

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 –Ain Temouchent- Belhadj Bouchaib  
Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département de Génie Civil et Travaux Publics



Projet de Fin d'Etudes  
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Génie Civil.  
Domaine : Génie Civil  
Filière : Génie Civil.  
Spécialité : Structure  
Thème

**Influence de la hauteur totale et le site sur la réponse dynamique  
d'une structure en béton armé**

**Présenté Par :**

- 1) Melle. **BERRABAH Hadil.**
- 2) Melle. **ZERGAOUI Amina.**

**Devant le jury composé de :**

Mm. MANAA	UAT.B. B (Ain Temouchent)	Président
Mr. SAID	UAT.B. B (Ain Temouchent)	Examinateur
Mm. MOUSSI	M C A UAT.B. B (Ain Temouchent)	Encadrant
Mm. TAHER BERRABAH	M C A UAT.B. B (Ain Temouchent)	CO- Encadrant

*Année Universitaire 2023/2024*

# Dédicaces

«وما توفيقى إلا بالله عليه  
توكلت وإليه أنيب»

Je dédie cet humble travail à :

\* La raison de ma vie est ma mère et mon modèle, mon père, qui m'a soutenu financièrement et moralement. Toutes les expressions d'appréciation et de remerciement leur vont, et je demande à Dieu de perpétuer leur amour et leur soutien pour moi.

\*Je remercie également madame taher Berrabah, et toute ma famille et tous mes amis, un salut particulier à ma partenaire dans ce travail, Berrabah Hadil, et à toute sa famille. J'adresse également mes sincères remerciements et tout mon respect à tous les professeurs qui m'ont accompagné depuis le début.

\*Je remercie également mes camarades de classe qui ont participé à l'étude de cette année.

*Amina*

# Dédicaces

«وما توفيقى إلا بالله عليه  
توكلت وإليه أنيب»

Je dédie ce modeste travail à :

Mon père, que Dieu ait pitié de lui, et ma mère, qui est mon modèle dans cette vie.  
Je lui adresse un salut particulier et la remercie pour son soutien et son aide à tout moment.

Je remercie ma sœur et toute ma famille de me soutenir.

Ma promotrice, Madame Taher Berrabah.

Mon binôme zergaoui amina.

J'adresse mes salutations et mes remerciements à tous les professeurs qui m'ont soutenu tout au long de ces années, et j'adresse mes sincères remerciements à tous ceux qui ont participé à nos côtés et nous ont soutenus de près ou de loin.

*Hadis*

# Remerciements

Au début, nous remercions Dieu Tout-Puissant, qui nous a donné force et patience et nous a aidés à accomplir cet humble travail.

\* Deuxièmement, nous tenons à remercier notre encadrante, Madame Taher Berrabah Amina, pour les conseils, la confiance et l'assistance sans lesquels nous n'aurions pas pu réaliser ce travail. Puissiez-vous trouver dans cet ouvrage un hommage vivant à sa haute personnalité.

\* Nous tenons également à remercier la responsable du département, Madame Marouf Hafida et tous les professeurs qui m'ont soutenu, enseigné et guidé pendant toutes ces années.

\* En conclusion, nous tenons à remercier toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de ces travaux.

## **RESUME :**

Dans ce projet, une étude paramétrique de l'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique de différents structures a été menée. Trois cas d'étude ont été choisis (R+3 ; R+6 ; R+9), implantés sur les quatre types de site (rocheux S1, ferme S2, meuble S3, très meuble S4) donné par le RPA 99 version 2003.

Deux méthodes de calculs dynamique ont été abordées, à savoir la méthode statique équivalente et la méthode modale spectrale en fonctions des conditions d'utilisation de chaque méthode. Le code élément finis SAP2000v2014, a été choisi pour la modélisation des cas d'étude.

Les résultats du calcul paramétriques ont été interprété et comparés et des conclusions ont été tirées pour comprendre l'effet de la hauteur du bâtiment et du site d'implantation sur le comportement dynamique de la structure.

**Mots clés :** sap2000v2014, RPA99VERSION2003, béton armé, sites.....

## **ABSTRACT:**

In this project, a parametric study of the combined effect of the total height of the building and the location on the dynamic behavior of different structures was carried out. Three study cases were chosen (R+3; R+6; R+9), located on the four types of sites (rocky S1, firm S2, loose S3, very loose S4) given by RPA 99 version 2003.

Two dynamic calculation methods were discussed, namely the equivalent static method and the spectral modal method depending on the conditions of use of each method. The finite element code SAP2000v2014 was chosen for the modeling of the study cases.

The results of the parametric calculation were interpreted and compared and conclusions were drawn to understand the effect of the height of the building and the installation site on the dynamic behavior of the structure.

**Keywords :** sap2000v 2014, RPA99VERSION2003, reinforce concrete, sites .....

## المخلص

تم في هذا المشروع إجراء دراسة بارا مترية للتأثير المشترك للارتفاع الإجمالي للمبنى والموقع على السلوك الديناميكي للهياكل المختلفة. تم اختيار ثلاث حالات دراس (R+3; R+6; R+9) ، تقع على أربعة أنواع من المواقع (S1صخري ; S2 ثابت ; S3 لين ; S4 لين جدا) ,المقدمة من RPA 99 إصدار 2003.

تمت مناقشة بطريقتين للحساب الديناميكي وهما) الطريقة الثابتة المكافئة والطريقة الديناميكية المبنية على الطيف (حسب ظروف استخدام كل طريقة ، تم اختيار كود العناصر المحدودة SAP2000v2014 لنمذجة حالات الدراسة. تم تفسير ومقارنة نتائج الحساب البارومتري واستخلاص النتائج لفهم تأثير ارتفاع المبنى وموقع على السلوك الديناميكي للهيكل.

**الكلمات المفتاحية:** sap2000v2014, RPA99version2003 ,الخرسانة المسلحة، الموقع....

# Sommaire

*Dédicaces*

*Remerciements*

*RESUME :*

*المخلص*

*Sommaire*

*Liste des figures*

*Liste des tableaux*

*Liste des symboles*

*Introduction générale : ..... 1*

*Chapitre I : Prédimensionnement et descente des charges*

*I.1 Introduction : ..... 2*

*I.2 Caractéristiques géométriques du bâtiment : ..... 2*

*I.3 Conception de la structure : ..... 3*

*I.3.1. Planchers : ..... 3*

*I.3.2 Escaliers : ..... 4*

*I.3.3 Balcon : ..... 4*

*I.3.4 Maçonnerie : ..... 4*

*I.3.5 Revêtement : ..... 4*

*I.3.6 Acrotères : ..... 4*

*I.4 Caractéristiques du matériau : ..... 5*

*I.4.1 Béton : ..... 5*

*I.4.1.1 Résistance du béton : ..... 5*

*I.4.1.2 Module de déformation longitudinale : ..... 6*

*I.4.1.3 contraintes limite : ..... 6*

*I.4.2 Acier : ..... 8*

*I.4.2.1.les différents types d'aciers : ..... 8*

*I.4.2.2 Caractéristiques mécaniques des aciers : ..... 9*



I.4.2.3 Le diagramme contrainte-déformation de l'acier à l'état limite Ultime : .....	9
<b>I.5 Hypothèse de calcul : .....</b>	<b>10</b>
<b>I.6 Pré dimensionnement des éléments : .....</b>	<b>10</b>
I.6.1 Pré dimensionnement les planchers : .....	10
A/ Planchers à corps creux : .....	10
B/ Pré dimensionnement Planchers à dalle pleine : .....	11
I.6.2 Pré dimensionnement les poutrelles : .....	13
I.6.3 Pré dimensionnement les poutres : .....	14
I.6.4 Pré dimensionnement les poteaux : .....	15
I.6.5 Pré dimensionnement Les voiles : .....	23
I.6.6 Pré dimensionnement Les escaliers : .....	24
I.6.7 Pré dimensionnement Acrotère : .....	26
<b>I.7 Détermination de la descente de charge : .....</b>	<b>27</b>
<b>I.8 Conclusion : .....</b>	<b>31</b>
<b>ChapitreII : Généralités de conception et l'étude sismique.</b>	
<b>II.1. Introduction : .....</b>	<b>32</b>
<b>II.2 Définitions d'un Séisme : .....</b>	<b>32</b>
<b>II.3 Une construction parasismique : .....</b>	<b>33</b>
<b>II.4 Les conséquences d'un séisme : .....</b>	<b>33</b>
<b>II.5 Règlement parasismique algérien RPA99 : .....</b>	<b>34</b>
<b>II.6 Les choix de la méthode de calcul : .....</b>	<b>34</b>
<b>II.7 la méthode statique équivalente : .....</b>	<b>34</b>
II.7.1 Conditions d'application de la méthode : .....	35
II.7.2 Modélisation : .....	35
II.7.3 Calcul de la force sismique totale : .....	35
<b>II.8 La méthode modale spectrale : .....</b>	<b>38</b>
II.8.1 Conditions d'application de la méthode : .....	38
II.8.2 Modélisation : .....	38
II.8.3 Spectre de réponse de calcul : .....	39
<b>II.9 Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes : .....</b>	<b>40</b>

II.9.1 Conditions d'application de la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes : .....	40
<i>II.10 Conclusion</i> : .....	<b>40</b>
<i>Chapitre III : L'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique.</i>	
<i>III.1 Introduction</i> : .....	<b>41</b>
<i>III.2 Présentation de l'logiciel sap2000</i> : .....	<b>41</b>
<i>III.3 Modélisation</i> : .....	<b>41</b>
<i>III.4 Spectre de réponse</i> : .....	<b>43</b>
<i>III.5 Vérification vis à vis les règles parasismiques</i> : .....	<b>43</b>
III.5.1 Estimation de la période fondamentale de la structure(RPA 99V2003 art 4.2.4).....	43
<i>III.6 Analyse des résultats</i> : .....	<b>46</b>
III.6.1 participations des masses : .....	46
III.6.2 Influence du site : .....	46
III.6.2.1 Influence du site sur le déplacement : .....	46
III.6.2.2 Influence du site sur les efforts tranchants à la base : .....	51
<i>III.6.2.3 Conclusion</i> : .....	<b>54</b>
III.6.3 Influence de la hauteur : .....	55
III.6.3.1:Influence de la hauteur sur les efforts tranchant à la base : .....	55
III.6.3.2 :Conclusion.....	57
<i>Conclusion générale</i> : .....	<b>58</b>
<i>Bibliographie</i>	

# Liste des figures

## *Chapitre I : Prédimensionnement et descente des charges.*

Figure I. 1:plan de l'étage courant [1].....	3
<b>Figure I. 2:Diagramme contraintes - déformations à l'ELU. [2] .....</b>	<b>7</b>
Figure I. 3:Diagramme contraintes - déformations à l'ELS [2] .....	8
<b>Figure I. 4:Diagramme contrainte-déformation l'acier. [5].....</b>	<b>9</b>
Figure I. 5:plancher à corps creux. [6] .....	10
Figure I. 6:dalle pleine. [1].....	11
Figure I. 7:schéma des poutrelles. [7] .....	13
Figure I. 8:Coupe d'un voile en élévation. [1] .....	23
Figure I. 9:Coupe d'un voile en plan. [1] .....	24
Figure I. 10:dessin détaillés d'escaliers. [1] .....	25
Figure I. 11:schéma de l'acrotère. [7] .....	26

## *Chapitre III : L'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique.*

Figure III. 1 : les spectres de réponse du bâtiment R+3 pour différents sites. ....	43
Figure III. 2:les différents niveaux étudiés sans mur voiles. ....	45
Figure III. 3:les différents niveaux étudiés avec mur voiles. ....	45
Figure III. 4:effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant X pour le cas R+3 utilisant La méthode statique équivalent. ....	47
Figure III. 5:effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant Y pour le cas R+3 utilisant La méthode statique équivalent. ....	47
Figure III. 6:effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant X pour le cas R+3 utilisant La méthode dynamique modale spectrale. ....	48
Figure III. 7:effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant Y pour le cas R+3 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	48
Figure III. 8:effet du site sur le déplacement horizontal absolue X pour le cas R+6 utilisant La méthode dynamique modale spectrale. ....	49
Figure III. 9:effet du site sur le déplacement horizontal absolue Y pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	49
Figure III. 10:effet du site sur le déplacement horizontal absolue X pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	50
Figure III. 11:effet du site sur le déplacement horizontal absolue Y pour le cas R+9 utilisant la Méthode dynamique modale spectrale.....	51
Figure III. 12:effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode statique équivalent. ....	51
Figure III. 13: effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	52

Figure III. 14:effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode spectrale. ....	52
Figure III. 15:effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale .....	53
Figure III. 16:effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	53
Figure III. 17:effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	54
<b>Figure III. 18:</b> effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale. ....	54

# Liste des tableaux

## *Chapitre I : Prédimensionnement et descente des charges.*

Tableau. I. 1 : Caractéristiques mécaniques des aciers. [4] .....	9
Tableau. I. 2:Récapitulât if des prés dimensionnement du bâtiment R+3. ....	18
Tableau. I. 3:Récapitulation des pré dimensionnement des poteaux du bâtiment R+6. ....	20
Tableau. I. 4:Récapitulation des pré dimensionnement des poteaux du bâtiment R+9. ....	23
Tableau. I. 5:descente de charge du Plancher terrasse inaccessible. ....	27
Tableau. I. 6:descente de charge du Plancher étage courant. ....	28
Tableau. I. 7:descente de charge du la dalle pleine (balcon). ....	28
Tableau. I. 8:descente de charge des voiles. ....	29
Tableau. I. 9:descente de charge de Maçonnerie (mur extérieur). ....	29
<b>Tableau. I. 10:</b> descente de charge de Maçonnerie (mur intérieur).....	29
<b>Tableau. I. 11:</b> descente de charge d'acrotère. ....	30
Tableau. I. 12:descente de charge de volée. ....	30
Tableau. I. 13:descente de charge de palier. ....	31

## *Chapitre III : L'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique.*

Tableau III. 1:Modes propres de la structure.....	46
Tableau III. 2:Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 1(rocheux)	55
Tableau III. 3:Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 2(ferme).....	55
Tableau III. 4:Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 3(meuble).....	56
Tableau III. 5: Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 4(très meuble).....	56

# Liste des symboles

## Notations générales

- ELU : Etat limite ultime.
- ELS : Etat limite service.
- V : Force sismique totale
- A : coefficient d'accélération de zone.
- D : Facteur d'amplification dynamique.
- R : Coefficient de comportement global de la structure.
- Q : Facteur de qualité.
- W : Poids total de la structure.
- W Gi : poids dus aux charges permanentes et à celles des éventuelles solidaires de la Structure.
- W Qi : charge d'exploitation
- $\beta$  : coefficient de pondération, il est donné en fonction de la durée de la charge D'exploitât.
- $c_T$ : coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage.
- $\beta$  : Coefficient de pondération.
- Pq : Pénalité à retenir selon que le critère de qualité Q.
- $\xi$ : Pourcentage d'amortissement critique.
- B : Aire d'une section de béton.
- $\sigma_{bc}; F_{bu}$ : Contrainte de compression du béton.
- G :La charge permanente.
- Q : La charge d'exploitation.

- $E$  : Les forces sismiques.
- $L$  : Longueur ou portée.
- $l_f$  : Elancement.
- $F_{c_{28}}$  Résistance de béton à la compression à 28 jours
- $F_{t_{28}}$  : Résistance de béton à la traction
- $E_{ij}$  Module de déformation instantanée.
- $E_{vj}$  Module de déformation différée.
- $\epsilon_s$  : Allongement relatif de l'acier, limité à 10
- $E_s$  : Module d'élasticité longitudinale est pris égal à 200 000 MPa.
- $F_e$  : Limite d'élasticité garantie.
- $\eta$  : coefficient de correction d'amortissement.
- $\theta$  : coefficient qui tient compte de l'influence négative de la durée d'application de la charge.
- $\gamma$  : Coefficient de sécurité.
- $\gamma_b$  : Coefficient de sécurité pour le béton.
- $T$  : période de la structure.



# *Introduction générale*



## **Introduction générale :**

La réponse dynamique des bâtiments est l'un des aspects les plus importants à prendre en compte en génie civil et en construction pour garantir la sécurité des bâtiments et leur capacité à résister aux séismes. Le comportement dynamique d'un bâtiment est affecté par plusieurs facteurs, notamment la hauteur totale et le site.

De plus, le site a un impact significatif sur la réponse structurelle. Les caractéristiques du site varient d'un endroit à l'autre, ce qui affecte la manière dont le bâtiment réagit aux forces dynamiques et les résiste.

Cette recherche vise à étudier l'impact de la hauteur totale et du site sur la réponse dynamique. Pour mieux comprendre ces effets, nous analyserons les données et les modèles, et mènerons une étude comparative des réponses des bâtiments de différentes hauteurs et situés dans différents endroits.

Pour ce faire, nous suivrons un plan d'action spécifique,

Le travail est subdivisé en trois chapitres sont :

- Le premier chapitre : Prédimensionnement et descente des charges.
- Le deuxième chapitre : Généralités sur la conception parasismique du bâtiment.
- Le troisième chapitre : l'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique.



***Chapitre I :***  
Prédimensionne  
ment et descente  
des charges

## **I.1 Introduction :**

L'objectif du présent travail est d'étudier l'effet du site de sol et de la hauteur du bâtiment sur le comportement dynamique des structures (bâtiments) en béton armé. Les cas d'étude sont des bâtiments à usage l'habitation (R+3, R+6, R+9) classées dans groupe 2 ouvrage moyenne (courant) dans la zone III.

Les bâtiments sont étudiés pour les différents sites (rocheux S1, ferme S2, meuble S3, très meuble S4) et trois hauteurs différentes ((R+3, R+6, R+9).

Ce chapitre est dédié au :

## **I.2 Caractéristiques géométriques du bâtiment :**

Les caractéristiques géométriques du bâtiment objet de ce travail sont comme suit :

### I.2.1. Dimensions en plan :

-Longueur du bâtiment.....22,1m.

-Largeur du bâtiment .....21,3m.

-hauteur du l'acrotère.....0,6m.

### I.2.2. Dimensions de l'ouvrage élévation :

-Hauteur de RDC.....3,06m.

-Hauteur de l'étage courant : .....3,06m.

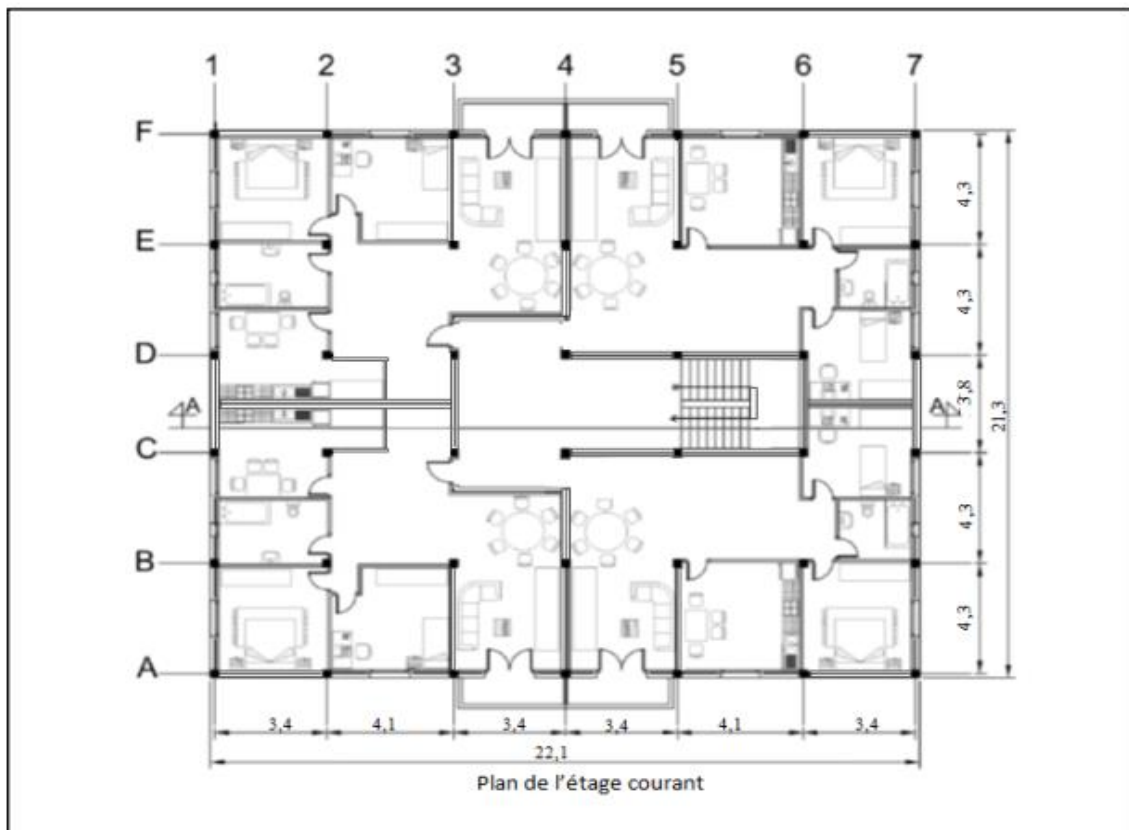


Figure I. 1: plan de l'étage courant [1]

### I.3 Conception de la structure :

#### I.3.1. Planchers :

Les Planchers sont des éléments horizontaux.

On distingue 2 types :

- Planchers à corps creux.
- Planchers à dalle plein.

Pour ce bâtiment le choix du maître d'ouvrage s'est porté sur les Planchers corps creux.

• **Planchers à corps creux** : est constitué des poutrelles préfabriquées en béton armé ou bétonné sur place espacées de 60 cm de corps creux (hourdis).

Ce type utilisé pour :

- Facilité de réalisation.

-Une économie de coût de coffrage.

-Il fait fonction d'isolation acoustique et thermique.

### **I.3.2 Escaliers :**

Sont des éléments non structuraux, permettant le passage d'un niveau à un autre, qui sera réalisé en béton armé coulé sur place.

Le type d'escalier est à deux volées qui sera réalisé en béton armé et coulé sur place.

### **I.3.3 Balcon :**

Un balcon est une plate-forme en saillie de la façade, limitée vers l'extérieur par un ouvrage vertical formant un garde-corps. La dalle d'un balcon peut recevoir un revêtement d'étanchéité ou ne pas en comporter.

Les balcons seront réalisés en dalle pleine.

### **I.3.4 Maçonnerie :**

A/ Les murs extérieurs : sont réalisés en double parois en briques creuses : la paroi interne et paroi externe sont de 10cm et 5 cm d'épaisseur séparés d'un vide d'aire de 5 cm d'épaisseur. [1]

B/ Les murs intérieurs : sont réalisés en simple cloison de 1type brique creuse de 10 cm d'épaisseur. [1]

### **I.3.5 Revêtement :**

Le revêtement est constitué de :

- Enduit en ciment pour les faces extérieur des murs de façade.
- Enduit de plâtre pour les murs et les plafonds.
- Carrelage pour les planchers et les escaliers.

### **I.3.6 Acrotères :**

Comme la terrasse est inaccessible, le dernier niveau du bâtiment est entouré d'un acrotère en béton armé de 60 cm de hauteur et de 10 cm d'épaisseur. L'acrotère a pour buts d'assurer la sécurité et d'empêcher l'écoulement des eaux pluviales stagnées dans la terrasse sur la façade. [2]

## I.4 Caractéristiques du matériau :

### I.4.1 Béton :

Le béton est un matériau hétérogène constitué d'un mélange de liant hydraulique (ciment), des matériaux inertes appelés granulats (sable, gravier.), de l'eau et d'adjuvants (éventuellement).

Le béton utilisé dans la construction de l'ouvrage doit être conforme aux règles techniques d'étude et de conception des ouvrages en béton armé (BAEL),

Le rapport entre la masse d'eau (E) et de ciment (C) contenue dans le béton est mentionné sous la forme de rapport eau-ciment (E/C) est l'une des valeurs caractéristiques les plus importantes du béton frais et du béton durci. Lorsque le rapport E/C augmente, le béton frais devient plus plastique et son ouvrabilité ainsi que sa compactibilité s'améliorent, par contre la qualité d'un béton après le durcissement est d'autant meilleure que le rapport E/C est faible.

\*Le béton présente les avantages suivants :

- ✓ Une bonne résistance à la compression,
- ✓ Une souplesse d'utilisation,
- ✓ Un entretien facile,
- ✓ Une bonne résistance aux feux,

-Une possibilité d'obtenir des éléments préfabriqués de différentes formes. [2]

#### I.4.1.1 Résistance du béton :

- à la compression «  $F_{c_j}$  » C.B.A 93 [A-2-1-1-1].

Un béton est défini par une valeur de sa résistance à la compression à l'âge de 28 jours  $F_{c28}$

Exprimée en MPa

La résistance caractéristique à la compression  $F_{c_j}$  à l'âge de  $j \leq 60$  jours, est :

$$F_{c_j} = \frac{j}{4,76+0,83j} \cdot F_{c28} \quad \text{pour } F_{c28} \leq 40[\text{MPa}]$$

$$F_{c_j} = \frac{j}{1,4 + 0,95j} \cdot F_{c_{28}} \quad \text{pour } F_{c_{28}} \geq 40[\text{MPa}]$$

- à la traction « $F_{tj}$ » C.B.A 93 [A-2-1-1-2].

La résistance caractéristique à la traction du béton à l'âge de  $j$  jours est conventionnellement défini par la relation :

$$F_{tj} = 0,6 + 0,06 F_{c_j} \quad \text{si } F_{c_j} \leq 60 \text{ Mpa.}$$

$$F_{tj} = (F_{c_j})^{2/3} \quad \text{si } F_{c_j} \geq 60 \text{ Mpa.}$$

Pour :  $j \geq 60 \text{ jours}$   $F_{c_j} = 1,1 F_{c_{28}}$ .

#### I.4.1.2 Module de déformation longitudinale :

- Pour des charges d'une durée d'application inférieure à 24h, nous définissons le module de déformation instantanée du béton :

$$E_{ij} = 11\,000 \cdot \sqrt[3]{F_{c_j}} ; \quad \text{CBA 93ART (A.2.1.2.1)}$$

$F_{c_j}$  : exprimée MPa

- Pour des charges de longue durée d'application, le module de déformation différée du béton à  $j$  jours est :

$$E_{vj} = 3700 \cdot \sqrt[3]{F_{c_j}} ; \quad \text{CBA 93ART (A.2.1.2.2)}$$

$F_{c_j}$  : exprimée Mpa.

#### I.4.1.3 contraintes limite :

##### 1. Etat Limite Ultime :

- **Contrainte ultime de béton :**

Pour les calculs à l'ELU, le comportement réel du béton est modélisé par la loi parabole-rectangle sur un diagramme des contraintes déformations données sur la Figure ci-après.

- la valeur de calcul de contrainte limite du béton en compression est :

$$\sigma_{bc} = F_{bu} = \frac{0,85 \times F_{c28}}{\theta \times \gamma_b} \quad (\text{C.B.A93, A.4.5.2})$$

Avec  $\theta$ : coefficient qui tient compte de l'influence négative de la durée d'application de la charge

- $\theta = 1$  : Lorsque la durée probable d'application de la combinaison d'action considérée est supérieure à 24 heures.
- $\theta = 0,9$  : Lorsque la durée probable d'application de la combinaison d'action considérée est comprise entre 1 heure et 24 heures
- $\theta = 0,85$  : Lorsque la durée probable d'application de la combinaison considérée est inférieure à 1 heure

$\gamma_b$  : Coefficient de sécurité pour le béton.

- $\gamma_b = 1,15$  pour une situation accidentelle.
- $\gamma_b = 1,5$  pour une situation normale. [3]

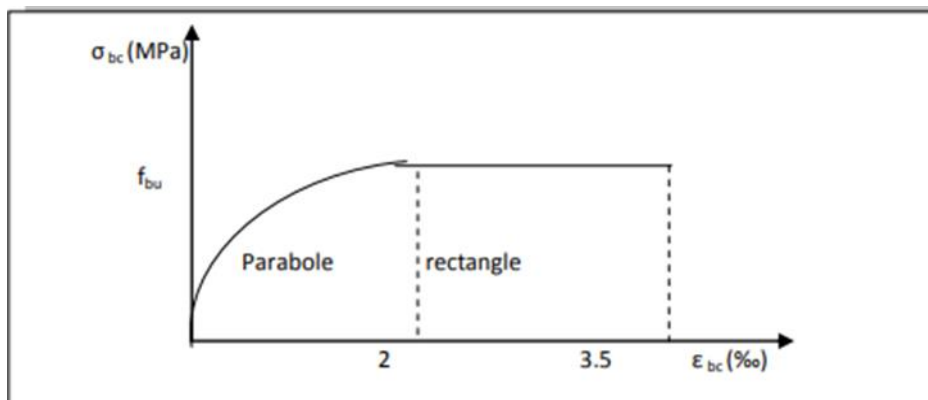


Figure I . 2: Diagramme contraintes - déformations à l'ELU. [2]



## 2. Etat Limite service :

État limite de service est un état de chargement au-delà duquel la construction ne peut plus assurer le confort et la durabilité pour lesquels elle a été conçue.

Le bâtiment doit vérifier les trois critères suivants :

- Compression du béton.
- L'ouverture des fissures.
- Déformation des éléments de la construction.

-La contrainte limite de service en compression du béton est limitée par :

$$\sigma_{bc} = 0,6 \cdot F_{c28} \quad (C.B.A93, A.4.5.2).$$

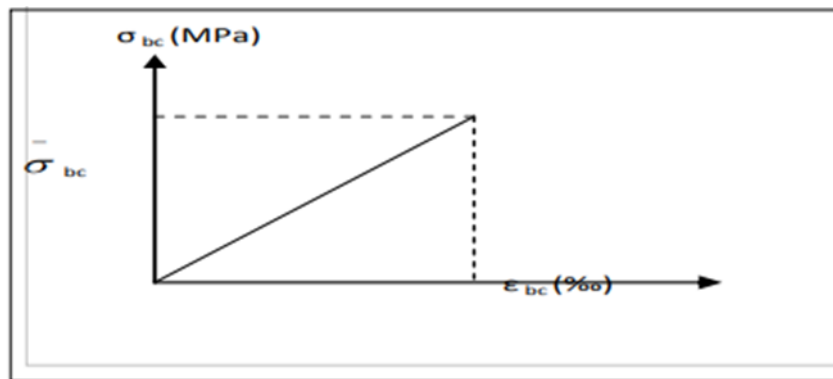


Figure I. 3: Diagramme contraintes - déformations à l'ELS [2]

## I.4.2 Acier :

L'acier est un matériau métallique composé principalement de fer et de carbone, avec des proportions variables d'autres éléments. Il est connu pour sa robustesse, sa malléabilité et sa polyvalence, ce qui en fait l'un des matériaux les plus utilisés dans de nombreux secteurs industriels, notamment la construction, l'automobile, l'aérospatiale et la fabrication d'outils.

### I.4.2.1. les différents types d'aciers :

- Rondes lisses.
- Barres à haute adhérence.
- Treillis soudés.

### I.4.2.2 Caractéristiques mécaniques des aciers :

Type	Nuance	Limite élastique Fe (MPa)
Haute adhérence.	FeE400	400
	FeE500	500
Rondes lisses	FeE215	215
	FeE235	235
Treillis soudés	FeE500	500

Tableau. I. 1 : Caractéristiques mécaniques des aciers. [4]

### I.4.2.3 Le diagramme contrainte-déformation de l'acier à l'état limite Ultime :

Dans les calculs relatifs aux états limites, on introduit un coefficient de sécurité  $\gamma_s$  qui a les valeurs suivantes :

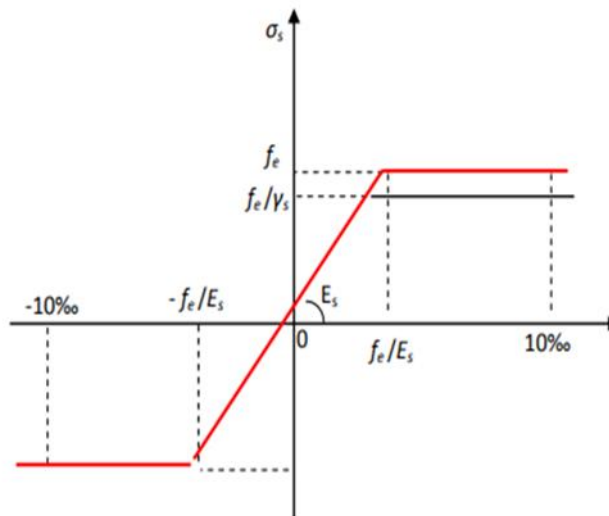


Figure I . 4:Diagramme contrainte-déformation l'acier. [5]

$\gamma$ : Coefficient de sécurité.

$\gamma_s=1$  cas de situations accidentelles.

$\gamma_s=1,15$  cas de situations durables.

$\epsilon_s$  : Allongement relatif de l'acier, limité à 10

$E_s$ : Module d'élasticité longitudinale est pris égal à 200 000 MPa.

$F_e =$  : Limite d'élasticité garantie.

## I.5 Hypothèse de calcul :

-Pour béton :

- Résistance de béton à la compression à 28 jours est :  $F_{c28}=25$  Mpa.
- Résistance de béton à la traction :  $F_{t28}=2.1$ Mpa
- Module de déformation instantanée :  $E_{ij}=10818,865$ Mpa.
- Module de déformation différée :  $E_{vj}=32164,195$ Mpa.

-Pour l'acier :  $F_e=400$ Mpa

## I.6 Pré dimensionnement des éléments :

Afin de démarrer l'étude de notre bâtiment, les règlements nous proposent de faire un prédimensionnement des différents éléments qui vont constituer l'ouvrage. Cette étape a pour but de déterminer l'ordre de grandeur du coffrage des éléments, conformément aux règles et normes données par le RPA99/2003. C'est la base de la justification qu'en à la résistance, la stabilité et la durabilité du bâtiment, aux sollicitations verticales et horizontales.

\* Le prédimensionnement concerne toute élément de la structure :

### I.6.1 Pré dimensionnement les planchers :

Les planchers sont des plaques minces dont l'épaisseur est faible par rapport à leurs dimensions en plan. Dans notre structure on a deux types de planchers dalle pleine et corps creux.

#### A/ Planchers à corps creux :

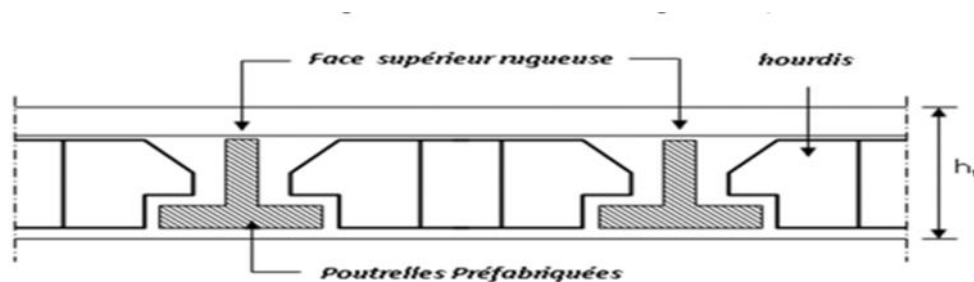


Figure I. 5:plancher à corps creux. [6]

L'épaisseur de planchers est conditionnée par :

$$\frac{L_{max}}{25} \leq h \leq \frac{L_{max}}{20}$$

Avec :

$$L_{max}=4.1m=410cm.$$

$$\text{Donc : } \frac{410}{25} \leq h_t \leq \frac{410}{20}$$

$$16,4 \leq h_t \leq 20,5.$$

On prend :  $h_t=21$  cm

On prend un plancher de type (16+5).

Avec : 5cm : épaisseur de la dalle de compression.

16cm : épaisseur du corps creux.

## B/ Pré dimensionnement Planchers à dalle pleine :

Pour la construction de notre ouvrage, on a opté pour une dalle pleine en Béton armé Pour les balcons et les escaliers. Vu sa faible déformabilité, la facilité d'exécution, sa capacité à supporter des charges importantes, et sa bonne résistance au feu. L'épaisseur des planchers dépend des conditions suivantes :

- Condition de sécurité contre l'incendie.
- Condition de non dépassement de la flèche.
- Condition d'isolation acoustique. [1]

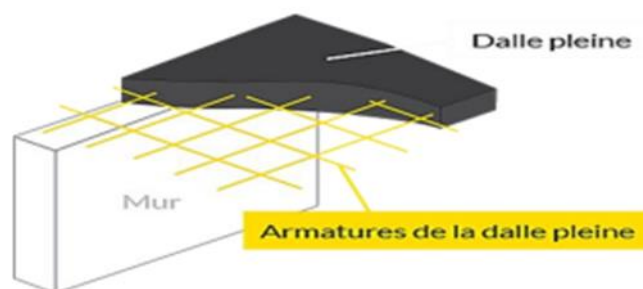
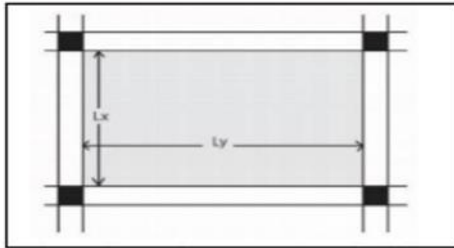


Figure I. 6:dalle pleine. [1]

• **Résistance à la flexion :**

Le calcul se fait en considérant la dalle la plus défavorable :



$\left\{ \begin{array}{l} Lx: \text{le plus petit côté de la dalle.} \\ Ly = \text{le plus grand côté de la dalle.} \\ Lx, Ly \text{ entre nu} \end{array} \right.$

On a  $\rho = \frac{Lx}{Ly}$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } \rho < 0.4 \rightarrow \text{la dalle porte sur un seul sens} \rightarrow e \geq \frac{Lx}{30} \\ \text{Si } \rho > 0.4 \rightarrow \text{la dalle porte sur deux sens} \rightarrow e \geq \frac{Lx}{40} \end{array} \right.$$

Dans notre cas on a la dalle la plus défavorable est une dalle carrée de dimension :

$$\left\{ \begin{array}{l} Lx = 4,1m \\ Ly = 4,3m \end{array} \right.$$

$$\rightarrow \rho = \frac{Lx}{Ly} = 0,95 > 0,4$$

Donc :  $\rho = 0.95 > 0.4 \rightarrow$  la dalle porte sur deux sens

$$e \geq \frac{Lx}{40} = \frac{4,1}{40} = 0,1025m = 10,25cm$$

• **Isolation acoustique :**

Selon les règles techniques << CBA93 » en vigueur en l'Algérie l'épaisseur du plancher doit être supérieure ou égale à 13 cm pour obtenir une bonne isolation acoustique.

Selon la nature des bruits :

Contre les bruits aériens :  $M_{\text{plancher}} \geq 400 \text{ Kg/m}^2$   $2500 \times e \geq 400 \text{ kg/m}^2$   
 $\rightarrow e = 16 \text{ cm}$

Contre les bruits d'impacts :  $M_{\text{plancher}} \geq 350 \text{ Kg/m}^2$   $2500 \times e \geq 350 \text{ kg/m}^2$

$$\rightarrow e = 14 \text{ cm}$$

• **Résistance au feu :**

$e = 7 \text{ cm}$  pour une heure de coup de feu.

$e = 11 \text{ cm}$  pour deux heures de coup de feu.

Donc on adopte une épaisseur :  $e = 16 \text{ cm}$  ; pour les balcons Et l'escalier.

**I.6.2 Pré dimensionnement les poutrelles :**

Les poutrelles travaillent comme une section en T, elles sont disposées suivant le sens perpendiculaire aux poutres principales :

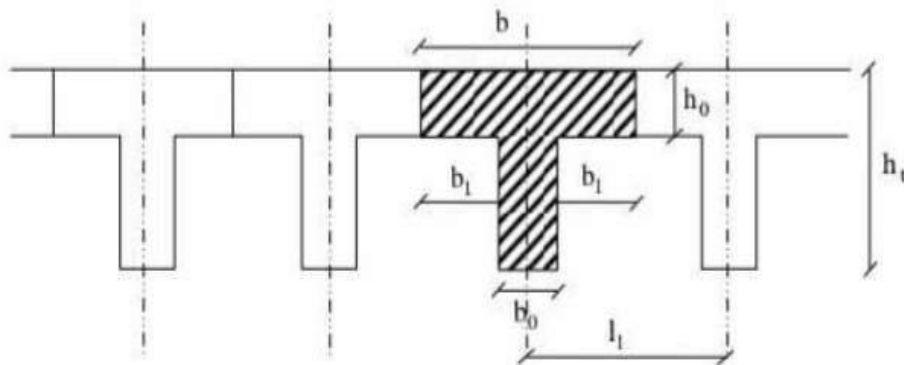


Figure I. 7: schéma des poutrelles. [7]

$$h_t = 21 \text{ cm}$$

$$\text{On a } b = 2b_1 + b_0$$

Détermination de  $b_0$  :

$$0,4 \times h_t \leq b_0 \leq 0,8 \times h_t \quad \rightarrow \quad 8,4 \leq b_0 \leq 16,8$$

On prend  $b_0 = 12 \text{ cm}$

Suivant les normes Algériennes (DTR.B.C.22), la distance best prise généralement égale à

$$b = 65 \text{ cm.}$$

$$L = 410 \text{ cm}$$

$$b_1 = \frac{b - b_0}{2} = 26,5 \text{ cm}$$

D'après le R.P.A 99 V2003 le  $b_1$  min doit satisfaire les conditions suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} b_1 \leq \frac{b-b_0}{2} \\ b_1 \leq \frac{l}{10} \\ 6. h_0 \leq b_1 \leq 8. h_0 \end{array} \right.$$

L : La portée entre nus d'appui de la travée considérée.

b : La distance entre axes des nervures.

$$\left\{ \begin{array}{l} b_1 \leq \frac{6512}{2} = 26,5 \\ b_1 \leq \frac{410}{10} = 41 \\ 30 \leq b_1 \leq 40 \end{array} \right. \quad \text{CV}$$

$$b_1 = 26,5 \text{ cm}$$

### I.6.3 Pré dimensionnement les poutres :

Les poutres sont des éléments horizontaux en béton, leurs sections doivent respecter le critère de rigidité selon BAEL 91 ainsi que les conditions imposées par le règlement parasismique algérien.

$$\text{Selon BAEL on a : } \left\{ \begin{array}{l} \frac{L_{max}}{15} \leq hp \leq \frac{L_{max}}{10} \\ 0,3hp \leq b \leq 0,7hp \end{array} \right. \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} L_{max} : \text{la grande porte entre nus} \\ hp : \text{hauteur de la poutre} \\ b : \text{largeur de la poutre} \end{array} \right.$$

$$\text{Selon RPA99 on a : } \left\{ \begin{array}{l} b \geq 20 \\ hb \geq 30 \\ \frac{1}{4} \leq \frac{h}{b} \leq 4 \end{array} \right.$$

•Poutre principale :

$$L_{max} = 4,3 \text{ m}$$

$$\frac{4,3}{15} \leq hp \leq \frac{4,3}{10}$$

$$0,28 \leq hp \leq 0,43$$

On prend : **hp** = 40 cm

La largeur de la poutre :

$$0,3hp \leq b \leq 0,7hp$$

$$12 \leq b \leq 28$$

On prend :  $b=30\text{cm}$

Les dimensions des poutres doivent satisfaire à la condition du R.P.A 99 V2003

- $b = 30\text{cm} \geq 20 \text{ cm.}$

- $h_p=40\text{cm} \geq 30\text{cm.}$  **CV**

- $\frac{h_p}{b} = 1,33 \leq 4.$

Les dimensions des poutres principales sont **(40x30)**

- Poutre secondaire :

$L_{\text{max}}=4,1\text{m}$

$$\frac{4,1}{15} \leq h_p \leq \frac{4,1}{10}$$

$$0,27 \leq h_p \leq 0,41$$

On prend :  $h_p=35\text{cm}$

La largeur de la poutre :

$$0,3h_p \leq b \leq 0,7h_p$$

$$12 \leq b \leq 28$$

On prend :  $b=30\text{cm}$

Les dimensions des poutres doivent satisfaire à la condition du R.P.A 99 V2003

- $b = 30 \text{ cm} \geq 20 \text{ cm}$

- $h_p=35\text{cm} \geq 30\text{cm}$  **CV**

- $\frac{h_p}{b} = 1,33 \leq 4$

Les dimensions des poutres secondaires sont **(35x30)**

#### **I.6.4 Pré dimensionnement les poteaux :**

Les poteaux sont des éléments en béton armé dont la forme est généralement carrée, rectangulaire ou circulaire.

On suppose une charge moyenne de  $Q= 1 \text{ t/m}^2/\text{étage}$



Les sections transversales des poteaux doivent satisfaire aux conditions imposées par la RPA99. VERSION2003 :

- $\min(a, b) \geq 30$  zones III Tipaza
- $\min(a, b) \geq h_e \div 20$   $h_e$ : hauteur d'étage.
- $1 \div 4 < a/b < 4$ .

**\*Cas du bâtiment R+3 :**

Le pré dimensionnement est déterminé suivant la formule :

$$Br \geq \frac{\beta \cdot Nu}{\frac{F_{bc} + 0,85 \cdot A \cdot f_e}{0,9} + Br \cdot \gamma_s}$$

Br : section réduite du poteau (en cm<sup>2</sup>).

Avec :

$$Nu = S \times pu \times n$$

- Nu : la charge verticale a l'ELU
- S : la surface supportée par le poteau le plus défavorable
- n : le nombra de plancher
- $pu = 1t/m^2$

$$S = (4,3/2 + 4,3/2) \times (4,1/2 + 4,1/2) = 16,125 \text{ m}^2$$

Poteaux de RDC (n = 4)

$$Nu = 16,125 \times 1 \times 4 = 64,5 \text{ t} \rightarrow Nu = 0,645 \text{ MN.}$$

$\beta$  : Coefficient de correction dépendant de l'élanement mécanique des poteaux qui prend les valeurs :

$$\beta = 1 + 0,2 \times (\lambda/35)^2 \text{ si } \lambda \leq 52$$

$$\beta = 0,85 \times \lambda^2/1500 \text{ si } 50 \leq \lambda \leq 70$$

On fixe sur un élanement mécanique  $\lambda = 35$ , pour rester toujours dans le domaine de la compression centrée ( $\beta = 1.2$  parce que  $\lambda = 35$ )

- Donc :  $F_{bc} = \frac{0,85 \times F_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 14,20 \text{ Mpa}$

Avec :

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

- $\gamma_b = 1.5$
- $\gamma_s = 1.15$
- $F_e = 400 \text{ MPa}$
- $\theta = 1$

D'après le règlement BAEL91 modifiée99 :

Br : la section réduite de poteaux

$$Br \geq \frac{1,2 \times 0,645}{\frac{14,2}{0,9} + \frac{0,85 \times 0,9 \times 400}{100 \times 1,15}}$$

$$Br \geq 0,041 \text{ m}^2$$

- Pour un poteau rectangulaire :  $Br = (a - 0.02) \times (b - 0.02) \text{ m}^2$

Sur un :  $Br = (a - 0,02) \times (b - 0,02)$

$Br = (a - 0,02)^2 \rightarrow$  section carrée

$$Br = (a - 0,02)^2 \geq 0,041$$

$$Br = (a - 0,02) \geq \sqrt{0,041}$$

$$a - 0,02 \geq 0,20$$

$$a \geq (0,20 + 0,02)$$

$$a \geq 22,2 \text{ cm}$$

on prend  $a = b = 30 \text{ cm}$

- Vérification d'après le RPA 99 version 2003 :

$$\text{Min}(a, b) \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm (Condition vérifiée).}$$

$$\text{Min}(a, b) \geq hp / 20 \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \geq 360 / 20 = 18 \text{ cm (Condition vérifiée).}$$

$$1/4 \leq a/b \leq 4 \dots\dots\dots 0.25 \leq 1 \leq 4 \text{ (Condition vérifiée).}$$

Vérification du poteau au flambement :

- Calcul moment d'inertie :

$$I_x = I_y = \frac{30 \times 30^3}{12}$$

$$= 67500 \text{ cm}^4$$

- Rayon de giration  $i_x$  ;  $i_y$

a)  $B = a \times b = 30 \times 30 = 900 \text{ cm}^2$

$$i_x = i_y = \sqrt{\frac{I_x}{B}} = \sqrt{\frac{\frac{30 \times 30^3}{12}}{30 \times 30}} = 8,66 \text{ cm}$$

- Calcul l'élanement :

$$l_f = 0,7 \times L_0$$

$l_f$ : longueur du flambement

$L_0$  : hauteur d'étage  $\rightarrow L_0 = 3,06 \text{ m}$

$$\lambda_x = \lambda_y = \frac{0,7 \times 306}{8,66} = 24,73$$

$$\lambda_x = \lambda_y = 24,73 < 50$$

le flambement est vérifié.

Niveaux	N	S (m <sup>2</sup> )	Nu (MN)	(a × b) m <sup>2</sup>	Condition
RDC	1	16,125	0,645	30×30	Cv
Étage 1	2	16,125	0,483	30×30	Cv
Étage 2	3	16,125	0,322	30×30	Cv
Étage 3	4	16,125	0,161	30×30	Cv

Tableau. I. 2: Récapitulât if des prés dimensionnement du bâtiment R+3.

### \* Cas du bâtiment R+6

Le pré dimensionnement est déterminé suivant la formule :

$$Br \geq \frac{\beta \cdot Nu}{\frac{F_{bc} + 0,85 \cdot A \cdot f_e}{0,9} + Br \cdot \gamma_s}$$

Br : section réduite du poteau (en cm<sup>2</sup>).

Avec :

$$N_u = S \times p_u \times n$$

- $N_u$  : la charge verticale à l'ELU.
- $S$  : la surface supportée par le poteau le plus défavorable.
- $n$  : le nombre de plancher.

$$p_u = 1 \text{ t/m}^2$$

$$S = (4,3/2 + 4,3/2) \times (4,1/2 + 4,1/2) = 16,125 \text{ m}^2$$

Poteaux de RDC ( $n = 7$ ) :

$$N_u = 16,125 \times 1 \times 7 = 112,875 \text{ t} \rightarrow N_u = 1,12875 \text{ MN}$$

$\beta$  : Coefficient de correction dépendant de l'élanement mécanique des poteaux qui prend les valeurs :

$$\beta = 1 + 0,2 \times (\lambda/35)^2 \text{ si } \lambda \leq 52.$$

$$\beta = 0,85 \times \lambda^2/1500 \text{ si } 50 \leq \lambda \leq 70.$$

On fixe sur un élanement mécanique  $\lambda = 35$ , pour rester toujours dans le domaine de la compression centrée ( $\beta = 1,2$  parce que  $\lambda = 35$ ).

$$\text{• Donc : } F_{bc} = \frac{0,85 \times F_{c28}}{\theta \times \gamma_b} = 14,20 \text{ MPa}$$

Avec :

$$\text{• } F_{c28} = 25 \text{ MPa.}$$

$$\text{• } \gamma_b = 1,5.$$

$$\text{• } \gamma_s = 1,15.$$

$$\text{• } F_e = 400 \text{ MPa.}$$

$$\text{• } \theta = 1$$

D'après le règlement BAEL91 modifiée99 :

$B_r$  : la section réduite de poteaux.

$$Br \geq \frac{1,2 \times 0,645}{\frac{14,2}{0,9} + \frac{0,85 \times 0,9 \times 400}{100 \times 1,15}}$$

$$Br \geq 0,073 \text{ m}^2$$

- Pour un poteau rectangulaire :  $Br = (a - 0,02) \times (b - 0,02) \text{ m}^2$

Sur un :  $Br = (a - 0,02) \times (b - 0,02)$

$Br = (a - 0,02)^2 \rightarrow$  section carrée

$$Br = (a - 0,02)^2 \geq 0,073$$

$$Br = (a - 0,02) \geq \sqrt{0,073}$$

$$a - 0,02 \geq 0,27$$

$$a \geq (0,27 + 0,02)$$

$$a \geq 29 \text{ cm}$$

on prend  $a = b = 30 \text{ cm}$

• Vérification d'après le RPA 99 version 2003 :

$\text{Min}(a, b) \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm}$  (Condition vérifiée).

$\text{Min}(a, b) \geq fe / 20 \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \geq 360 / 20 = 18 \text{ cm}$  (Condition vérifiée).

$1/4 \leq a/b \leq 4 \dots\dots\dots 0,25 \leq 1 \leq 4$  (Condition vérifiée)

Niveaux	N	S(m <sup>2</sup> )	Nu (MN)	(a×b)cm <sup>2</sup>	Condition
RDC	1	16,125	1,128	30×30	Cv
Étage 1	2	16,125	0,967	30×30	Cv
Étage 2	3	16,125	0,806	30×30	Cv
Étage 3	4	16,125	0,645	30×30	Cv
Étage 4	5	16,125	0,483	30×30	Cv
Etage5	6	16,125	0,322	30×30	Cv
Etage6	7	16,125	0,161	30×30	Cv

**Tableau. I. 3:** Récapitulation des pré dimensionnement des poteaux du bâtiment R+6.

**\* Cas du bâtiment R+9**

Le pré dimensionnement est déterminé suivant la formule :

$$Br \geq \frac{\beta \cdot Nu}{\frac{F_{bc}}{0,9} + \frac{0,85 \cdot A \cdot f_e}{Br \cdot \gamma_s}}$$

Br : section réduite du poteau (en cm<sup>2</sup>).

Avec :

$$Nu = S \times pu \times n$$

- Nu : la charge verticale a l'ELU.
- S : la surface supportée par le poteau le plus défavorable.
- n : le nombre de plancher.
- pu = 1t/m<sup>2</sup>

$$S = (4,3/2 + 4,3/2) \times (4,1/2 + 4,1/2) = 16,125 \text{ m}^2$$

Poteaux de RDC (n = 10) :

$$Nu = 16,125 \times 1 \times 10 = 161,25 \text{ t} \rightarrow Nu = 1,6125 \text{ MN.}$$

$\beta$  : Coefficient de correction dépendant de l'élançement mécanique des poteaux qui prend les valeurs :

$$\beta = 1 + 0,2 \times (\lambda/35)^2 \text{ si } \lambda \leq 52.$$

$$\beta = 0,85 \times \lambda^2/1500 \text{ si } 50 \leq \lambda \leq 70.$$

On fixe sur un élançement mécanique  $\lambda = 35$ , pour rester toujours dans le domaine de la compression centrée ( $\beta = 1,2$  parce que  $\lambda = 35$ ).

- Avec :
- Fc28 = 25 MPa.
- $\gamma_b = 1,5$ .
- $\gamma_s = 1,15$ .
- Fe = 400 MPa.
- $\theta = 1$

D'après le règlement BAEL91 modifiée99 :

Br : la section réduite de poteaux.

$$Br \geq \frac{1,2 \times 1,6215}{\frac{14,2}{0,9} + \frac{0,85 \times 0,9 \times 400}{100 \times 1,15}}$$

$$Br \geq 0,073 \text{ m}^2$$

- Pour un poteau rectangulaire :  $Br = (a - 0,02) \times (b - 0,02) \text{ m}^2$

Sur un :  $Br = (a - 0,02) \times (b - 0,02)$

$Br = (a - 0,02)^2 \rightarrow$  section carrée

$$Br = (a - 0,02)^2 \geq 0,105$$

$$Br = (a - 0,02) \geq \sqrt{0,105}$$

$$a - 0,02 \geq 0,32$$

$$a \geq (0,27 + 0,02)$$

$$a \geq 34 \text{ cm.}$$

on prend  $a = b = 35 \text{ cm}$

• Vérification d'après le RPA 99 version 2003 :

$$\text{Min}(a, b) \geq 30 \text{ cm} \dots\dots\dots 35 \text{ cm} \geq 30 \text{ cm (Condition vérifiée).}$$

$$\text{Min}(a, b) \geq f_e / 20 \dots\dots\dots 30 \text{ cm} \geq 360 / 20 = 18 \text{ cm (Condition vérifiée).}$$

$$1/4 \leq a/b \leq 4 \dots\dots\dots 0,25 \leq 1 \leq 4 \text{ (Condition vérifiée).}$$

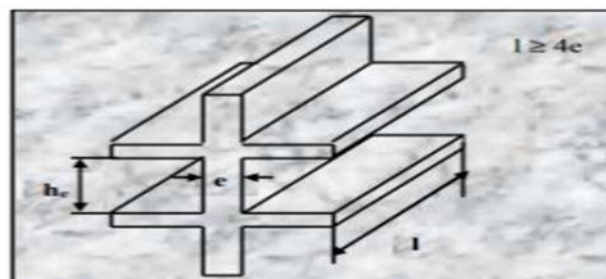
Niveaux	N	S (m <sup>2</sup> )	Nu (MN)	(a×b)cm <sup>2</sup>	Condition
RDC	1	16,125	1,6215	35×35	Cv
Étage 1	2	16,125	1,45125	35×35	Cv
Étage 2	3	16,125	1,29	30×30	Cv
Étage 3	4	16,125	1,12875	30×30	Cv
Étage 4	5	16,125	0,9675	30×30	Cv
Étage 5	6	16,125	0,80625	30×30	Cv
Étage 6	7	16,125	0,645	30×30	Cv
Étage 7	8	16,125	0,48375	30×30	Cv
Étage 8	9	16,125	0,3225	30×30	Cv
Étage 9	10	16,125	0,1625	30×30	Cv

**Tableau. I. 4:**Récapitulation des pré dimensionnement des poteaux du bâtiment R+9.

### I.6.5 Pré dimensionnement Les voiles :

Les voiles sont des murs en béton armé servent d'une part à contreventé le bâtiment en reprenant les efforts horizontaux (séisme et vent) et d'autre part de reprendre les efforts verticaux qu'ils transmettent aux fondations.

D'après le RPA 99 article 7.7.1« les éléments satisfaisants la condition ( $L > 4 e$ ) sont considérés comme des voiles, contrairement aux éléments linéaires. [1]



**Figure I. 8:**Coupe d'un voile en élévation. [1]

Avec :

L : porté du voile.

e : épaisseur du voile.



L'épaisseur minimale est de 15 cm ». de plus l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage 'fe' et des conditions de rigidité aux extrémités.

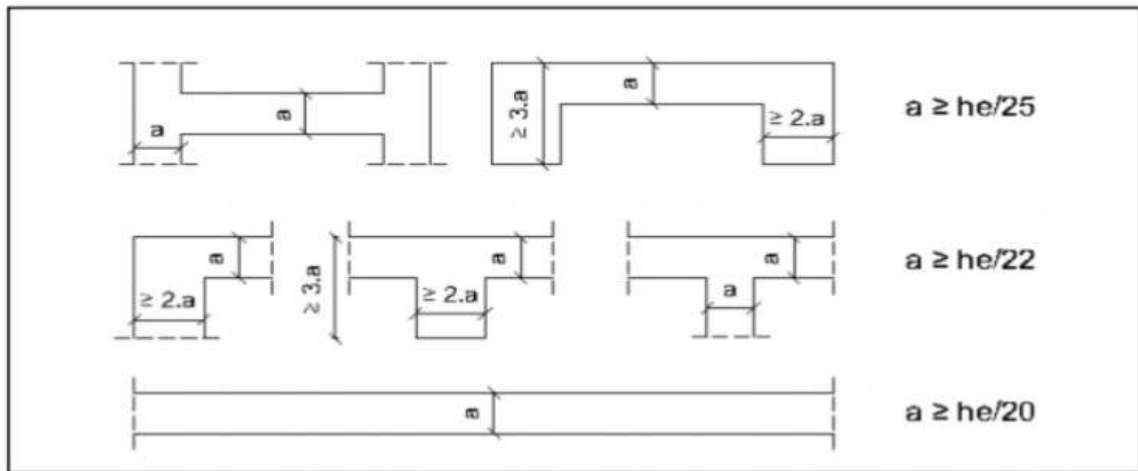


Figure I. 9: Coupe d'un voile en plan. [1]

**Dans notre cas :**

$$he = 3.06 - 0.16 = 2.9\text{m.}$$

$$a_1 \geq \frac{he}{25} = \frac{2.9}{25} = 11,6\text{cm.}$$

$$a_2 \geq \frac{he}{22} = \frac{2.9}{22} = 13,18\text{cm.}$$

$$a_3 \geq \frac{he}{20} = \frac{2.9}{20} = 14,5\text{cm.}$$

$$a \geq \max (a_1, a_2, a_3, 15\text{cm}) \rightarrow \text{on prend alors : } a = 20 \text{ cm.}$$

Pour tous les voiles et suivant toute la hauteur de la structure on prend  $a = 20\text{cm}$ .

### I.6.6 Pré dimensionnement Les escaliers :

Un escalier se compose d'un certain nombre de marches de largeur « g » appelé giron et de contre marche de hauteur « h » reliant deux marches successives La largeur d'un escalier est appelée emmarchement, La dalle inclinée supportant les marches et contres marches est appelée « paillasse »

La volée « V » est l'ensemble des marches réunissent deux paliers (palier de départ et Palier d'arrivée). [8]

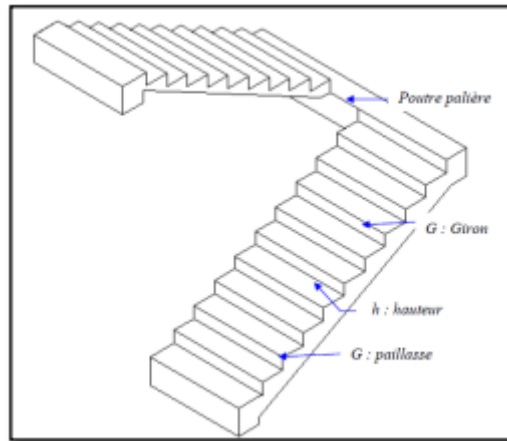


Figure I. 10: dessin détaillé d'escaliers. [1]

Pour le dimensionnement de la marche « g » et la hauteur de contre marche « h », on utilise la formule de « **BLONDEL** ».

$$59 \leq g + 2h \leq 64.$$

Nombre de contre marches :

$$\text{On a : } n = \frac{H}{h}$$

he : La hauteur de l'étage  $fe = 3.06$  m

H : hauteur de la volée  $H = fe / 2 = 1.53$  m

h : La hauteur de contre marche

On choisit une hauteur de contre marche de 17 cm (bâtiment en usage d'habitation)

$$N = \frac{H}{h} = \frac{fe}{2h} = \frac{3.06}{2 \times 17} = 9 \text{ contre marche}$$

$$M = n - 9 = 8 \text{ marches}$$

Le giron :

Selon la formule de BLONDEL :

$$58 \text{ cm} \leq g + 2h \leq 64 \text{ cm}$$

$$24 \text{ cm} \leq g \leq 30 \text{ cm}$$

On prend donc :  $h = 17$  cm et  $g = 30$  cm

- vérification de la formule de BLONDEL :

$$58\text{cm} \leq 30+2 \times 17 \leq 64\text{cm} \dots\dots \text{Vérfié.}$$

Epaisseur de la paillasse :

$$L/30 < e < L/20$$

$$L = \frac{L_v}{\cos \alpha} + L_p$$

$$\tan \alpha = \frac{h}{g} = 0,567$$

$$\alpha = 29,54^\circ$$

Longueur de la volée projetée (Ox) :  $L_v = g \times m = 30 \times 8 = 240 \text{ cm}$

La longueur de la paillasse :  $l_p = (4.1 - 0.3) - 2.4 = 1.4 \text{ m}$

La longueur développée :  $L = l_v + L_p = 2.85 + 1.4 = 4.25 \text{ m}$

$$\text{AN : } L = \frac{2,4}{\cos(29,54)} + 1,4$$

$$4,16/30 = 13,86 \leq e \leq 4,16/20 = 20,8$$

Donc on prend l'épaisseur de la paillasse :  $e = 15 \text{ cm}$ .

### I.6.7 Pré dimensionnement Acrotère :

Le but de l'acrotère est assuré la sécurité totale au niveau de la terrasse.

L'acrotère est sollicité à la flexion composée, Il a été calculé comme étant une console encastrée au niveau de plancher terrasse.

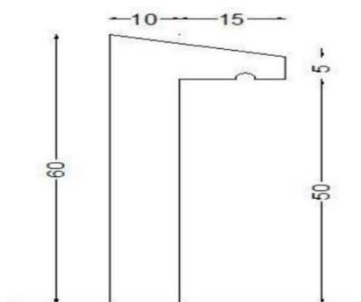


Figure I. 11: schéma de l'acrotère. [7]

Les calculs :

1/ on calcul la surface :

$$S = (0,1 \times 0,5) + (0,05 \times 0,25) + (0,25 \times 0,05 \div 2) \quad S = 0,06875 \text{ m}^2$$

$$G \text{ acrotère} = S \times 25 \text{ [25kN/m}^3 \text{: poids propre de béton].}$$

$$G \text{ arc} = 0,06875 \times 25 = 1,72 \text{ KN/m}$$

2/On calcule le périmètre de la section acrotère :

$$P = 0,255 + 0,05 + 0,15 + 0,5 + 0,1 + 0,6$$

$$P = 0,66 \text{ m}$$

$$\text{Enduit en Ciment de 2 cm : } 1,66 \times 0,02 = 0,033.$$

## I.7 Détermination de la descente de charge :

### •Plancher terrasse inaccessible :

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Dalle en corps creux	0,16+0,05	/	2,80
Liège	0,04	4	0,16
Forme de pente	0,1	22	2,2
Étanchéité multicouche	0,02	6	0,12
Protection gravillon	0,05	16	0,80
Enduit plâtre	0,03	10	0,3
Charge permanente totale			G=6,38(KN/m <sup>2</sup> )
Surcharge d'exploitation			Q=1(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 5:**descente de charge du Plancher terrasse inaccessible.

• **Plancher RDC et étage courant :**

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Carrelage	0,02	22	0,44
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Chape de connections	0,02	18	0,36
Dalle pleine	0,21	/	2,8
Enduit plâtre	0,03	10	0,3
Cloisons de séparation	0,1	10	1
Charge permanente totale			G=5,3(KN/m <sup>2</sup> )
Surcharge d'exploitation			Q=1,5(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 6:**descente de charge du Plancher étage courant.

• **Plancher balcon :**

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Dalle pleine	0,16	25	4
Mortier de pose	0,02	20	0,4
Chape	0,02	22	0,44
Carrelage	0,02	18	0,36
Enduit de ciment	0,02	20	0,4
Cloisons de séparation	0,1	10	1
Charge permanente totale			G=6,6(KN/m <sup>2</sup> ).
Surcharge d'exploitation			Q=3,5(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 7:**descente de charge du la dalle pleine (balcon).

• **Les Voiles :**

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Poids propre de voile	0,2	25	5
Enduit du plâtre	0,03	10	0,3
Enduit du ciment	0,02	20	0,4
Charge permanente totale			G 5,7(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 8:**descente de charge des voiles.

• **Maçonnerie :**

→Mur extérieur :

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Enduit intérieur en ciment	0,02	20	0,4
Brique creuse	0,15	9	1,35
Brique creuse	0,1	9	0,9
Enduit extérieur en ciment	0,02	20	0,9
Charge permanente totale			G=3,05(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 9:**descente de charge de Maçonnerie (mur extérieur).

→Mur intérieur :

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Enduit intérieur en ciment	0,02	20	0,4
Brique creuse	0,15	9	1,35
Enduit extérieur en ciment	0,02	20	0,4
Charge permanente totale			G=2,15(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 10:**descente de charge de Maçonnerie (mur intérieur).

• **Acrotère :**

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Poids propre de d'acrotère	/	25	1,72
Enduit du ciment	0,033	20	0,66
Charge permanente totale			G=2,38(KN/m <sup>2</sup> )
Surcharge d'exploitation			Q=1(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 11:**descente de charge d'acrotère.

• **les Escaliers :**

→Volée :

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Poids propre de paillasse	0,15	25	4,31
Marche	0,17	22	1,87
Mortier de pose horizontal	0,02	20	0,4
Cardage horizontal	0,02	22	0,44
Grade corps	/	/	1
Mortier de pose vertical	0,03	20	0,6
Carrelage verticale	0,02	22	0,44
Enduit en ciment	0,02	20	0,4
Charge permanente totale			G=9,46(KN/m <sup>2</sup> )
Surcharge d'exploitation			Q=2,5(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I . 12:**descente de charge de volée.

→Palier :

Désignation	Épaisseur(m)	$\rho$ (kN/m <sup>3</sup> )	G (kN/m <sup>2</sup> )
Poids propre de dalle	0,15	25	3,75
Mortier de pose	0,33	20	0,6
Carrelage	0,02	22	0,44
Enduit en ciment	0,02	20	0,4
Charge permanente totale			G=5,19(KN/m <sup>2</sup> )
Surcharge d'exploitation			Q=2,5(KN/m <sup>2</sup> )

**Tableau. I. 13:**descente de charge de palier.

## I.8 Conclusion :

Dans ce chapitre une présentation détaillée a été menée pour les cas d'étude de ce mémoire en termes de géométrie, caractéristique des matériaux et prédimensionnement.

Les dimensions des différents éléments de notre bâtiment sont considérées comme suit :

Dalle pleine :  $e = 16$ .

- Planchers corps creux=16+5 cm.
- Poutres principales : (40 x30) cm<sup>2</sup>.
- Poutres secondaires (35 x30) cm<sup>2</sup>.
- Poteaux de RDC : (30 x30) cm<sup>2</sup> Pour (R+3) ;(R+6).
- Poteaux de RDC : (35 x35) cm<sup>2</sup>Pour(R+9).
- Escaliers: -g =30cm.
  - h=17cm.
  - épaisseur =15cm.
  - Voile de 20 cm d'épaisseur.





***Chapitre II :***  
*Généralités de*  
conception et  
l'étude  
sismique.

## II.1. Introduction :

Dans Ce chapitre, des généralités sur les études sismiques va être abordée ainsi que les concepts fondamentaux des séismes, les méthodes de calcul parasismique, telles que celles stipulées dans le RPA99, fournissant un cadre réglementaire pour concevoir des bâtiments capables de résister aux forces sismiques.

## II.2 Définitions d'un Séisme :

Un séisme, aussi appelé tremblement de terre, est un phénomène géologique, qui résulte d'une libération brutale de l'énergie potentielle accumulée dans les roches par, le jeu des mouvements relatifs des différentes parties de l'écorce terrestre. Lorsque les contraintes dépassent un certain seuil, une rupture d'équilibre se produit et donne naissance aux ondes sismiques qui se propagent Dans toutes les directions et atteignent la surface du sol.

La science qui étudie ces phénomènes est la sismologie (pratiquée par les sismologues) et L'instrument de mesure principal est le sismographe (qui produit des sismogrammes).

Un séisme est défini par :

- **Un foyer** : : C'est le point origine de la rupture au sein de l'écorce terrestre, là où l'énergie est libérée. [9]
- **Un épicentre** : L'épicentre est un point situé à la surface du sol à la verticale du foyer. [9]
- **Une magnitude** : elle indique l'énergie libérée au foyer du séisme sous forme d'ondes

Sismiques, et ne donne pas d'information directe quant à l'action sismique appliquée à une Construction a un endroit donné. L'échelle la plus utilisée est l'échelle de Richter, théoriquement

Sans limite, les valeurs les plus élevées observées n'ont pas dépassé 9.

- **Une intensité** : elle correspond à l'évaluation des dégâts observés sur le terrain en un site  
Donné.

### **II.3 Une construction parasismique :**

Une construction parasismique est une construction qui est capable de résister à un niveau d'agression sismique défini réglementairement pour chaque zone de sismicité. Pour ce niveau elle peut alors subir des dommages irréparables mais elle ne doit pas s'effondrer sur ses occupants.

L'objectif principal des règles de construction parasismique est la sauvegarde du maximum de vies humaines.

En cas de secousse plus modérée, l'application des règles parasismiques doit aussi permettre de limiter les pertes économiques. [10]

#### **Le principe de la construction parasismique repose sur cinq piliers indissociables :**

- Le choix du site d'implantation est primordial.
- La conception architecturale doit également être parasismique, en termes d'implantation judicieuse du bâtiment sur le site, et en termes de type d'architecture.
- Le respect des règles parasismiques constitue une nécessité. Pour la construction Neuve, elles fixent les niveaux de protection requis par région et par type de bâtiment.
- La qualité de l'exécution concerne non seulement les matériaux et éléments non Structuraux (couplages et joints), mais également le respect des règles de l'art.
- La maintenance des bâtiments permet de garantir l'efficacité de la construction Parasismique sur le long terme. [10]

### **II.4 Les conséquences d'un séisme :**

Les conséquences d'un séisme peuvent être graves et variées. Parmi les principales Conséquences, on trouve :

1. Dommages structurels : Les bâtiments, ponts et autres structures peuvent subir des dégâts importants, entraînant des effondrements.
2. Pertes humaines : Les séismes peuvent causer des pertes de vies humaines en raison des

Effondrements, des glissements de terrain et d'autres dangers associés.

3. Tsunamis : Dans certaines régions, les séismes sous-marins peuvent déclencher des tsunamis, provoquant des vagues géantes pouvant inonder les zones côtières.

4. Déplacements de population : Les séismes peuvent forcer des communautés entières à quitter leur domicile en raison des dégâts ou des dangers persistants.

5. Perturbations économiques : Les infrastructures endommagées peuvent entraîner des pertes économiques significatives, tandis que la reconstruction nécessite des ressources considérables.

6. Impact sur l'environnement : Les séismes peuvent entraîner des changements dans le paysage, des glissements de terrain, et des altérations dans les cours d'eau.

## **II.5 Règlement parasismique algérien RPA99 :**

RPA99 fait référence au Règlement Parasismique Algérien de 1999. Ce règlement établit les normes et les exigences de construction pour les bâtiments en Algérie afin de les rendre plus résistants aux séismes. Il définit les critères de conception, les charges sismiques et les méthodes de construction pour assurer la sécurité des bâtiments.

## **II.6 Les choix de la méthode de calcul :**

L'étude sismique a pour but de calculer les forces sismiques : ces calculs peuvent être menés par trois méthodes qui sont les suivantes :

- La méthode statique équivalente.
- La méthode d'analyse modale spectrale.
- La méthode d'analyse dynamique par accélérogramme.

## **II.7 la méthode statique équivalente :**

C'est une méthode simple qui traite seulement du 1er mode de vibration et elle néglige les autres modes. Dans cette méthode le RPA99 version 2003 propose de remplacer les forces réelles Dynamiques engendrées par un séisme, par un système de forces statiques fictives dont les effets seront identiques.

### **II.7.1 Conditions d'application de la méthode :**

- a) Le bâtiment ou le bloc doit respecter les critères de régularité en plan et en élévation, avec des hauteurs maximales de 65m en zones I et II, et de 30m en zone III.
- b) Le bâtiment ou le bloc peut présenter une configuration irrégulière, mais doit également respecter les conditions supplémentaires spécifiées pour chaque zone et type de groupe d'usage, en fonction de la hauteur maximale autorisée pour chaque type.

### **II.7.2 Modélisation :**

- a) Le modèle de bâtiment à utiliser dans chacune des deux directions de calcul est plat, avec une grande concentration au centre de gravité des planches et un seul degré de liberté en translation horizontale par niveau, à condition que les deux (2) directions s'opposent les systèmes ne se déconnectent pas.
- b) Pour les constructions en béton armé ou en maçonnerie, la rigidité latérale des éléments porteurs du système de contreventement est calculée à constituer des sections non fissurées.
- c) Le seul mode de vibration que la structure doit prendre en compte lors du calcul de la force sismique totale.

### **II.7.3 Calcul de la force sismique totale :**

La force sismique totale  $V$ , appliquée à la base de la structure, doit être calculée selon le RPA99 (art 4.2. 3) :

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

Tel que :

➤  $A$  : coefficient d'accélération de zone :

Ce coefficient correspond à une accélération maximale du sol sur une période de

Temps déterminés, cette accélération ayant une probabilité plus ou moins grande de se

Produire.

-Le coefficient  $A$  dépend de deux paramètres :

- Le groupe d'usage ou groupe d'importance dans lequel est classée la structure :

La structure peut se classer dans quatre groupes par ordre décroissant d'importance,

Chaque groupe étant classé suivant le risque qu'à la structure de subir un séisme

D'intensité donnée. [10]

- La zone sismique : Les régions algériennes sont divisées en cinq (05) zones sismiques croissantes, comme indiqué sur la carte sismique. Ces zones comprennent :

- Zone O : caractérisée par une sismicité insignifiante
- Zone I : présentant une faible activité sismique
- Zones II a et II b : affichant une activité sismique modérée
- Zone III : marquée par une activité sismique élevée.

Le tableau décrit à l'article 4.2.3 du RPA 99 version 2003 résume les valeurs de A en fonction de ces deux paramètres.

- D : facteur d'amplification dynamique moyen :

Ce facteur est une courbe enveloppe donnant des valeurs d'amplification de

L'accélération du sol en fonction de la catégorie de site, du facteur de correction

D'amortissement «  $\eta$  » et de la période de la structure « T ».

Ce facteur est classé selon 4 types de sol :

- Catégorie S1 « site rocheux »
- Catégorie S2 « site ferme »
- Catégorie S3 « site meuble »
- Catégorie S4 « site très meuble ». [10]

- Q : facteur de qualité

Le facteur de qualité de la structure est en fonction de :

- La redondance et la géométrie des éléments qui la constituent

- La régularité en plan et en élévation.
- La qualité du contrôle de la construction.

La valeur de Q est déterminée par la formule :

$$Q = 1 + \sum_{q=1}^6 P_q$$

Tel que :

- $P_q$  : est la pénalité à retenir selon que le critère de qualité « q » est satisfait ou non.

Ses valeurs sont représentées au tableau : 4.4 du RPA99/3009.

Les critères de qualité "q" à vérifier sont :

- 1-Conditions minimales sur les files de contreventement.
- 2-Redondance en plan.
- 3-Régularité en plan.
- 4-Régularité en élévation.
- 5-Contrôle de la qualité des matériaux.
- 6-Contrôle de la qualité de l'exécution. [11]

➤ R : coefficient de comportement globale de la structure :

Sa valeur unique est donnée par le tableau : 4.3 de RPA99/2003 en fonction du système de contreventement.

➤ W : poids de la structure.

W est égale à la somme des poids  $W_i$  calculées à chaque niveau i :

$$W = \sum W_i \quad [11]$$

Avec  $W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$  [11]

Tel que :

- $W_{Gi}$  : poids dus aux charges permanentes et à celles des éventuelles solidaires de la Structure.

- $W_{Qi}$  : charge d'exploitation
- $\beta$  : coefficient de pondération, il est donné en fonction de la durée de la charge

D'exploitât

Ion qui caractérise le type de l'ouvrage. Il est représenté par le tableau 4.5 du RPA99/2003.

## **II.8 La méthode modale spectrale :**

C'est une méthode basée sur le calcul numérique des différents modes de vibrations, le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul.

### **II.8.1 Conditions d'application de la méthode :**

La méthode dynamique est une méthode générale et plus particulièrement quand la méthode Statique équivalente n'est pas appliquée. [6]

### **II.8.2 Modélisation :**

- a) Pour les bâtiments avec des plans réguliers et des panneaux rigides, l'analyse est effectuée séparément dans les deux orientations principales du bâtiment. Un modèle en plan est utilisé avec un seul degré de liberté en translation horizontale, les masses étant concentrées aux centres de gravité des planchers.
- b) Les constructions irrégulières en plan, avec des planchers rigides et sujettes à la torsion, sont représentées par un modèle tridimensionnel avec trois degrés de liberté, incluant deux translations horizontales et une rotation verticale.
- c) Les structures, régulières ou non, avec des planchers flexibles, sont représentées par des modèles tridimensionnels avec plusieurs degrés de liberté par plancher.
- d) La déformabilité du sol de fondation doit être prise en compte lorsque la réponse de la structure en dépend significativement.
- e) Le choix du modèle de bâtiment doit refléter au mieux les distributions des rigidités et des masses pour tenir compte de tous les modes de déformation significatifs dans le calcul des forces sismiques.
- f) Pour les bâtiments en béton armé ou en maçonnerie, la rigidité des éléments porteurs doit être calculée en considérant les sections non fissurées. En cas de déplacements



critiques, une estimation plus précise de la rigidité est nécessaire en prenant en compte les sections fissurées. [11]

### II.8.3 Spectre de réponse de calcul :

L'action sismique est représentée par le spectre de réponse suivant [11]:

$$\frac{s_a}{g} = \begin{cases} 1,25 \left( 1 + \frac{T}{T_1} \left( 2,5\eta \cdot \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2,5\eta(1,25A) \left( \frac{Q}{R} \right)^{2/3} & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2,5\eta(1,25A) \left( \frac{Q}{R} \right) \left( \frac{T_2}{T} \right) & T_2 \leq T \leq 3s \\ 2,5\eta(1,25A) \left( \frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \left( \frac{3}{T} \right)^{5/3} \left( \frac{Q}{R} \right) & T \geq 3s \end{cases}$$

Tel que :

- A : coefficient d'accélération de zone.
- $\eta$  : coefficient de correction d'amortissement.
- Q : facteur de qualité.
- T : période de la structure.
- T1, T2 : périodes caractéristiques associées à la catégorie du site.
- R : coefficient de comportement.
- $\eta$  : coefficient de correction d'amortissement, donnée par la formule suivante :

$$\eta = \sqrt{\frac{7}{2 + \varepsilon}} \geq 0,7$$

Avec :

- $\xi$  : pourcentage d'amortissement critique donnée par le tableau 4.2 du RPA99/2003.

## **II.9 Méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes :**

Est une méthode de calcul parasismique qui utilise des enregistrements d'accélération (accélérogrammes) de séismes réels pour évaluer la réponse sismique d'une structure. Les accélérogrammes sont appliqués comme excitations à la structure pour simuler le mouvement du sol pendant un séisme réel. Cette méthode permet une représentation plus réaliste des caractéristiques dynamiques du sol et de la structure, mais elle est plus complexe et nécessite des données précises sur les accélérogrammes du séisme considéré.

### **II.9.1 Conditions d'application de la méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes :**

La méthode d'analyse dynamique par accélérogrammes peut être utilisée au cas par cas par un personnel qualifié, ayant justifié auparavant les choix des séismes de calcul et des lois de comportement utilisées. [12]

\* Ainsi que la méthode d'interprétation des résultats et les critères de sécurité à satisfaire.

## **II.10 Conclusion :**

Une brève présentation des méthodes de calcul parasismique a été présentée dans ce chapitre. Dans la partie suivante, l'application de ces méthodes va être abordée en fonction des conditions d'utilisation de chacune des dites méthodes



### ***Chapitre III :***

L'effet combiné de la hauteur totale du bâtiment et de site d'implantation sur le comportement dynamique.

### **III.1 Introduction :**

L'étude du comportement dynamique des bâtiments sous l'influence des séismes est l'un des aspects les plus importants du génie parasismique.

La réponse des bâtiments est grandement affectée par leur hauteur totale et les caractéristiques du site. L'objet de ce travail est d'examiner l'effet combiné de l'élançement du bâtiment et du site d'implantation sur le comportement dynamique des trois types de structures choisis comme cas d'étude. Les trois bâtiments étudiés sont : R+3, R+6 et R+9. Les quatre sites proposés par le RPA99 version 2003 ont été choisis comme emplacement de chaque cas d'étude.

### **III.2 Présentation de l'logiciel sap2000 :**

Le but de la présentation du programme SAP2000 est de décrire de manière approximative le comportement de l'ouvrage dans diverses conditions. La méthode des éléments finis (MEF) est généralement utilisée pour cette approche, ce qui demande un investissement considérable en temps et une maîtrise des sciences de l'ingénieur, telles que la mécanique des milieux continus, la rhéologie des matériaux et le calcul numérique par ordinateur. Le SAP2000v14 a été opté, c'est un logiciel de conception et de calcul des structures d'ingénierie spécialement conçu pour les bâtiments et les ouvrages civils, parmi la multitude de logiciels disponibles dans le domaine du génie civil. Ce programme offre la possibilité de saisir des ouvrages en trois dimensions, en utilisant une bibliothèque d'éléments qui offre une représentation réaliste du comportement des différentes structures. De plus, il propose de multiples options d'analyse statique et dynamique, ainsi que des caractéristiques de conception et de vérification pour les structures en béton armé et en charpente métallique. L'emploi d'un logiciel graphique simplifie considérablement l'analyse des résultats et la rédaction de rapports explicatifs.

### **III.3 Modélisation :**

#### **Les étapes de modélisation d'une structure utilisant SAP2000 :**

1. Créer un modèle et sélectionner le type de structure.
2. Définir les caractéristiques des matériaux.

3. Affecter les sections aux éléments de la structures.

4. Appliquer les conditions aux limites.

5. Détermination des charges : pour notre cas on a trois types :

-La charge permanente G

-La charge d'exploitation Q.

-Les forces sismiques E.

6. Détermination des combinaisons normales et accidentelle [11]

-1.35G + 1.5Q.

- G + Q.

- G + Q ± Ex.

- G + Q ± Ey.

-G + Q ±1.2 Ex.

- G + Q ±1.2 Ey.

- 0.8G ± Ex.

-0.8G ± Ey.

7. Calcul de la masse :

On calcul la masse des planchers en prenant en compte la quantité  $\beta Q$  correspondant à la surcharge d'exploitation (notamment  $\beta = 0,2$ ) [RPA99/version2003].

On introduit implicitement la masse des éléments modélisés en prenant en compte le poids volumique correspondant à celui du béton armé, soit 25KN/m<sup>3</sup>.

Les poutres concernées ont reçu une répartition de la masse des éléments concentrés non structuraux tels que l'acrotère et les murs extérieurs (maçonnerie).

8. Etablissement de maillage.

9.Lancement de l'analyse.

### III.4 Spectre de réponse :

En fonction des conditions d'application, deux types de types d'analyses ont été abordé, à savoir la méthode statique équivalente et la méthode spectrale

En ce qui concerne le spectre de réponse, le RPA fournit les paramètres sismiques introduits concernant l'emplacement de l'implantation du bâtiment. Ils s'appliquent principalement à la zone sismique, au type de sol et à la classe du bâtiment. Le fichier conçu par le CGS présente ce spectre, ce qui donne le spectre de réponse du RPA99. Dans ces figures, vous trouverez des exemples du spectre de réponse trouvé pour le cas du bâtiment R+3 dans différents sites (S1, S2, S3, S4).

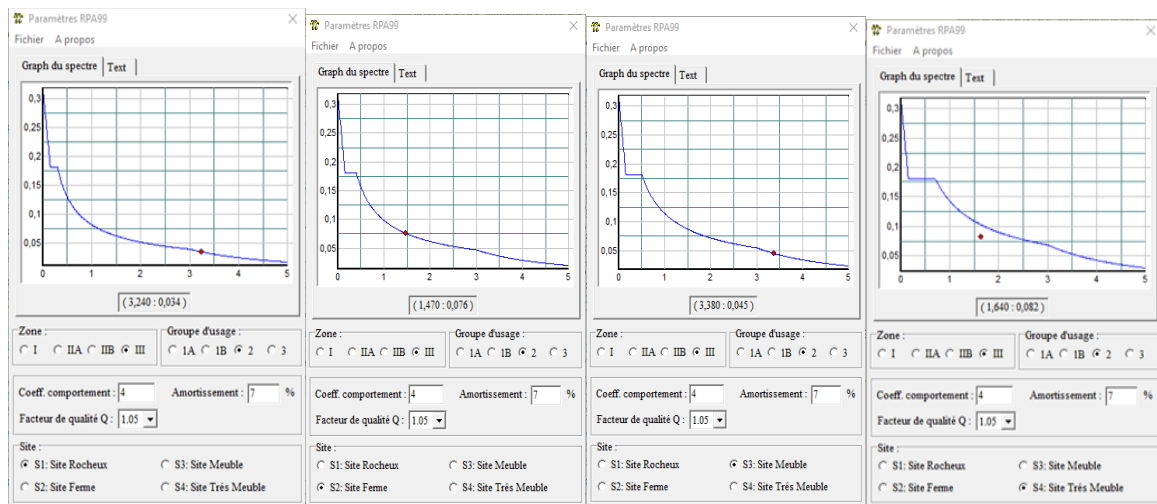


Figure III. 1 : les spectres de réponse du bâtiment R+3 pour différents sites.

### III.5 Vérification vis à vis les règles parasismiques :

#### III.5.1 Estimation de la période fondamentale de la structure

(RPA 99V2003 art 4.2.4)

$$T = \min \left( c_T \times (h_N)^{\frac{3}{4}}, \frac{0,09 \times h_N}{\sqrt{L}} \right)$$

Avec :

L = distance du bâtiment mesuré à la base dans deux direction x et y.

$h_N$  = hauteur mesurée à partir de la base de structure jusqu'au dernier niveau.

$h_N = 12,24$  pour bâtiment R+3.

$h_N = 21,42$  pour bâtiment R+6.

$h_N = 30,6$  pour bâtiment R+9.

$c_T$ : coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage.

Pour notre cas on a :

$c_T = 0.05$ .

Pour bâtiments R+3 :

$T = \min(0,237s ; 0,24s ; 0,235s)$

$T = 0,235s$

Pour battements R+6:

$T = \min(0,49s ; 0,41s ; 0,42s)$

$T = 0,41s$ .

Pour bâtiments R+9 :

$T = \min(0,65s ; 0,59s ; 0,60s)$

$T = 0,59s$ .

D'après RPA99V2003 art (4.2.44) la période fondamentale statique T doit être majorée de 30%. Soit :

$$T_{SAP} \leq 1,3 \times T_{est}$$

Pour bâtiments R+3 :

$$0,231s \leq (1,3 \times 0,235) s$$

$0,231s \leq 0,3055 s$  condition vérifiée

Pour bâtiments R+6 :

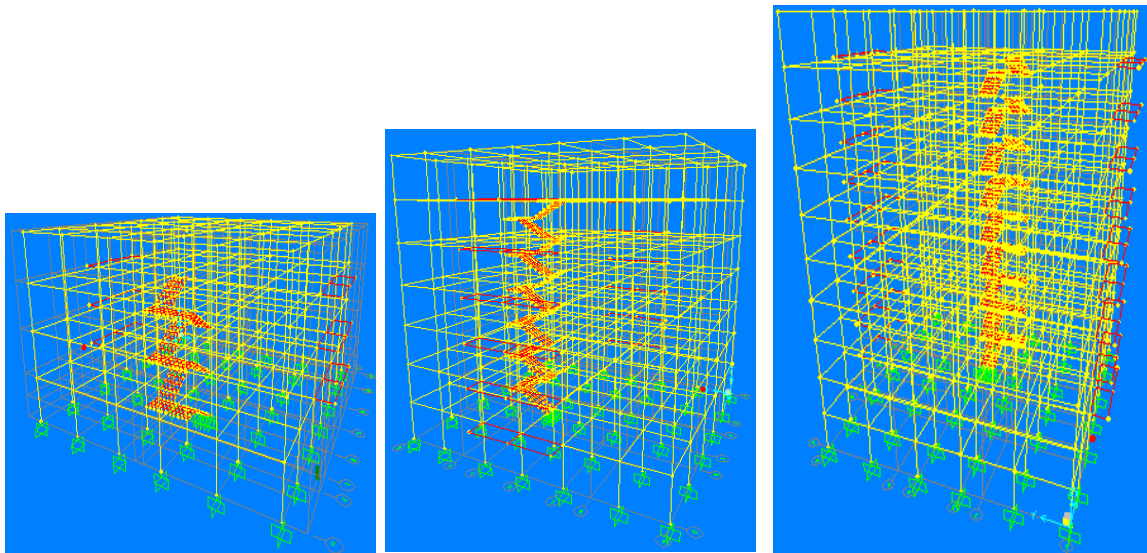
$$0,367s \leq (1,3 \times 0,41) s$$

$0,367s \leq 0,533 s$  condition vérifiée.

Pour bâtiments R+9 :

$$0,445s \leq (1,3 \times 0,59) s$$

$0,445s \leq 0,767s$  condition vérifiée.

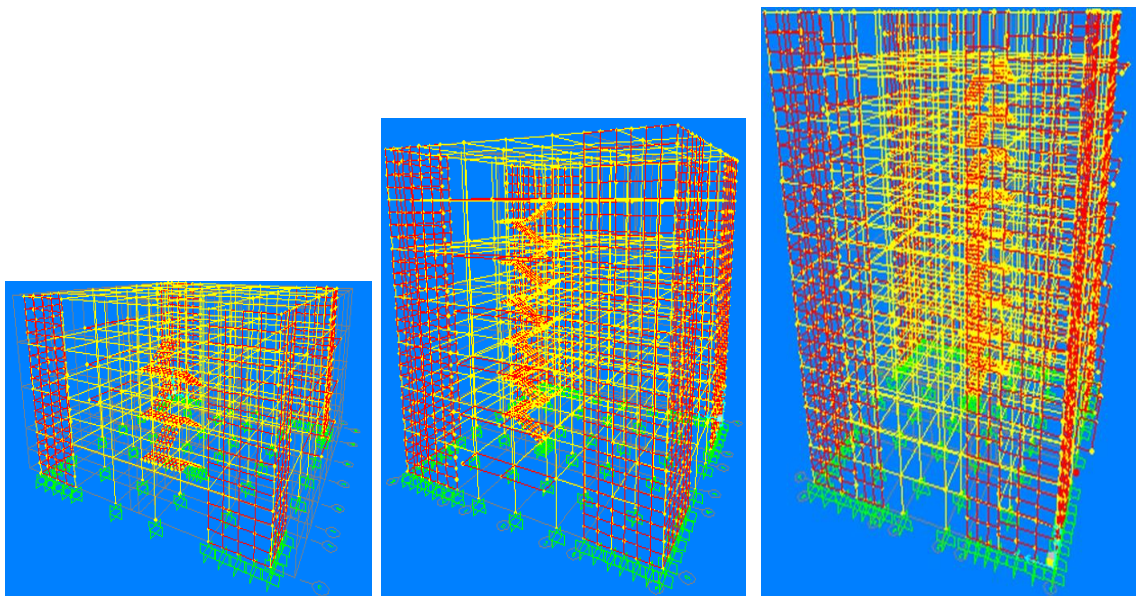


**Variante 1 : R+3**

**Variante 2 : R+6**

**Variante 3 : R+9**

**Figure III. 2:** les différents niveaux étudiés sans mur voiles.



**Variante 1 : R+3**

**Variante 2 : R+6**

**Variante 3 : R+9**

**Figure III. 3:** les différents niveaux étudiés avec mur voiles.



### III.6 Analyse des résultats :

Dans cette partie les résultats vont être présentés en fonction du cas d'étude et de la méthode de calcul dynamique (méthode statique équivalente ou bien méthode modale spectrale)

#### III.6.1 participations des masses :

Nbre d'étage	Nbre de mode	Participation massique suivant x	Participation massique suivant y
R+3	40	91.134%	73.629%
	53	93.042%	90.175%
R+6	31	89.749 %	90.059%
	70	90.073%	90.383%
R+9	86	90,825%	88,023%
	100	93,638%	93,562%

Tableau III. 1: Modes propres de la structure.

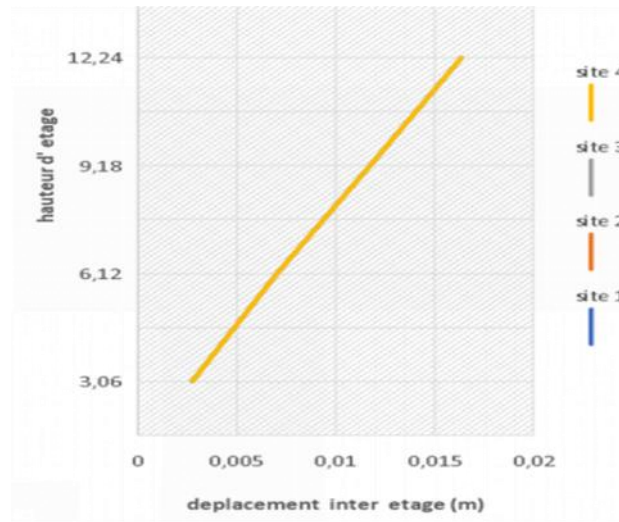
Dans ce tableau qui montre le nombre d'étages et leur relation avec le nombre de modes. On remarque qu'à mesure que le nombre d'étages augmente, le nombre de modes augmente pour atteindre 90% de la participation massique suivantes x et y.

#### III.6.2 Influence du site :

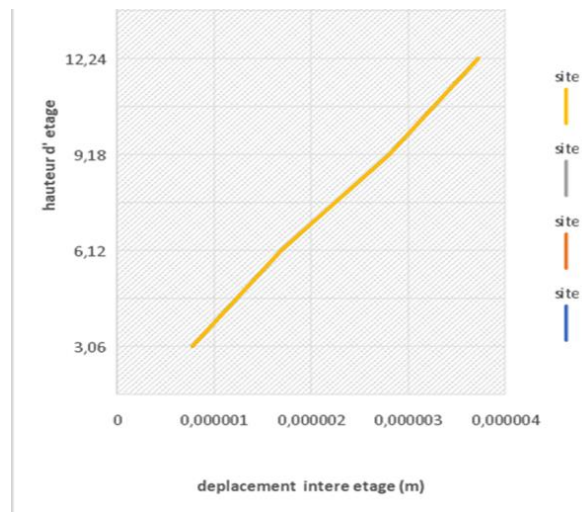
Dans cette partie, l'effet de la catégorie du site sur le déplacement inter étage des bâtiments a été abordé

##### III.6.2.1 Influence du site sur le déplacement :

-Cas d'étude R+3 représente La méthode statique équivalent :



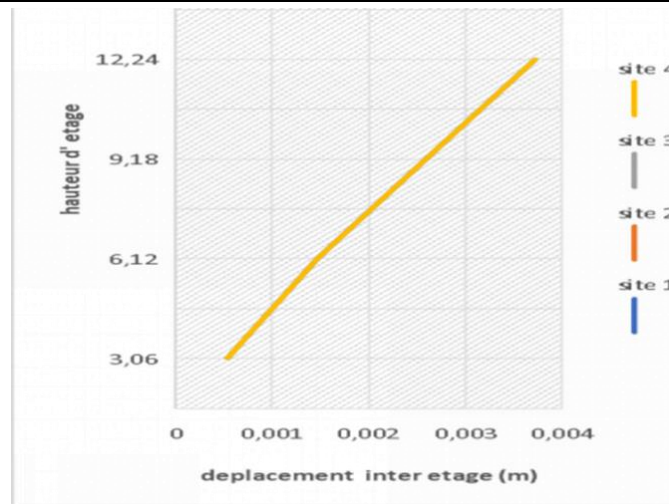
**Figure III. 4:**effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant X pour le cas R+3 utilisant La méthode statique équivalent.



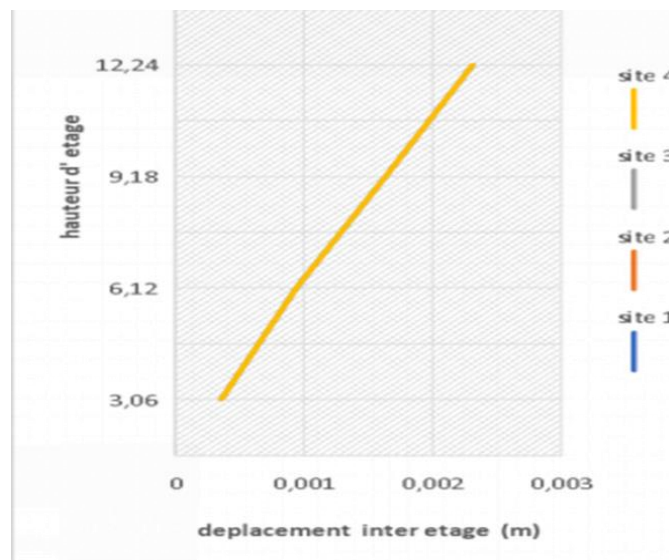
**Figure III. 5:**effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant Y pour le cas R+3 utilisant La méthode statique équivalent.

On remarque d'après ces figures III.4 et III.5, il semble que les déplacements absolue suivant x et y, pour un bâtiment R+3 soient uniformes, indépendamment du site. Cela suggère qu'il n'y a pas d'effet majeur des différents sites sur ces déplacements dans ce cas précis, pour méthode statique équivalent.

**-Cas d'étude R+3 représente La méthode dynamique modale spectrale :**



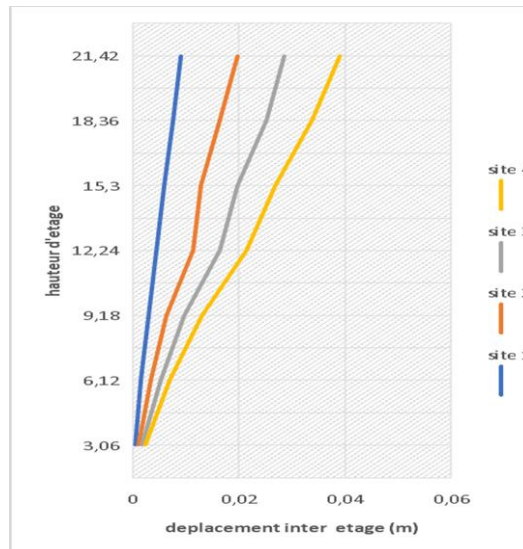
**Figure III. 6:**effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant X pour le cas R+3 utilisant La méthode dynamique modale spectrale.



**Figure III. 7:**effet du site sur le déplacement horizontal absolue suivant Y pour le cas R+3 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

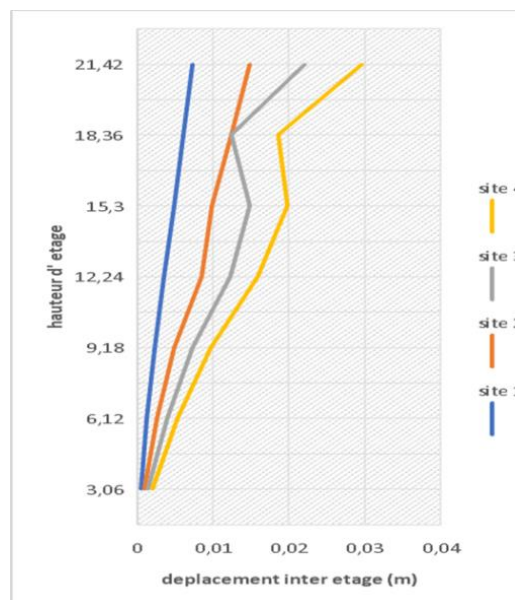
On remarque d'après ces figures III.6 et III.7, les déplacements inter étage suivant x et y, pour bâtiment R+3 on remarque les déplacements sont égaux quel que soit le site. Les sites n'ont montré aucun effet majeur sur les déplacements dans ce cas précis, pour la méthode dynamique modale spectral.

**-Cas d'étude R+6 représente La méthode dynamique modale spectrale :**



**Figure III. 8:** effet du site sur le déplacement horizontal absolue X pour le cas R+6 utilisant La méthode dynamique modale spectrale.

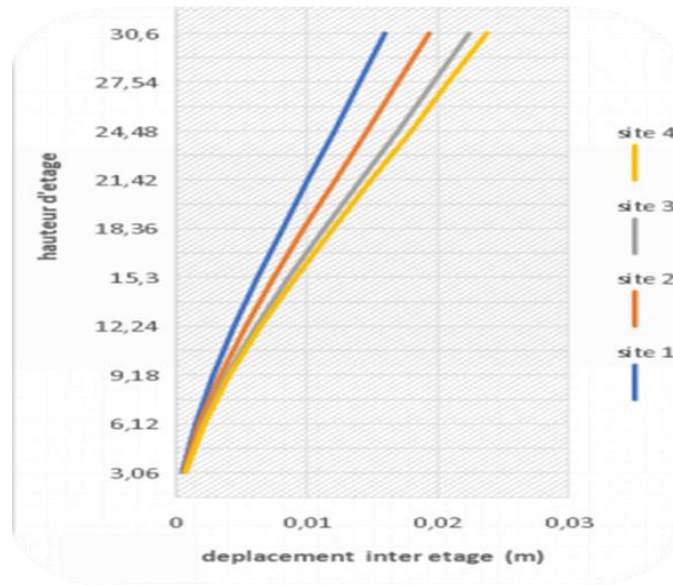
La figure III.8 montre l'effet de la hauteur du bâtiment sur le déplacement horizontal de chaque niveau. Dans le site rocheux, le mouvement est faible, tandis que le mouvement est fort dans les sites fertiles et meubles. Plus l'élancement du bâtiment est important, plus l'effet du site est plus prononcé.



**Figure III. 9:** effet du site sur le déplacement horizontal absolue Y pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

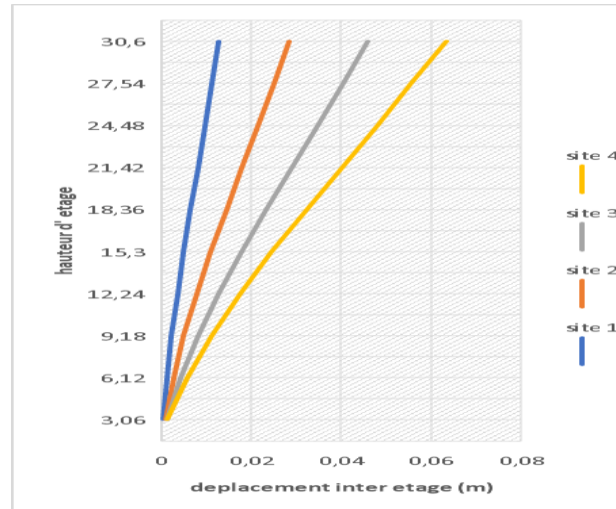
La figure III.9 montre que le mouvement entre les étages change considérablement avec la hauteur de la structure. Les sites rocheux et ferme semblent avoir un mouvement plus stable, tandis que pour les sites meubles et très meubles les déplacements changent.

**-Cas d'étude R+9 représente La méthode dynamique modale spectrale :**



**Figure III. 10:**effet du site sur le déplacement horizontal absolue X pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

La figure III.10, reflète l'effet de la hauteur du bâtiment sur les déplacements absolue suivant x. Le site 1 est le site rocheux qui présente un mouvement faible, tandis que les sites 2 et 3 sont respectivement les sites ferme et meubles et présentent un mouvement plus vigoureux. Le site 4 est le plus lâche qui donne des déplacement inter étage plus prononcés.

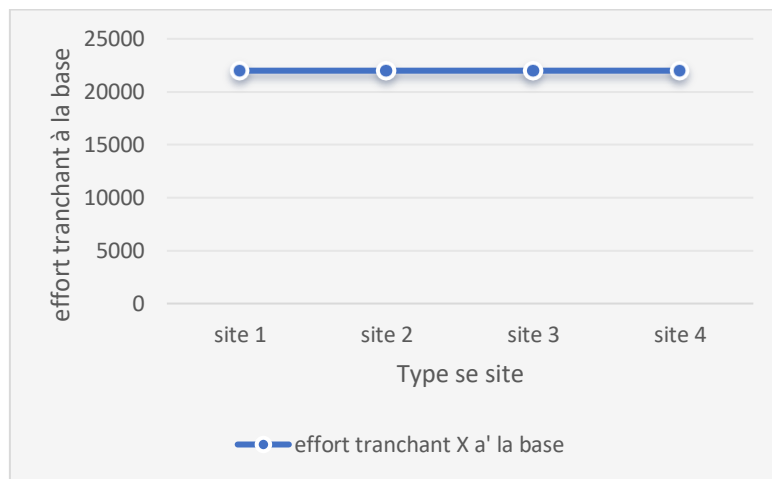


**Figure III. 11:** effet du site sur le déplacement horizontal absolue Y pour le cas R+9 utilisant la Méthode dynamique modale spectrale.

On remarque d'après la figure III.11, que les déplacements absolus d'un bâtiment R+9 suivants Y augmentent en passant du site 1 vers le site 4.

### III.6.2.2 Influence du site sur les efforts tranchants à la base :

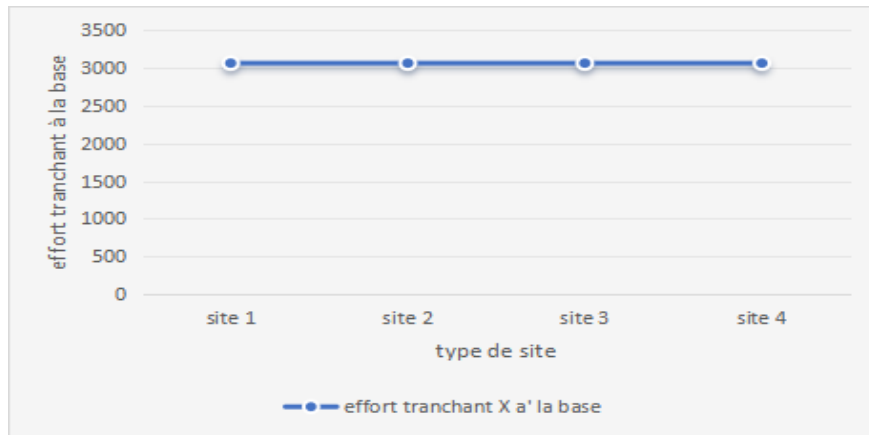
-Cas d'étude R+3 représente La méthode statique équivalent :



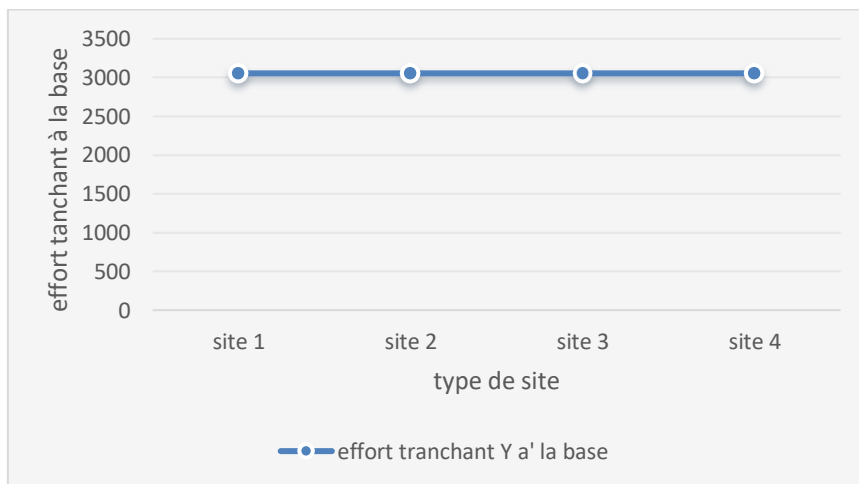
**Figure III. 12:** effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode statique équivalent.

D'après la figure III.12, on remarque que les efforts tranchants à la base suivant x, dans le bâtiment R+3 sont constants pour tous les différents sites, rappelant que pour ce cas d'étude, la méthode statique équivalent a été choisi pour le calcul dynamique.

**-Cas d'étude R+3 représente La méthode dynamique modale spectrale :**



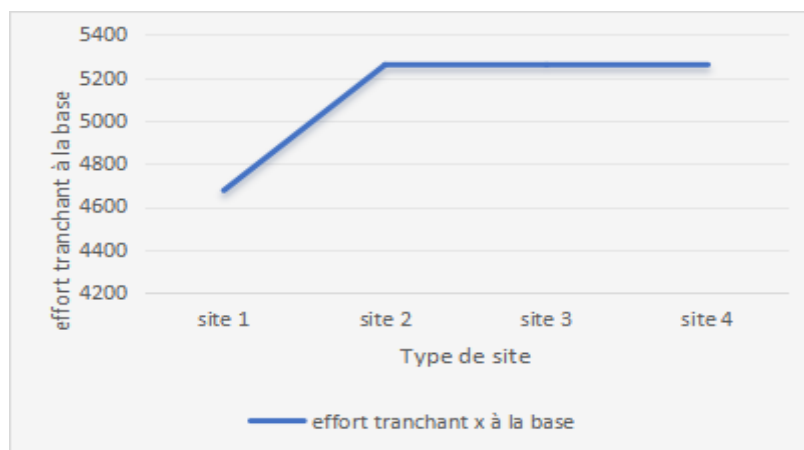
**Figure III. 13:** effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.



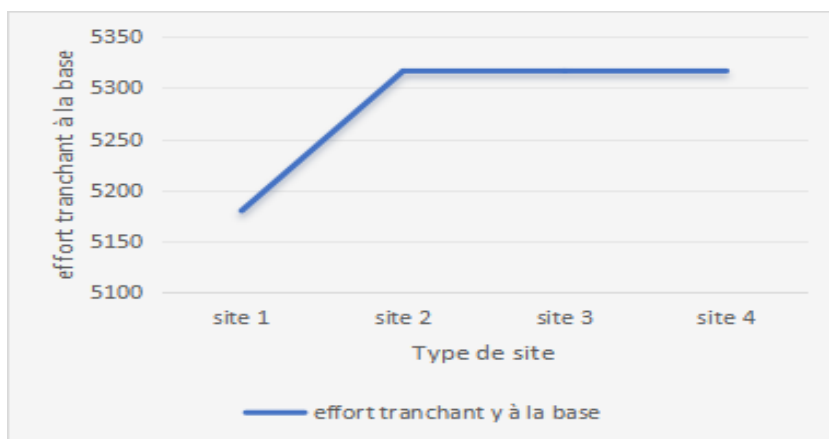
**Figure III. 14:** effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+3 utilisant la méthode spectrale.

D'après la figure III.13 et figure III.14, pour le cas du bâtiment R+3 utilisant la méthode dynamique modale spectrale, on remarque que les efforts tranchants à la base dans les directions x et y sont également constants dans tous les types de sol, avec la même valeur.

**-Cas d'étude R+6 représente La méthode dynamique modale spectrale :**



**Figure III. 15:** effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale

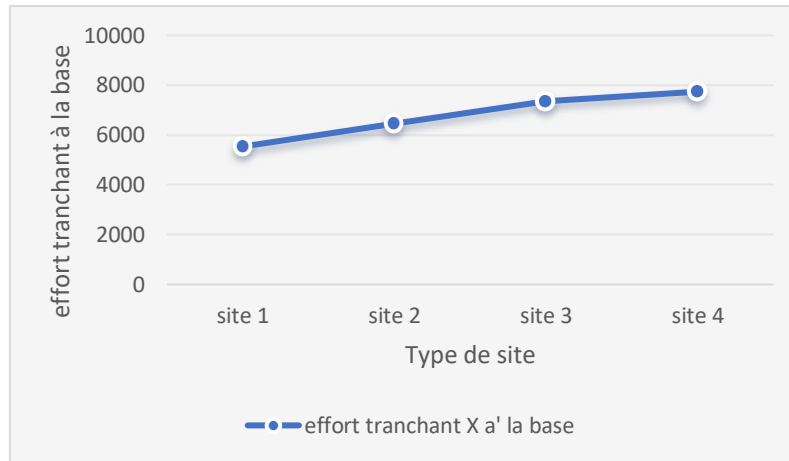


**Figure III. 16:** effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+6 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

Concernant le cas de bâtiment R+6, en utilisant la méthode dynamique modale spectrale, il est constaté à partir de la figure III.16 et III.17 que la valeur des efforts tranchants à la base dans les deux sens augmente du site 1 au site 2 puis se stabilise dans le reste des types de sol (c'est-à-dire du site 2 au site 4 la même valeur et la plus grande valeur par rapport au site 1).

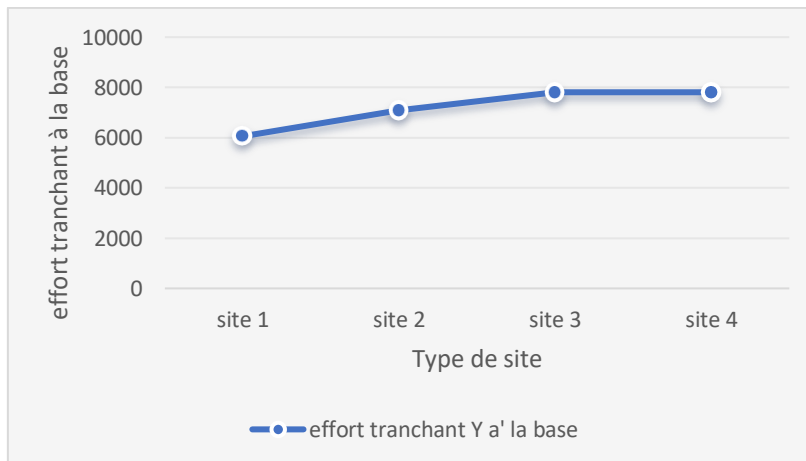
**-Cas d'étude R+9 représente La méthode dynamique modale spectrale :**





**Figure III. 17:** effet du site sur effort tranchant X à la base pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

Pour le bâtiment R+9, la Figure III.17 montre que les efforts tranchants à la base dans la direction x augmentent constamment du site 1 au site 4, et dans ce site ils sont à leur valeur la plus élevée.



**Figure III. 18:** effet du site sur effort tranchant Y à la base pour le cas R+9 utilisant la méthode dynamique modale spectrale.

Quant aux efforts tranchants à la base dans la direction y du bâtiment R+9, et en utilisant la méthode dynamique modale spectrale, on remarque qu'ils augmentent du site 1 au site 3, et là ils atteignent la valeur la plus élevée et restent constants jusqu'au site 4.

### III.6.2.3 Conclusion :

Les résultats ont montré que l'effet du type de sol sur les déplacements inter-étages et les forces de cisaillement à la base varie en fonction de la hauteur du bâtiment, notamment

pour les structures plus hautes (R+6 et R+9). Tandis que les bâtiments plus courts (R+3) présentent une uniformité des déplacements et des forces de cisaillement indépendamment de l'emplacement. Cependant, à mesure que l'altitude augmente, les effets des conditions du sol deviennent plus prononcés, les sites meubles et très meubles entraînant des déplacements et des forces de cisaillement plus importants que les sites rocheux. Les méthodes de calcul utilisées (statistiques équivalentes et dynamique modale spectrale) affectent également les résultats. Mais de manière constante pour chaque Type de méthodes appliquées.

Nous concluons également que plus le nombre d'étapes augmente, plus la période augmente et le mode propre augmente également.

### III.6.3 Influence de la hauteur :

#### III.6.3.1 Influence de la hauteur sur les efforts tranchants à la base :

Cas de site 1 :

Bâtiment	Méthode	SITE $s_1$	
		$Vx_{max}$	$Vy_{max}$
R+3	Spectre	3060,497	3054,114
R+6	Spectre	4675,761	5179,64
R+9	Spectre	5535,742	6058,588

Tableau III. 2: Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 1(rocheux)

Cas de site2 :

Bâtiment	Méthode	SITE $s_2$	
		$Vx_{max}$	$y_{max}$
R+3	Spectre	3060,497	3054,114
R+6	Spectre	5260,83	5316,473
R+9	Spectre	6458,784	7086,417

Tableau III. 3: Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 2(ferme).

**Cas de site 3 :**

Bâtiment	Méthode	SITE $s_3$	
		$Vx_{max}$	$Vy_{max}$
R+3	Spectre	3060,497	3054,114
R+6	Spectre	5260,83	5316,473
R+9	Spectre	7354,749	7807,848

**Tableau III. 4:** Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 3(meuble).

**Cas de site 4 :**

Bâtiment	Méthode	SITE $s_4$	
		$Vx_{max}$	$Vy_{max}$
R+3	Spectre	3060,497	3054,114
R+6	Spectre	5260,45	5316,458
R+9	Spectre	7739,27	7807,849

**Tableau III. 5:** Efforts tranchants à la base suivant x et y dans site 4(très meuble).

Les tableaux présentés fournissent les efforts tranchants à la base pour différents types de sites (rocheux, ferme, meuble, très meuble) en fonction de l'altitude (R+3, R+6, R+9).

Voici une analyse comparative des résultats pour chaque site :

1. Site 1 (rocheux) :

- À chaque niveau (R+3, R+6, R+9), les valeurs des efforts tranchants suivant x ( $Vx_{max}$ ) et y ( $Vy_{max}$ ) augmentent progressivement.

2. Site 2 (ferme) :

- Les valeurs des efforts tranchants augmentent également avec l'altitude.

- À R+3, les valeurs sont identiques à celles du site rocheux.

- À R+9, les efforts tranchants selon le spectre atteignent des valeurs plus élevées que celles du site rocheux, ce qui indique une plus grande sensibilité de ce site aux efforts tranchants.

3. Site 3 (meuble) :

- Comme pour les autres sites, les valeurs augmentent avec l'altitude.

La valeur trouvée au R+9 est super par rapport aux deux autres sites (rocheux et ferme)

- Ceci suggère que le site meuble est encore plus sensible aux efforts tranchants que le site ferme.

4. Site 4 (très meuble) :

- Les efforts tranchants continuent d'augmenter avec l'altitude. La valeur trouvée au R+9 est grand par rapport aux trois autres sites. Cela indique que le site très meuble est le plus sensible aux efforts tranchants parmi les quatre types de sites étudiés.

### **III.6.3.2 Conclusion :**

- Les efforts tranchants augmentent avec l'altitude pour tous les types de sites, ce qui est attendu en raison de l'augmentation de la charge sismique à des altitudes plus élevées.

- Sensibilité du Sol : Les sites plus meubles (site 3 et site 4) montrent des efforts tranchants plus élevés par rapport aux sites rocheux et ferme, ce qui indique une plus grande déformabilité et une réponse



## *Conclusion générale*

### **Conclusion générale :**

Dans cette étude sur l'effet de la hauteur totale et du site sur la réponse dynamique d'un bâtiment, nous avons examiné les comportements des bâtiments R+3, R+6 et R+9 à différents sites. À l'aide du logiciel SAP2000, nous avons conçu les structures, calculé les masses et analysé les résultats en termes de période, déplacements entre étage et d'efforts tranchants à la base.

Nos observations ont révélé que l'effet du type de sol sur les déplacements et les efforts tranchants varie en fonction de la hauteur du bâtiment, et que les effets sont plus prononcés pour les structures plus hautes.

Les efforts tranchants augmentent avec l'altitude pour tous les types de sites, ce qui est attendu en raison de l'augmentation de la charge sismique à des altitudes plus élevées.

De plus, les méthodes de calcul dynamique utilisées (Méthode statique équivalente et la méthode modale spectrale) affectent également les résultats.

Nous concluons en outre que Plus le nombre d'étages augmente, plus la période augmente et les déplacements inter-étage augmente également.

En conclusion, cette étude souligne l'importance de prendre en compte à la fois la hauteur des bâtiments et les caractéristiques du site dans la conception sismique des structures

## Bibliographie

- [1] G. Ilhem, D. Ikram, R. Celia, Y. Lycia et B. Sidali, «ETUDE D'UN BATIMENT R+3 A USAGE D'HABITATION CONTREVENTE PAR DES VOILES PORTEURS EN BA,» 2020/2021. [En ligne].
- [2] B. Fatima, . *ETUDE SISMIQUE PARAMETRIQUE D'UN BATIMENT IMPLANTE DANS DEUX SENS ORTHOGONAUX.*, 2017.
- [3] M. D. L'HABITAT, *REGLES DE CONCEPTION ET DE CALCUL DES STRUCTURES EN BETON ARME C.B.A.9.*
- [4] «cour en beton armé L3 génie civil,» [En ligne].
- [5] A. Abdelhak et M. M. Khalil, «ETUDE D'UN BATIMENT A USAGE MULTIPLE «SOUS SOL,RDC+9étages»,» 2015. [En ligne].
- [6] H. Y. .. K. Soulef, «ETUDE D'UN BATIMENT A USAGE D'HABITATION R+5,» 2020. [En ligne].
- [7] B. B. Youcef et S. B. khalil, «Etude Sismique d' une structure en Béton Armé,» 2019/2020. [En ligne].
- [8] «363460626-cours-escalier-watermark,» [En ligne]. Available: [www.4geniecivil.com](http://www.4geniecivil.com).
- [9] M. e. H. F. Samia, «Performance sismique des structures auto-stables en béton armé dépassant les limitations en hauteur exigés par Ir RPA en zone III,» 2020/2021. [En ligne].
- [10] D. IMENE et B. AMEL, «INFLUENCE DE LA HAUTEUR TOTALE SUR LES PERFORMANCES SISMIQUES DES BATIMENTS,» 2017. [En ligne].
- [11] C. N. d. R. A. e. G. Parasismique, «Règlement parasismique algérien (RPA 99/ version 2003).,» [En ligne].
- [12] A. R. HARROU Nadir, «Etude d'un batiment(R+10usage)d'habitation et servies contreventé par un système mixte(Voiles-Portiques),» 2015/2016. [En ligne].