| Niveau 3 | 0.38 | 0.28 | 1.14 |
| Niveau 4 | 0.55 | 0.39 | 1.64 |
| Niveau 5 | 0.71 | 0.49 | 2.13 |
| Niveau Terrasse | 0.87 | 0.59 | 2.61 |

Tableau 6. 9 déplacements des étages selon le sens Y_Y

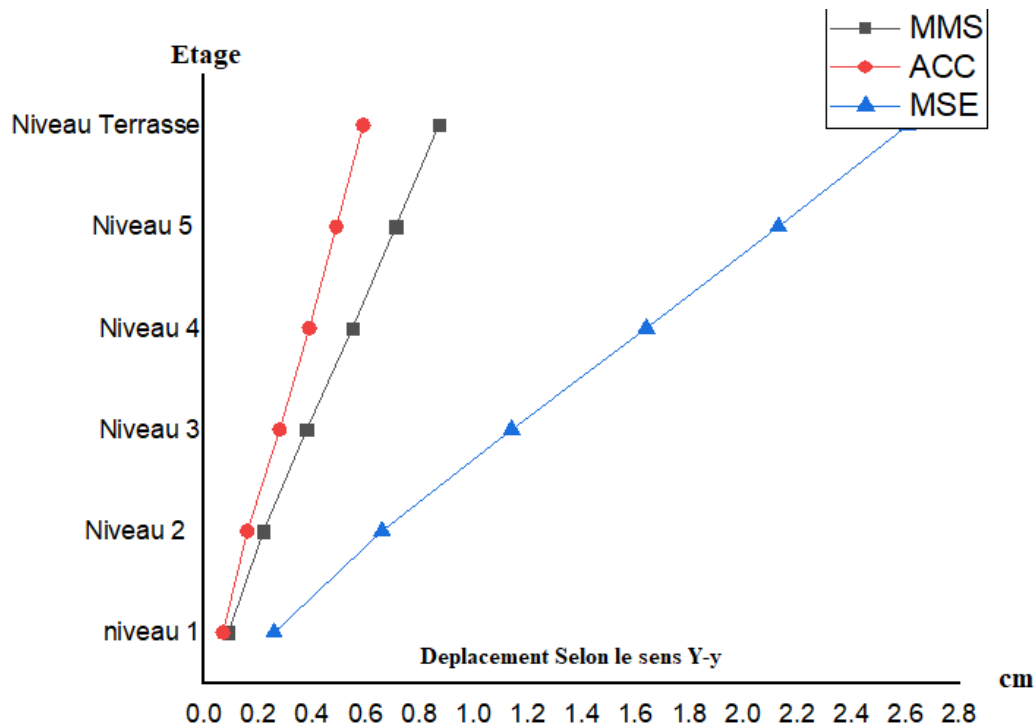


Figure 6. 4 Comparaison des déplacements des étages sens X X

D'après la figure 6.4

Les résultats obtenus du calcul de déplacement montre que les valeurs de déplacement de la méthode statique équivalente sont nettement supérieures aux valeurs des déplacements obtenus par la méthode modale spectrale et Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes .

6.2.4 Réactions à la base de la structure :

➤ Analyse modale spectrale :

| | GlobalVX (KN) | GlobalV Y (KN) | Global VZ (KN) | GlobalMX (KN.M) | GlobalMY (KN.M) | GlobalMZ (KN.M) |
|-------|------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| SensX | 2936,73 | 28,15 | 44588,07 | 371,261 | 55222,085 | 6989,914 |
| SensY | 28,14 | 2765,34 | 44588,07 | 54202,293 | 371,421 | 533,497 |

Tableau 6. 10 Réactions à la base de la structure : méthode modale spectrale

➤ Méthode statique équivalente :

| | Global VX(KN) | Global VY(KN) | Global VZ(KN) | Global MX(KN. M) | Global MY(KN. M) | Global MZ(KN. M) |
|-------|------------------|------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| SensX | 2112,14 | 41,7 | 42861,72 | 975,854 | 51370,183 | 6729,436 |
| SensY | 41,7 | 2342,66 | 42861,72 | 50402,171 | 969,162 | 509,513 |

Tableau 6. 11 : Réactions à la base de la structure : méthode statique équivalente.

➤ Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

| | Global VX(KN) | Global VY(KN) | Global VZ(KN) | Global MX(KN. M) | Global MY(KN. M) | Global MZ(KN. M) |
|-------|------------------|------------------|----------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| SensX | 583.135 | 87.702 | 1.663 | 1246.0487 | 7707.0139 | 5100.5288 |
| SensY | 87.702 | 541.887 | 1.739 | 10277.937 | 1233.1739 | 4585.3748 |

Tableau 6. 12 Réactions à la base de la structure : Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

On remarque que les réactions à la base sont très proches entre la méthode statique équivalente et Analyse modale spectrale

$$\frac{Ex, statique}{Ex, dynamique} = 0.94 > 0.8$$

$$\frac{Ey, statique}{Ey, dynamique} = 0.93 > 0.8$$

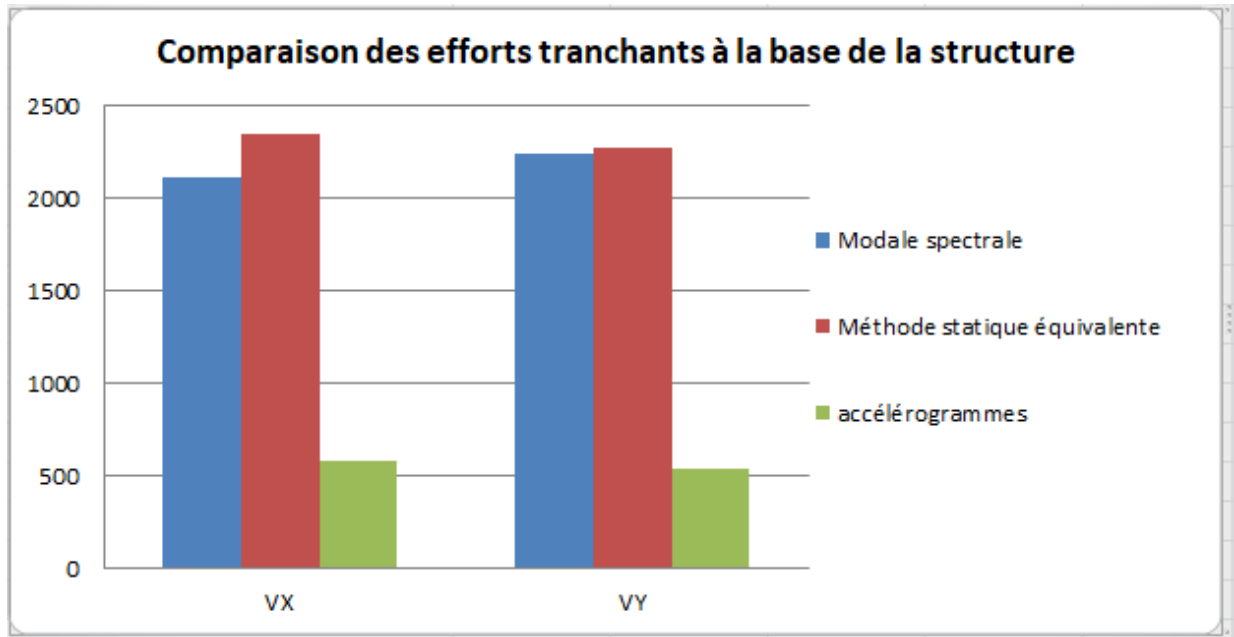


Figure 6. 5 Comparaison des efforts tranchants à la base de la structure

6.2.5 Efforts tranchants aux niveaux des étages.

| | METHODE STAQUE EQUIVALENTE | Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes | Méthode MODALE SPECTRAL |
|-----------|----------------------------|---|-------------------------|
| ETAGE | V MAX (KN) | V MAX (KN) | V MAX (KN) |
| RDC (357) | 124.985 | 125.2 | 125.297 |
| ETAGE 1 | 125.189 | 125.3 | 125.361 |
| ETAGE 2 | 127.664 | 127.8 | 127.894 |
| ETAGE 3 | 128.141 | 128.2 | 128.265 |
| ETAGE 4 | 126.711 | 126.6 | 126.609 |
| ETAGE 5 | 145.208 | 145.7 | 145.755 |

Tableau 6. 13 EFFORT TRANCHANT POUR CHAQUE ETAGE

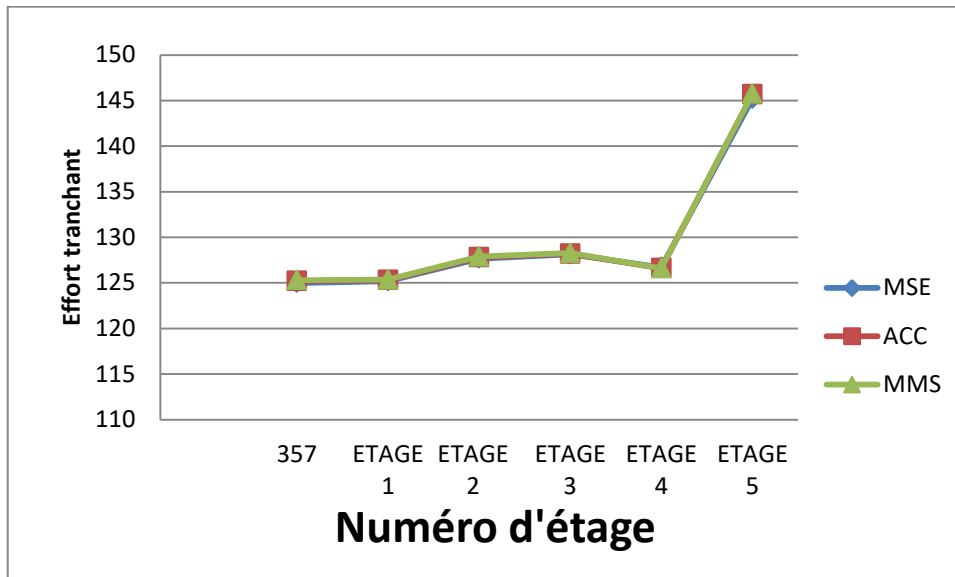
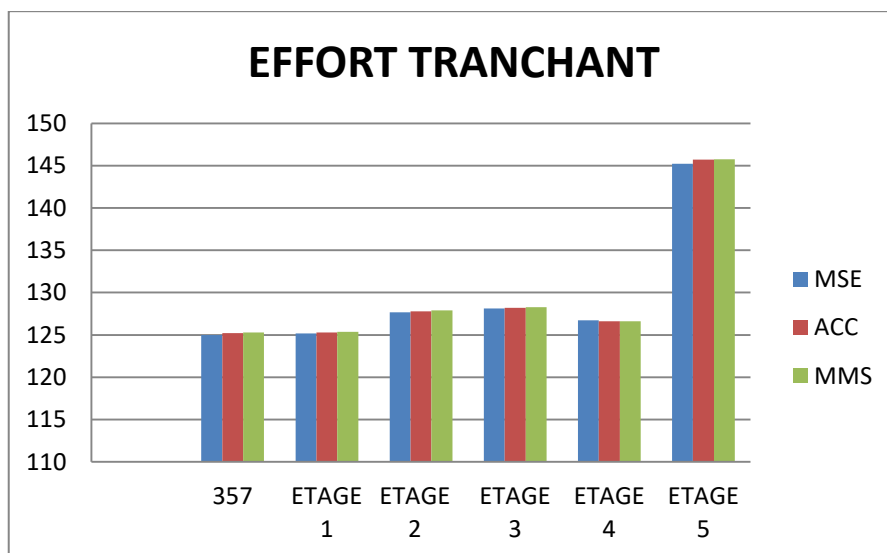


Tableau 6. 14 Comparaison des efforts tranchants aux niveaux des étages



En analysant ces résultats obtenus, on constate Que les Efforts tranchants aux niveaux des étages de la méthode modale spectrale est très proche de les Efforts tranchants donné par la méthode statique équivalente et la Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes

CHAPITRE 07
ETUDE DE PLANCHER

CHAPITRE 07 ETUDE DE PLANCHER

7 Introduction:

Les planchers sont des éléments essentiels dans la construction de bâtiments et de structures. Ils sont généralement considérés comme des éléments horizontaux qui séparent les différents niveaux d'un bâtiment,

Pour notre bâtiment ont adopté un plancher en corps creux qui a pour avantage :

- Réduction du poids : Les planchers corps creux sont plus légers que les planchers pleins, ce qui permet de réduire la charge totale sur la structure du bâtiment. Cette réduction de poids peut également entraîner une réduction des coûts en termes de matériaux et de main-d'œuvre nécessaires pour construire la structure.

- Amélioration de l'isolation thermique : Les planchers corps creux offrent une meilleure isolation thermique que les planchers pleins, ce qui permet de réduire les pertes de chaleur et de maintenir une température intérieure confortable dans le bâtiment.

7.1 LES PLANCHERS A CORPS CREUX

7.1.1 Définition

Les planchers à corps creux sont composés de 3 éléments principaux:

- les corps creux ou "entrevous" qui servent de coffrage perdu (ressemblent à des parpaings), - les poutrelles en béton armé ou précontraint qui assurent la tenue de l'ensemble et reprennent les efforts de traction grâce à leurs armatures, - une dalle de compression armée ou "hourdis" coulée sur les entrevous qui reprend les efforts de compression.

Le plancher est entouré par un chaînage horizontal.

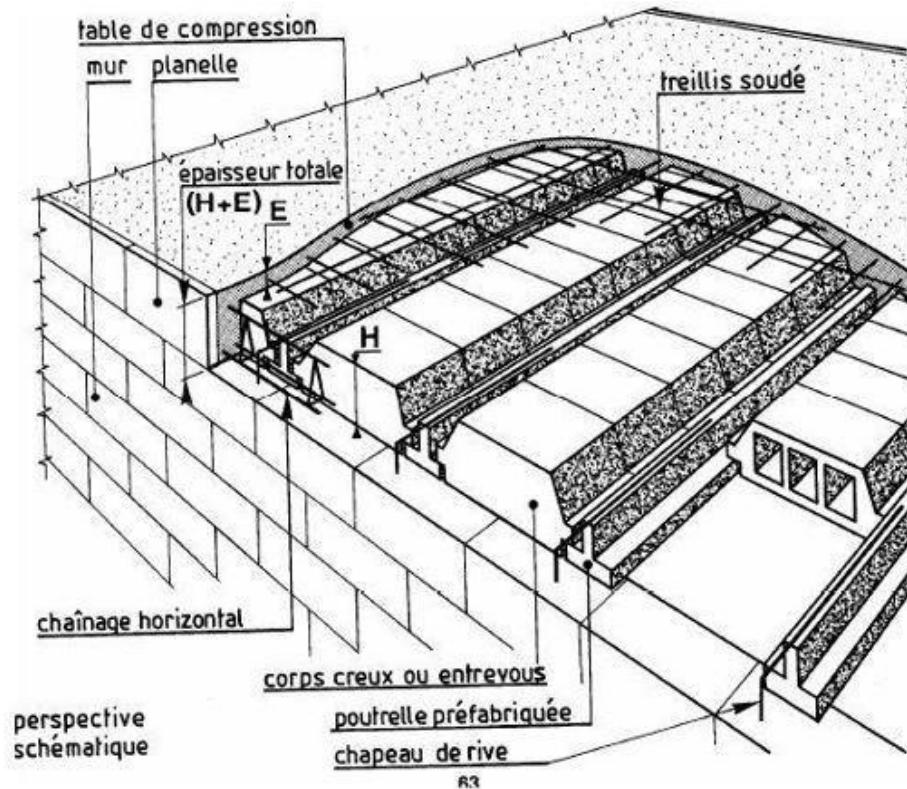


Figure 7.1: les éléments principaux d'un plancher à corps creux

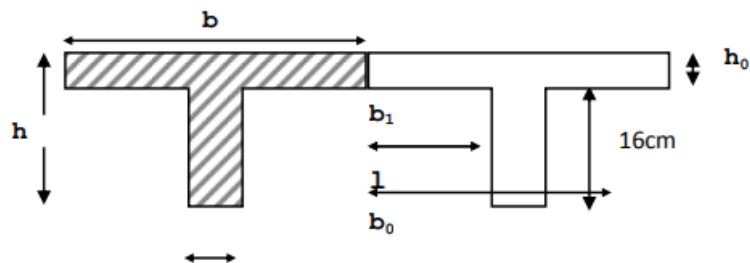
7.1.2 Predimensionnement Du Plancher :

Les poutrelles sont des poutres de section en T associées à des planchers.
Notre plancher à corps creux à $H_t = 21\text{cm}$ donc :

$H = 16\text{cm}$ (hauteur de l'hourdis).

$e = 5\text{cm}$ (épaisseur de la dalle de compression).

7.1.3 Dimensionnement de la poutrelle :



D'après le BAEL : $0.4 \leq b_0 \leq 0.8 \Rightarrow b = 2b_1 + b_0$

Calcul de la largeur b

$$\text{➤ } b_1 \leq \frac{l-b_0}{2} = \frac{65-12}{2} = 26.5$$

$$\text{➤ } b_1 \leq \frac{l}{10} = \frac{495}{10} = 49.5$$

$$\text{➤ } 6h_0 \leq b_1 \leq 8h_0 = 24 \leq b_1 \leq 32$$

On prend : $b_1 = 26,5$ cm

Sachant que:

l: distance entre axe des poutrelles.

l_1 : portée de la plus grande travée telle que $l_1 = 4.95$ m (la travée la plus sollicitée).

b: largeur de la dalle de compression à prendre en considération dans les calculs =65 cm

b_0 : largeur de la nervure ($b_0 = 12$ cm).

h_0 : épaisseur de la dalle de compression ($h_0 = 4$ cm).

h: hauteur totale du plancher.

Et on a :

- Contrainte de l'acier utilisé $f_e = 400$ Mpa
- Contrainte du béton à 28 jours $f_{c28} = 25$ Mpa
- Contrainte limite de traction du béton: $f_{t28} = 0,6 + 0,06 f_{c28} = 2,1$ MPa
- Fissuration Peu préjudiciable
- Contrainte de compression du béton à l'E.L.U $f_{bc} = (0.85 \times f_{c28}) / 1.5 = 14,17$ Mpa

7.2 -Type De Calcul :

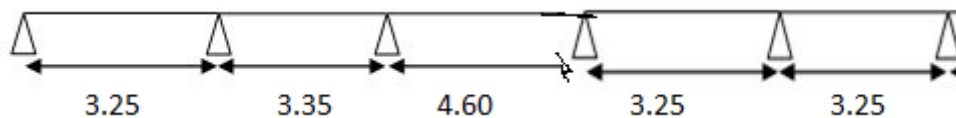
Ils existent plusieurs types de calcul de poutrelle, pour notre cas, le calcul des sollicitations est fait par la méthode forfaitaire

7.3 Méthode de Forfaitaire

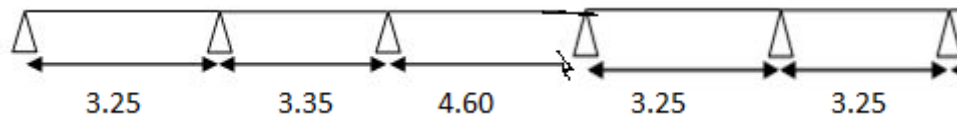
Le règlement BAEL 91 propose une méthode simplifiée dite méthode forfaitaire. Cette méthode n'est applicable que si les quatre conditions suivantes sont remplies :

1. $Q \leq (2G, 500 \text{ N/m})$
2. Travées ayant même inertie.
3. Les portées successives sont dans un rapport compris entre 0,8 et 1,25.
4. la fissuration est considérée comme non préjudiciable à la tenue du béton armé ainsi qu'à ces revêtements. \Rightarrow Condition vérifiée.

7.3.1 Plancher étage courant :



7.3.2 . Plancher Terrasse inaccessible :



7.4 La charge par mètre linéaire

$$q_u = 1.35G + 1.5Q$$

$$G' = 0.65 \quad G = 0.65 \times 5.41 = 3.5165$$

$$Q' = 1.5 \times 0.65 = 0.975$$

$$q_u = (1.35 \times 5.41) + (1.5 \times 1.5) = 9.5535$$

$$q_u = 1.35 \times 3.5165 + 1.5 \times 0.975$$

$$q_u = 6.21 \text{ KN/ml}$$

Etage Courante :

$$M_u = \frac{(q \times l^2)}{8}$$

L : Logeur entre nus

M₀ : la valeur maximale du moment fléchissant dans la travée indépendante de même portée que la travée considérée est soumise aux mêmes charges (moments isostatique) M_w, M_e, M_t : respectivement les valeurs absolues des moments sur appuis de gauches, de droites ainsi que celle du moment en travée.

α : rapport des charges d'exploitation (Q) à la somme des charges permanente (G) et des charges d'exploitations (Q).

$$\alpha = \frac{Q}{Q+G} = \frac{1.5}{1.5+5.41} = 0.21 \quad (0 \leq \alpha \leq 2/3)$$

Les valeurs prise pour M_t, M_w et M_e doivent vérifier les conditions suivantes :

$$M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq \left(\frac{1 + 0.3\alpha}{2} \right) \times M_0$$

$$M_t + \frac{M_w + M_e}{2} \geq 1.063 M_0$$

- travée intermédiaire : $M_t \geq \left(\frac{1 + 0.3\alpha}{2} \right) M_0$

Travée de rive : $M_t \geq \left(\frac{1.2 + 0.3\alpha}{2} \right) M_0$

$$1 + 0.3\alpha = 1.063$$

$$\frac{1 + 0.3\alpha}{2} = 0.5315$$

$$\frac{1.2 + 0.3\alpha}{2} = 0.6315$$

Calcul des moments statiques

M₀ la valeur maximale du moment fléchissant dans la travée de comparaison

$$M = \frac{ql^2}{8}$$

$$M_1 = M_4 = M_5 = \frac{6.21 \times 3.25^2}{8} = 8.20$$

$$M_2 = \frac{6.21 \times 3.35^2}{8} = 8.72$$

$$M3 = \frac{6.21 \times 4.60^2}{8} = 16.43$$

On prend $MTAB = 8,20 \text{ KN.m}$

- Travée intermédiaire :

$$MTBC + \frac{MB+MC}{2} \geq (1 + 0.3\alpha) M0$$

$$MTBC \geq \frac{4.1+3.48}{2} + 1.063 \times 8.72 \rightarrow MTBC \geq 13.06$$

$$MT \geq 1.063 \times 8.72$$

On prend $MTBC = 13.06 \text{ KN.m}$

Travée CD :

$$MTCD + \frac{MC+MD}{2} \geq (1 + 0.3\alpha) 16.43$$

$$MTCD \geq \frac{3.48+6.57}{2} + 1.063 \times 16.43 \rightarrow MTCD \geq 22.5 \text{ KN.m}$$

Travée DE :

$$MTDE \geq \frac{6.57+3.28}{2} + 1.063 \times 8.2 \rightarrow MTDE \geq 13.65 \text{ KN.m}$$

➤ **Calcul des efforts tranchants :**

$$T_w = \frac{Mw - Me - quL}{L} - \frac{quL}{2}$$

$$T_E = T_w + quL$$

Avec :

T_w : efforts tranchant à gauche de l'appui .

T_E : efforts tranchant à droite de l'appui .

Le tableau suivant donne les valeurs des efforts tranchants dans les différentes travées.

| Travée | AB | BC | CD | DE | EF |
|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| MW | 3.28 | 4.1 | 3.48 | 6.57 | 3.28 |
| Me | 4.1 | 3.48 | 6.57 | 3.28 | 4.1 |
| T_w | -10.92 | -10.81 | -15.78 | -9.66 | -10.92 |
| T_e | 10.43 | 11.20 | 14.44 | 11.70 | 10.43 |

Tableau7. 1 Diagramme des moments fléchissant et des efforts tranchant

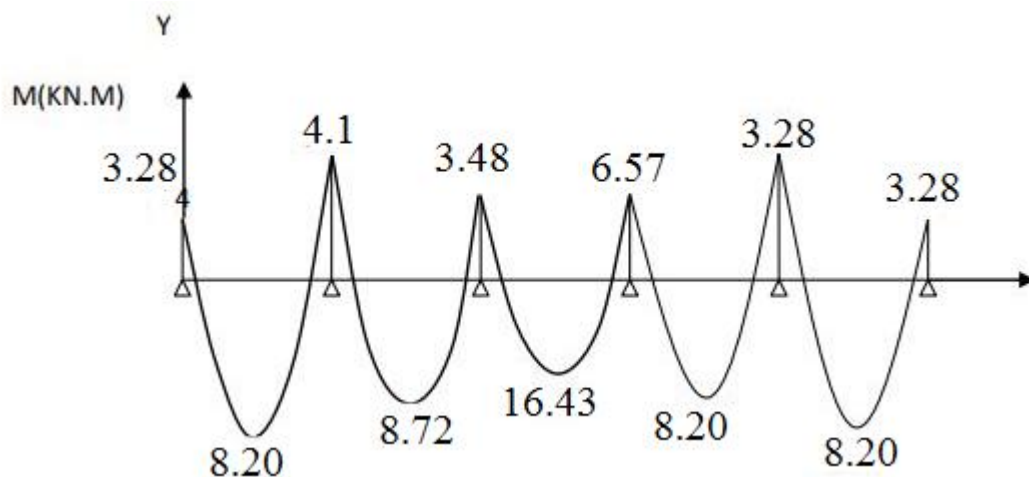


Figure 7.2 Diagramme des moments fléchissant

Calcul des armatures :

Les moments maximaux aux appuis et en travées sont :

$$M_{\text{tmax}} = 16.43 \text{ KN.m}$$

$$M_{\text{amax}} = 6.57 \text{ KN.m}$$

Ferraillage de la poutrelle(T) :

| ELEMENTS | SECTION (HxB) En cm ² | Ferraillages |
|----------------------|-------------------------------------|--|
| Poutrelle | 16×21 | En appui Asup=1T10Fil+1T12 Ainf=3T10fil +épingleΦ6 e=7cm En travée Asup=1T10Fil Ainf=3T10Fil +épingleΦ6 e=12cm |
| Dalle de compression | Eps=5 cm | Tries soudé T S Φ5: 150x150 |

Tableau7. 2 Ferraillage de la poutrelle(T)

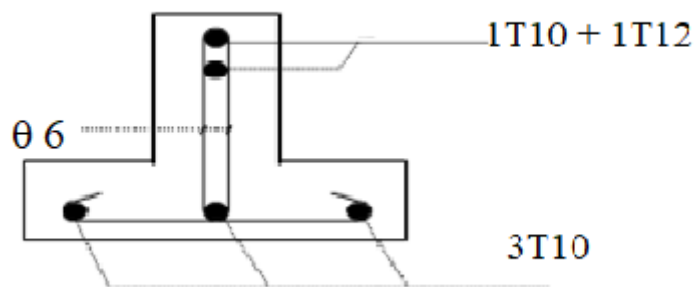
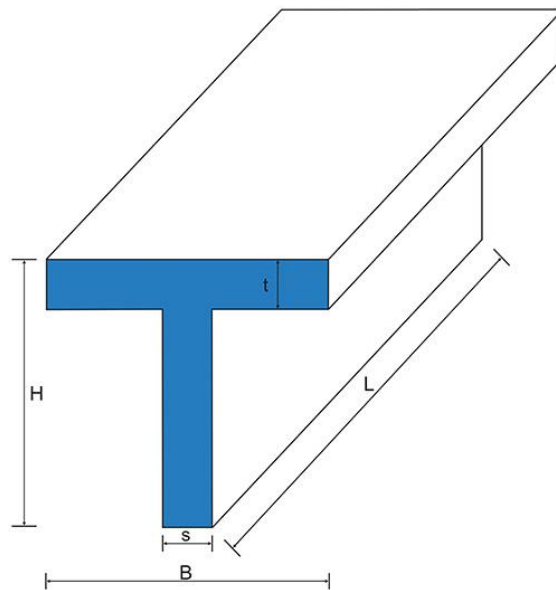


Figure 7.3 Les coups de ferrailage sur l'appui

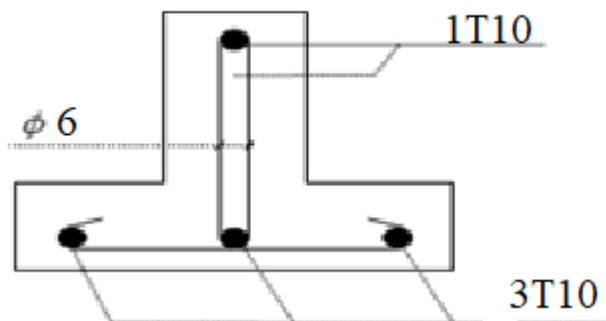


Figure 7.4 Les coups de ferrailage sur travée

***CHAPITRE 08
ETUDE DES
POTEaux-POUTRES***

Chapitre 08 : Etude de Ferrailage des Poteaux et des Poutres

8 Poteau ;

Un poteau est un élément vertical utilisé pour supporter une charge ou pour stabiliser une structure. Il peut être fabriqué à partir de différents matériaux tels que le bois, le métal, le béton ou la pierre et peut avoir différentes formes et dimensions en fonction de son utilisation.

Les poteaux sont sollicités en flexion composée. Les armatures seront calculées à l'état limité ultime « ELU » sous l'effet des sollicitations les plus défavorables, en tenant compte des combinaisons considérées comme suivent :

- ELU : $1.35 G + 1.5 Q$
- ELS : $G + Q$
- $G + Q + 1.2 E$ (RPA 2003)
- $0.8 G + E$ (RPA 2003)

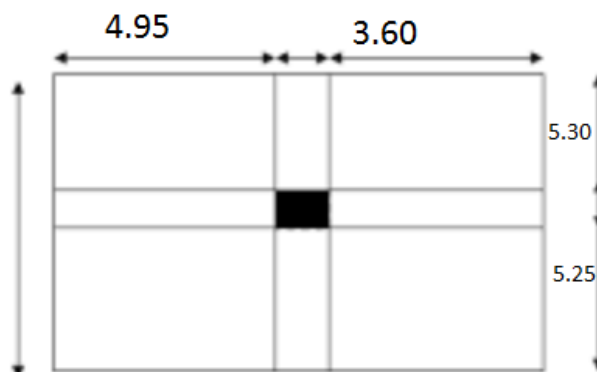
On considère les sollicitations suivantes :

- $N \text{ max} \rightarrow M \text{ correspondant}$
- $M \text{ max} \rightarrow N \text{ correspondant}$

8.1 Etude de calcul de ferrailage des poteaux :(P max et Mu)

Nous avons présenté ci-dessous un exemple des résultats du logiciel pour le cas du poteau le plus chargé

Le poteau le plus sollicité c'est le POTEAU N°10 . Les poteaux sont calculés pour les combinaisons ELU, ELS, $G+Q\pm 1.2E$, $0.8G\pm E$



ELU :

$$e = \frac{Mu}{Nu} = \frac{0.9887}{1459.887} = 6.77 \cdot 10^{-4}$$

$$ea = e + \frac{h}{2} \cdot d' \quad \text{tel que } d' = (h-d).$$

$$ea = 6.77 \cdot 10^{-4} + \frac{0.45}{2} = 0.1$$

$$ea = 0.12$$

$$MA = Nu \times ea$$

$$MA = 1459.887 \times 0.12$$

$$MA = 175.18644 \text{ KN.m}$$

$$(d-d') Nu - MA = 0.35037 \dots\dots\dots (1)$$

$$0.337 - 0.81 d/d' \cdot b d^2 f_{bc} = 0.26 \dots\dots\dots (2)$$

(1) > (2). Donc la section est totalement comprimée

$\mu = MA / b d^2 f_{bc} = 0.167 < \mu_R = 0.392$ donc la section est simplement armée

Donc:

$$A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0.23$$

$$Z = d (1 - 0.4\alpha) = 0.367$$

$$A_{st} = 1/\delta_{st} (MA / Z \cdot Nu) = 13.36 \text{ cm}^2$$

$$MF1 = 0.411$$

$$MF = 0.175.186$$

$$MF2 = -0.23$$

$$= 0$$

D'après le RPA 99:

$$A_{st \text{ min}} = 0.8\% B$$

ELS:

En travée:

$$\alpha \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

Avec :

$$\gamma = \frac{Mu}{\gamma_s} = \frac{0.9887}{1.15} = 0.86$$

$$\alpha = 0.18 < 0.377 \dots\dots\dots CV$$

Donc l'armature calculer à L'ELU

Ast min =

$$A = 4T20 + 4T16$$

+2Cadres T8

D'après le RPA 99 :

$$st < \min(10\Phi_{lmin}, 15 \text{ cm}) = 15 \text{ cm (pour la zone nodale)}$$

$$st < \min 15\Phi_{lmin} = 2.1 \text{ cm (pour la zone courantes)}$$

on prend

esp=0.10m en zone nodale

esp=0.15m en zone courante

| ELEMENTS | SECTION(HxB) En cm ² | Ferrailages |
|----------------------------------|------------------------------------|--|
| POTEAUX RDC | 45x45 | A=4T20+4T16 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |
| | 40x40 | A=8T16 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |
| POTEAUX 1 ^{er} étage | 40x40 | A=4T16+4T14 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |

| | | |
|-----------------------|--------------|--|
| POTEAUX 2ème étage | 35x35 | A=4T16+4T14 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |
| POTEAUX 3ème étage | 35x35 | A=8T14 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |
| POTEAUX 4ème étage | 35x35 | A=8T14 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |
| POTEAUX 5ème étage | 35x35 | A=8T14 +2Cadres T8 esp=0.10m en zone nodale esp=0.15m en zone courante |

Tableau 8. 1 FERRAILLAGE DES POTEAUX

8.2 L'étude des poutres :

Les poutres sont des éléments structuraux qui transmettent les efforts de plancher vers les poteaux.

Elles sont soumises aux moments fléchissant et des efforts tranchants donc elles sont calculées à la flexion simple. Leurs ferrailages sont obtenus sous l'effet des sollicitations les plus défavorables suivant les deux sens.

Dans notre structure on a 3 type des poutres principale (30x40) dans le sens Y et poutre secondaire (30x35), (30x30) dans le sens X.

8.2.1 Etude de ferrailage des poutres principale :

- En Travée

ELU

$$M_t = 59.5396 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

$$d = 0.9h$$

$$d = 0.36$$

$$\mu = MU / b d^2 f_{bc}$$

$$\mu = 59.5396 \times 10^{-3} / 0.3 \times 0.36^2 \times 14.2$$

$$\mu = 0.1078$$

$$\mu < \mu_{RAsc} = 0$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) = 0.142$$

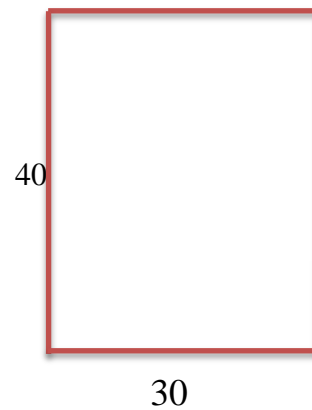
$$Z = d(1 - 0.4\alpha) = 0.339$$

$$A_{st} = MU / \delta_{st} \times Z = 5.046 \text{ cm}^2$$

D'après le RPA99 $A_{st \text{ min}} = 0.5\% B$

On prend $A_{st} = A_{sup} = 3T14 \text{ fil}$

$A_{inf} = 3T14 \text{ FIL} + 2T12$



• **En Appui :**

$$M_a = 104.1153 \text{ KN m}$$

$$\mu = 0.188 < \mu_R \Rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 0.262$$

$$Z = 0.322$$

$$A_{st} = \frac{M_u}{\delta_{st} \times Z} \Rightarrow A_{st} = 9.30 \text{ cm}^2$$

On prend : $A_{sup} = 3T14 + 3T14$

$A_{inf} = 3T14$

Cadre + étrier $\Phi 8$ $e = 0.10 \text{ m} = 10 \text{ cm}$

ELS:

En travée:

$$M_s = 76.2342 \text{ KN.m}$$

8.2.2 Condition aux appuis :

On a :

$$A_{st} > 2.55 \text{ cm}^2 \Rightarrow \text{C'est vérifié.}$$

8.3 Poutre secondaire

ELU:

• **En travée:**

$$M_t = 18.3576 \text{ kn.m}$$

$$d = 0.9h \Rightarrow 0.9 \times 0.35 \rightarrow d = 0.315$$

$$\mu = \frac{M_U}{b d^2 f_{bc}} \rightarrow \mu = 0.0434 < \mu_R$$

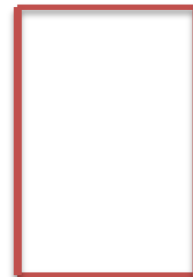
$$\rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu}) \Rightarrow 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.0434}) = 0.35$$

$$\alpha = 0.055$$

$$Z = d(1 - 0.4\alpha) \rightarrow Z = 0.315 (1 - 0.4 \times 0.055) = 0.30$$

$$Z = 0.30$$



$$A_{st} = \frac{Mu}{\delta_{st} \times Z} \text{ donc } A_{st} = \frac{18.3576}{348 \times 0.3}$$

$$A_{st} = 1.758 \text{ cm}^2$$

D'après le RPA 99

$$A_{stmin} = 0.5\% B \rightarrow A_{stmin} =$$

3T12

- **En appui :**

$$M_a = 69.0813 \text{ kn.m}$$

$$d = 0.315$$

$$\mu = 0.051 < \mu_R$$

$$\rightarrow A_{sc} = 0$$

$$\alpha = 1.25 (1 - \sqrt{1 - 2\mu})$$

$$\alpha = 0.065$$

$$Z = d(1 - 0.4\alpha)$$

$$Z = 0.306$$

$$A_{st} = \frac{Mu}{\delta_{st} \times Z} \text{ donc } A_{st} = \frac{69.0813}{348 \times 0.3}$$

$$A_{st} = 6.616 \text{ cm}^2$$

D'après le RPA 99

$$A_{stmin} = 0.5\% B \rightarrow A_{stmin} =$$

On prend 3T12

ELS :

- **En travée**

$$M_s = 13.5443 \text{ kn.m}$$

Il faut vérifier que :

$$\alpha \leq \frac{\gamma - 1}{2} + \frac{f_{c28}}{100}$$

$$\gamma = \frac{Mu}{Ms} \rightarrow \frac{18.3576}{13.5443}$$

$$\gamma = 1.355$$

$$\frac{1.355-1}{2} + \frac{25}{100} \rightarrow 0.427$$

Donc il n'est pas nécessaire de vérifier la contrainte du béton

$$\sigma_{bc} < \sigma'_{bc}$$

L'armature calculée à l'ELU convient pour L'ELS

En appui :

➤ **ELU MA** = 69.0813

➤ **ELS MA** = 25.7241

• **Donc:** $\alpha = 0.065 < 0.436 \dots \dots \dots CV$

Vérification au cisaillement:

$\alpha = 0.065 < 0.436$

$\tau < 2.5 MPa \dots \dots \dots CV$

| ELEMENTS | SECTION (HxB) En cm ² | Ferraillages |
|---------------------|-------------------------------------|--|
| Poutres principales | 30x40 | En appui A _{sup} = 3T14fil + 3T14 A _{inf} = 3T14fil Cadre + étrier Φ8 e = 0.10m En travées A _{sup} = 3T14fil A _{inf} = 3T14FIL + 2T12 Cadre + étrier Φ8 e = 0.15m |

Tableau 8. 2 FERRAILLAGE DES Poutres principales

| ELEMENTS | SECTION (HxB) En cm ² | Ferrailages |
|------------------|-------------------------------------|---|
| Chainages | 30x35 30x30 | En appuis A _{sup} 3T12fil+3T12 A _{inf} =3T12fil Cadre+étrier Ø8e=7.5Cm En travées A _{sup} =3T12fil A _{inf} =3T12FIL Cadre+étrier Ø8e=0.15m |

Tableau 8. 3 FERRAILLAGE DES CHAINAGES

CHAPITRE 9

ETUDE VOILE

CHAPITRE 09 : ETUDE VOILE

9 Etude des murs voiles

9.1 Introduction :

Les voiles en béton armé sont des éléments de structure verticaux en forme de mur, constitués de béton renforcé par une armature métallique. Ils sont utilisés pour assurer la stabilité des bâtiments, résister aux charges verticales et horizontales, et séparer les différents espaces intérieurs. Les voiles en béton armé peuvent être préfabriqués ou coulés en place sur le chantier.

On utilise les voiles dans tous les bâtiments quelle que soit leurs destination (d'habitations, de bureaux, scolaires, hospitaliers, industriels,...).

Dans notre bâtiment, sont utilisés comme des éléments de contreventement dans les deux directions orthogonales.

9.2 Rôle de contreventement :

Voici quelques rôles importants du contreventement :

- Résistance aux charges sismiques
- Résistance aux vents latéraux
- Distribution des charges
- Protection contre les déformations excessives
- Stabilité globale

9.3 Ferrailage des voiles :

On utilise la méthode des contraintes (**la formule classique de la R.D.M**):

$$\sigma_1, \sigma_2 = \frac{N}{A} \pm \frac{M \cdot V}{I} \leq \sigma = \frac{0.85 F_{c28}}{1.15} = 18.48 \text{MPa}$$

N: effort normal appliqué

M: moment fléchissant

A : section du voile

V : distance entre le centre de gravité du voile et la fibre la plus éloignée

I : moment d'inertie

On a 3 cas :

1er cas :

Si $(\delta_1, \delta_2) > 0$ → La section du voile est entièrement comprimée « pas de zone tendue »

La zone courante est armée par le minimum exigé par le R.P.A 99 (version 2003)

$$A_{min} = 0.15 \times a \times L$$

2ème cas :

Si $(\delta_1, \delta_2) < 0$ → La section du voile est entièrement tendue « pas de zone comprimée ».

On calcule le volume des contraintes de traction, d'où la section des armatures verticales :

$$A_v = \frac{F_t}{f_e}$$

On compare A_v par la section minimale exigée par le R.P.A 99 (version 2003).

- Si $A_v < A_{min} = 0.15 \times a \times L$ le ferrailage sera avec la section minimale.
- Si $A_v > A_{min}$, le ferrailage sera avec A_v

3ème cas

Si $(\delta_1, \delta_2) = 0$ → sont de signe différent, la section du voile est partiellement comprimée, donc on calcule le volume des contraintes la zone tendue.

9.3.1.1 Ferrailage des Voiles :

Élément

534

$$F_{max} = 144.49 \text{ KN}$$

$$M_{cors} = 1.7503 \text{ KN.m}$$

element 391

$$M_{max} = 16.6554 \text{ KN.m}$$

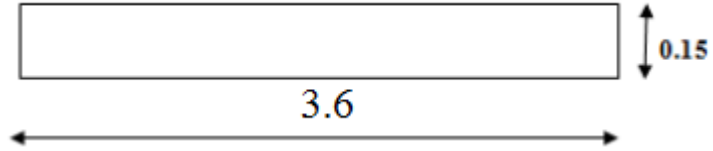
$$F_{cors} = 14.36 \text{ KN}$$

| | M11 (KN.m) | M22 (KN.m) | F11 (KN) | F22 (KN) | V13 (KN) | V23 (KN) |
|-----|---------------|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| ELU | 3.2731 | 16.6554 | 51.52 | 144.49 | -4.45 | -12.75 |
| ELS | 2.3894 | 12.1589 | 37.48 | 105.26 | -3.21 | -9.17 |

Tableau 9. 1 Résultat de calcul d'après le sap

F1 et F2 : effort normale.

V13 et V23 : effort tranchant.



$$A = 0.54 \text{ m}^2$$

$$N = 144.49 \text{ KN}$$

$$V = 1.8 \text{ m}$$

$$M = 16.6554 \text{ KN.m}$$

$$T = -12.75 \text{ KN}$$

$$G = (1.8 ; 0.075)$$

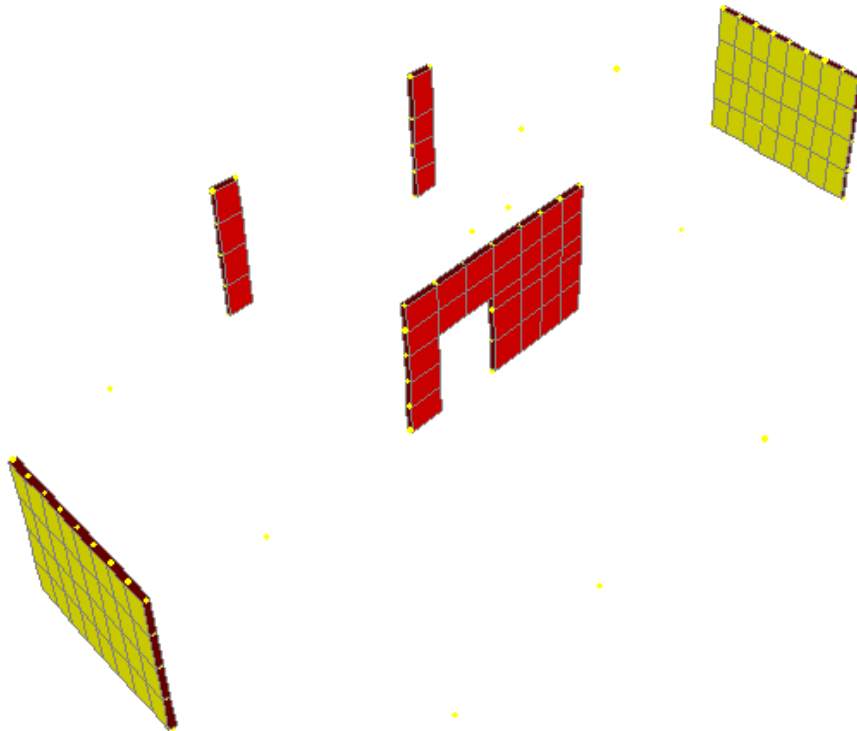
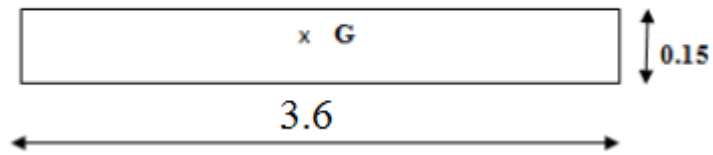


Figure 9.1 Disposition des voiles

$$I = \frac{b \times h^3}{12} = \frac{0.15 \times 3.6^3}{12} = 0.583 m^4$$

- **Détermination la contrainte:**

$$\delta = \frac{N}{A} + \frac{M \cdot V}{I}$$

$$\delta_1 = \frac{0.14449}{0.54} + \frac{1.8 \times 16.6554 \times 10^{-3}}{0.583}$$

$$\delta_1 = 0.3189972 \text{ Mpa}$$

$$\delta_2 = \frac{N}{A} - \frac{M \cdot V}{I}$$

$$\delta_2 = \frac{0.14449}{0.54} - \frac{1.8 \times 16.6554 \times 10^{-3}}{0.583}$$

$$\delta_2 = 0.216150 \text{ Mpa}$$

$$0.3189972 > 0.216150$$

On a δ_1 et $\delta_2 > 0 \rightarrow$ la section voile est entièrement comprimée pas de zone tendue alors la zone courante est armée par le minimum exigé par le RPA.

- **Calcul des armatures verticales :**

D'après le RPA99 V 2003

$$A_{min} = 0.15 \% \times a \times L$$

On calcule le ferrailage pour 1 ml

$$A_{min} = 0.15\% \times a \times 1 = 0.0015 \times 15 \times 100$$

$$A_{min} = 2.25 \text{ cm}^2 / \text{ml}$$

- **Le diamètre :**

$$D \leq \frac{1}{10} \times a$$

$$D \leq 15 \text{ mm}$$

On prend

$$D = 12 \text{ mm}$$

- **L'espacement :**

Selon le BAEL91 on a :

$$\delta t (2 \times a ; 33 \text{ cm}) \rightarrow \delta t \leq (2 \times 15 \times 33 \text{ cm})$$

$$\delta t < 30 \text{ cm}$$

Selon le RPA99V2003.

$$\delta t < \min (1.5 \times a ; 30 \text{ cm})$$

$$\delta t < \min (22.5 ; 30 \text{ cm}) \rightarrow \delta t = 22 \text{ cm}$$

On adopte un espacement de 22 cm

Le choix de la section d'armatures verticales est $6T10 = 4.71 \text{ cm}^2/\text{ml}$.

- **Calcul des armatures horizontales**

D'après le R.P.A 99 (version 2003), on adopte le même ferrailage que l'armature verticales soit $6T10 = 4.71 \text{ cm}^2/\text{ml}$. Avec un espacement de 22 cm

- **Calcul des armatures transversales :**

D'après le BAEL 91 dans le cas où le diamètre des aciers verticaux est inférieur ou égal à

12cm, les armatures transversales sont à prévoir à raison d'une densité de $4/\text{m}^2$ au moins on prend $4\Phi 6$ par m^2

- **Vérification de la contrainte de cisaillement :**

$$\tau_b = \frac{T}{a \times l}$$

$$\tau_b = \frac{12.75 \times 10^{-3} \times 1.4}{0.15 \times 3.6}$$

$$\tau_b = 0.033 < 0.05 \times F_{c28}$$

$$0.033 < 1.25 \text{ Condition Vérifié.}$$

On a

$$\delta t = 22 \text{ cm} \quad \delta t / 2 = 11 \text{ cm} < 15 \text{ cm} \quad \text{Condition V\u00e9rifi\u00e9.}$$

$$L = 360 \text{ cm} \quad L / 10 = 36 \text{ cm}$$

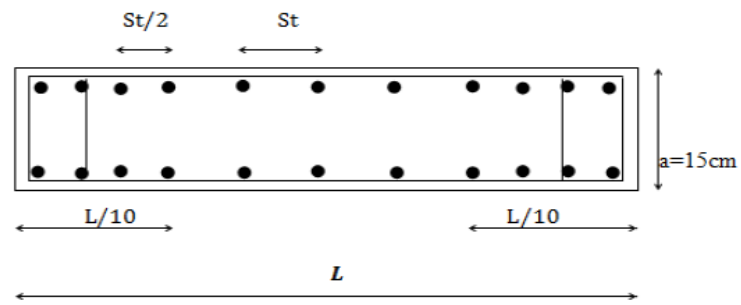


Figure 9.3. disposition du ferrailage du voile

***CHAPITRE 10 : ETUDE
DES FONDATIONS***

CHAPITRE 10 ETUDEDES FONDATIONS

10 ETUDE DES FONDATIONS

introduction

Les fondations sont une partie essentielle de la construction d'un bâtiment ou d'une structure. Elles sont la base solide sur laquelle la structure repose et elles sont conçues pour supporter le poids de la structure, ainsi que les charges environnementales telles que le vent, la neige et les tremblements de terre.

10.1.1 Les types de fondation superficielle :

Il en existe trois types :

- la «semelle filante», cas le plus courant, que l'on retrouve sous les murs porteurs,
- les semelles isolées se trouvant sous les poteaux,
- Le radier, utilisé lorsque la contrainte admissible du sol ne peut supporter l'ouvrage.

10.1.2 Choix du type de fondation :

Le type de fondation est choisi essentiellement selon les critères suivants :

- La résistance du sol
- Le tassement du sol
- Le mode constructif de la structure

Le choix de la fondation doit satisfaire les critères suivants :

- Stabilité d'ouvrage (rigidité).
- Facilité d'exécution (coffrage).
- Economie.

Pour le cas de la structure étudiée, nous avons le choix des semelles Filantes, en fonction des résultats du dimensionnement on adoptera le type de semelle convenable.

Le calcul des fondations se fait avec une capacité portante du sol : $\delta_{sol}=1.20\text{bar}$ et un ancrage $D=1.50\text{m}$

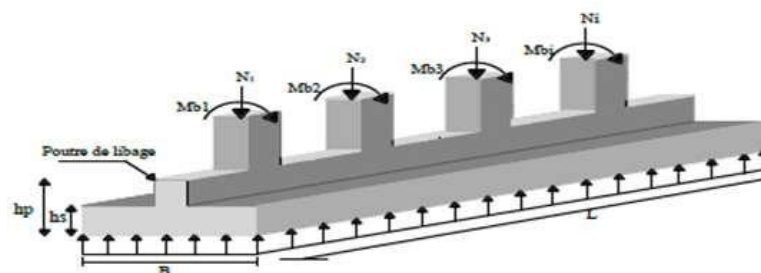


Figure 10.5:semellefilantesouspoteaux

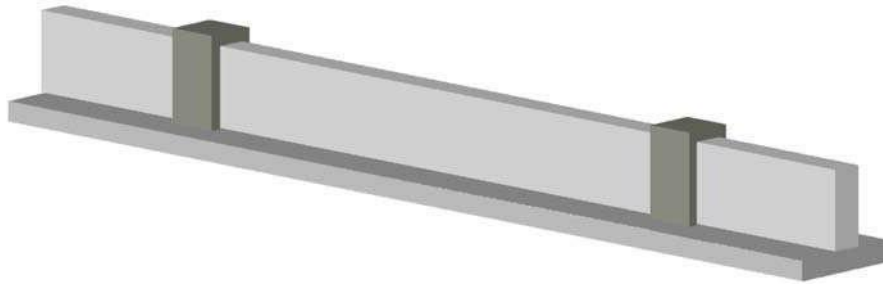


Figure 10. 6: semelle filante sous voiles

10.2 Calcul de la Semelle Filante :

| | Combinaison d'action | N ₁ | N ₂ | N ₃ |
|------------|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| SF1 | ELU | -555.387 | -552.334 | -401.666 |
| | ELS | -407.791 | -405.612 | -294.596 |
| SF2 | ELU | -401.537 | -376.507 | -537.43 |
| | ELS | -294.518 | -276.075 | -394.752 |
| SF3 | ELU | -1256.863 | -1250.411 | //// |
| | ELS | -919.655 | -914.869 | //// |

Tableau 10. 1 Effort normal pour les poteaux de base

Calcul semelle filante (SF1) :

La largeur B :

La largeur B de la semelle est déterminée à l'aide de la relation suivante :

La semelle sera considérée comme une semelle isolée ayant la longueur égale à : $A = \frac{L_1 + L_2}{2} + b$

Le calcul de la largeur " B " de la semelle se fait comme suit :

$$e_0 = \frac{M_{ser}}{N_{ser}} \leq \frac{B}{6} \rightarrow B \geq 6 \cdot e_0, \sigma_m \leq \sigma_{sol} \rightarrow \frac{b}{a} \cdot \sigma_{sol} \cdot A \cdot B^2 - N \cdot B - 3e_0 \cdot N \geq 0$$

$$h \geq \frac{B - b}{4} + c$$

Méthode de calcul

Le calcul se fait en fonction des sollicitations :

$$N_{\max} \dots\dots\dots M_{\text{corr}}(1,35G + 1,5Q)$$

$$N_{\max} \dots\dots\dots M_{\text{corr}}(G+Q+E)$$

$$N_{\max} \dots\dots\dots M_{\text{corr}}(0,8G + E)$$

-Longueur élastique :

$$Le = \sqrt{\frac{4EbI}{K.B}}$$

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

B : largeur de la semelle.

L : longueur de la semelle.

K : module de déformation du sol.

Eb : Module d'élasticité du béton (32456.595 MPa.).

Si $L < \frac{\pi}{2}.Le$ → répartition linéaire des contraintes et la semelle sera calculée comme une poutre infiniment rigide.

Si $L > \frac{\pi}{2}.Le$ → la semelle sera calculée comme une poutre sur sol élastique.

10.2.1 Pré-dimensionnement:

$$B \geq \frac{\sum Ni}{\sigma_{\text{sol}} . L}$$

$$ht \geq \max \left(\frac{A - a}{4}, \frac{B - b}{4} \right)$$

$$\sigma = \left(\frac{\sum Ni}{LB} \right) \pm \frac{M}{G} / I \frac{B.A}{2} \leq 2$$

-Charge linéaire: q= $\sigma_{\text{moy}} . B$

-Armature longitudinale :

(La semelle se calcul a la flexion simple ; elle est considéré comme une poutre en Té renversé soumise à l'action du sol).

-Armature suivant la largeur :

Si $e \leq B/24$: calcul par la méthode des bielles

$$A = \frac{N. (A - a)}{8. h. \sigma_{sol}} N : \text{effort normal.}$$

TABLEAU RECAPITULATIF DES SEMELLES

| Type de semelle | A (m) | B (m) | H (cm) | Ainf // B | Ainf // A | Asup// A | Asup // B |
|--|-------|----------------|--------|---|---------------|---------------|---------------|
| Sf1 | 2.50 | 13.55 | 50 | T14 esp=15 | T14 esp=15 | T10 esp=20 | T10 esp=20 |
| Sf2 | 1.90 | 13.55 | 50 | T14 esp=15 | T14 esp=15 | T10 esp=20 | T10 esp=20 |
| Sf3 | 2.40 | 12.95 | 40 | T14 esp=15 | T14 esp=15 | T10 esp=20 | T10 esp=20 |
| Poutre pour les semelles filantes SF1 | | 45x 100 | | En Appui Asup= 4T16fil Ainf= 4T16 FIL +4T14 02 Cadre T8 e=0.10 m En Travée Asup= 4T16FIL+(8T16 ou 6T16) Ainf= 4T16 FIL 02 Cadre T 8 e=0.15 m | | | |
| Poutre pour les semelles filantes SF2 | | 40x 100 | | En Appui Asup= 4T16fil Ainf= 4T16 FIL +4T14 02 Cadre T8 e=0.10 m En Travée Asup= 4T16FIL +6T16 Ainf= 4T16 FIL 02 Cadre T 8 e=0.15 m | | | |
| Poutre pour les semelles filantes SF3 | | 96x 80 | | En Appui Asup= 6T16fil Ainf= 6T16 FIL +6T14 + Cadre +étrier T8 e=0.10 m En Travée Asup= 3T16FIL +6T14 Ainf= 6T16 FIL 02 Cadre T 8 e=0.15 m | | | |

Tableau 10. 2 RECAPITULATIF DES SEMELLES

10.3 LONGRINES

Les dimensions de la section transversale des longrines seront : de (30x30) cm²

les longrines doivent être calculée pour résister à la traction sous l'action d'une force égale a :

$$F=N/\alpha \geq 20\text{KN}$$

N : effort normale maximale sous l'effet des charges verticales

$\alpha = 12$ (pour une zone IIa et un sol de type S3).

| ELEMENTS | SECTION(HxB) En cm ² | Ferraillages |
|----------|------------------------------------|--|
| LONGRINE | 30X30 | en appuis $A_{sup}=3T14\text{fil}$ $A_{inf}=3T14\text{fil}$ Cadre+étrier $\Phi 8$ $e=0.10\text{m}$ entravées $A_{sup}=3T14\text{fil}$ $A_{inf}=3T14\text{fil}$ Cadre+étrier $\Phi 8$ $e=0.15\text{m}$ |

Tableau 10. 3 RECAPITULATIF DES LONGRINE

CONCLUSION

Ce projet de fin d'études a été l'occasion de comprendre la complexité du domaine du génie civil notamment par la découverte des multiples notions mises en jeu, du règlement parasismique et de son application. Il nous a également permis de comprendre plusieurs facettes du métier d'ingénieur.

Dans ce travail, nous avons été chargés de réaliser le calcul d'un Bâtiment R+5 situé en zone sismique IIa. Nous avons utilisé les trois méthodes dynamiques citées par le RPA 99 version 2003 pour concevoir cet ouvrage avec l'aide du logiciel SAP2000. La géométrie choisie a permis d'utiliser toutes les approches proposées par le règlement parasismique algérien.

Ce mémoire offre une occasion de se familiariser avec le code SAP2000. Il permet également de maîtriser les trois approches du règlement parasismique algérien et d'utiliser la méthode spectrale pour calculer le ferrailage et la fondation. En outre, cette étude contribue à l'approfondissement des connaissances dans différents domaines d'ingénierie tels que la résistance des matériaux, le béton armé et les méthodes numériques. Finalement, il convient de souligner que ce document constitue un excellent support pédagogique pour tout étudiant en génie civil intéressé par le calcul des bâtiments utilisant SAP 2000 selon une taille équivalente

BIBLIOGRAPHIQUE

Règlement :

- *Règles Parasismiques Algériennes RPA99/version2003*
- *Règles de Conception et de Calcul des Structures en Béton Armé CBA93*
- *Règles de Calcul de Béton Armé Aux Etats Limites BAEL91*
- *Charges permanentes et charges d'exploitation DTR-BC 2.2*

Lièvre :

- *Précis de calcul béton armé... .. H.RENAUD.*
- *Etude des structures en béton aux eurocodes... .. J.H.HUSSON.*
- *Calcul des structures en béton armé... .. BELAZOUGUI.*

Thèses :

- *Thèse de fin d'étude EFFET DE TROIS METHODES DE CALCUL CITES PAR LE RPA 99 V 2003-*

Logiciels :

- *SAP2000..... Analyse des structures.*
- *EXCEL 2010.....Calcul.*
- *WORD 2010.....Traitement du texte*
- *AUTOCAD 2013..... (pour la conception du projet)*

