



**Ministère de l'enseignement Supérieure  
et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITE DE M'SILA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**Département de génie civil et d'hydraulique**

**MEMOIRE**

**Présenté pour l'obtention du diplôme**

**MASTER**

**FILIERE : GENIE CIVIL**

**Option : Structures**

**Présenté par :**

**YOUCEF Boukhors**

**THEME**

**INFLUENCE DE LA POSITION ET DES  
DIMENSIONS DES ELEMENTS DE  
CONTREVENTEMENT SUR LA STABILITE  
ET LE COUT D'UN PROJET DE BATIMENT**

**Dirigé par :**

**Mr. Rahmouni. Zine Elabidine, Encadreur**

**Mr. Hamitouche. Amar, CO-Encadreur**

**Promotion : juin 2012.**

# Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :



Mes très chère parents qui

m'ont soutenu et encouragé durant toute ma vie.



Ma fiancée



Mes frères et mes sœurs



Toute ma famille



A notre encadreur Mr.

HAMITOUCHE Amar et Rahmouni. Zine Elabidine



A tous mes amis



A toute la promotion 2012



Tous mes collègues sans

exception

A vous...merci

# Remerciement

*Tout d'abord, je remercie Allah, le clément et le miséricordieux de m'avoir donné la force et le courage de mener à bien ce modeste travail.*

*C'est avec une profonde reconnaissance et considération particulière que nous remercions mes promoteurs Mr A.HAMITUCHE et RAHMOUNI pour la sollicitude avec laquelle ils ont suivi et guidé ce travail.*

*Nous remercions les membres de jury qui nous font l'honneur de présider et d'examiner ce modeste travail.*

*Les remerciements seraient incomplets sans ceux, les plus sincères, adressés à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation.*

*Comme nous tenons à remercier tous ceux qui de loin ou de près ont contribué à finaliser ce modeste travail.*

*Boukhors youcef 2012*

---

# SOMMAIRE

---

<b>Introduction générale</b>	1
 <b>Chapitre I : généralités sur les contreventement et hypothèse de calcul et facteurs de comparaison et Présentation des variantes de contreven</b>	
<b>Introduction</b>	2
<b>I.1 Généralités sur le contreventement</b>	2
I-1-1-Les différentes manières pour une bonne résistance de la structure	2
I-1-2Nécessite et rôle des contreventements	3
I-1-3 Conditions générales à respecter dans le choix du contreventement	4
<b>I -2-Hypothèse de calcul</b>	8
<b>I-3-Facteurs soumis à la comparaison</b>	8
I-3-1-La période du premier mode	8
I-3-2-Le déplacement relatif	9
I-3- 3-L'effet P-D	9
I-3-4-Le coefficient de sécurité vis-à-vis du renversement	10
<b>I-4 Présentation des variantes de contreventement</b>	11
 <b>Chapitre II : Etude des variantes</b>	
<b>Introduction</b>	15
<b>II-1-Etude du variante 0</b>	15
II-1-1- Présentation de l'ouvrage	15
II-1-2-Prédimensionnement	16

II-1-3-Évaluation des charges et des surcharges	22
II-1-4-Présentation de logiciel de calcul	25
II-1-5- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT	27
II-1-6-La vérification de RPA	27
<b>II-2-Etude du Variante 1</b>	28
II-2-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT	28
II-2-2-La vérification de RPA	28
<b>II-3-Etude du Variante 2</b>	29
II-3-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT	29
II-3-2-La vérification de RPA	29
<b>II-4-Etude du Variante 3</b>	30
II-4-1- Résultats de l'analyse dynamique par ROBOT	30
II-4-2-La vérification de RPA	30
<b>II-5 Etude du Variante 4</b>	31
II-5-1 Résultats de l'analyse dynamique par ROBOT	31
II-5-2-La vérification de RPA	31
<b>II-6-Etude du Variante 5</b>	32
II-6-1- Résultats de l'analyse dynamique par ROBOT	32
II-6-2-La vérification de RPA	33
<b>II-7- Calcul des déplacements</b>	34
<b>II- 8-Justification vis-à-vis de l'effet P- <math>\Delta</math></b>	36
<b>II-9- Vérification au renversement</b>	40

<b>II-10-changment des dimensions des élément des contreventement pour avoir la solution optimal variante 2,4,5</b>	41
II-10-1-Variante 2	41
II-10-2-Variante 4	42
II-10-3-Variante 5	44
<b>II-11- Calcul des déplacements relatif <math>\Delta K</math></b>	45
<b>II-12- Justification vis-à-vis de l'effet P- <math>\Delta</math></b>	46
<b>II-13- Vérification au renversement</b>	47

### **Chapitre III: effet de la position et des dimensions sur les différents facteurs**

<b>Introduction</b>	48
<b>III-1-effet de la position sur les différents facteurs</b>	48
III-1-1- Effet de la position des éléments de contreventement sur la rigidité globale de la structure	48
III-1-2-Effet de la position des éléments de contreventement sur la stabilité globale de la structure	49
<b>III-2-effet des dimensions du contreventement sur les différents facteurs</b>	55
III-2-1-Effet des dimensions du contreventement sur les effets du deuxième ordre (Effet P- $\Delta$ )	55
III-2-2-Effet des dimensions du contreventement sur la stabilité globale de la structure (Sécurité vis à vis du renversement)	57
III-2-3-Effet des dimensions du contreventement sur son coût global	59
<b>Conclusions général</b>	62



---

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

## Chapitre I

## Chapitre II

Tableau II.1 Tableau récapitulatif	17
Tableau II.2- Prédimensionnement des poteaux	20
TableauII-3- récapitulatif des charges et des surcharges	24
Tableau.II-4- périodes et facteurs de participation massique des variantes 0	27
Tableau.II-5- Résultante des forces sismique du variante 0	27
Tableau.II-6- périodes et facteurs de participation massique des variantes 1	28
Tableau.II-7- Résultante des forces sismique du variante 1	28
Tableau.II-8- périodes et facteurs de participation massique des variantes 2	29
Tableau.II-9- Résultante des forces sismique du variante 2	29
Tableau.II-10- périodes et facteurs de participation massique des variantes 3	30
Tableau.II-11- Résultante des forces sismique du variante 4	31
Tableau.II-12- périodes et facteurs de participation massique de variantes 4	31
Tableau.II-13- Résultante des forces sismique du variante 4	32
Tableau.II-14- périodes et facteurs de participation massique des variantes 5	32
Tableau.II-15- Résultante des forces sismique du variante 5	33
Tableau.II-16- Le déplacement relatif au niveau variante 0 et variante 1 (sens x-x)	34
Tableau.II-17- Le déplacement relatif au niveau variante 2 et variante 3 (sens x-x)	34
Tableau.II-18- Le déplacement relatif au niveau variante 4 et variante 5 (sens x-x)	34

Tableau.II-19- Le déplacement relatif au niveau variante 0 et variante 1 (sens y-y)

Tableau.II-20- Le déplacement relatif au niveau variante 2 et variante 3 (sens y-y)	35
Tableau.II-21- Le déplacement relatif au niveau variante 4 et variante 5 (sens y-y)	35
Tableau.II-22- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 0 (sens x-x)	36
Tableau.II-23- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 1 (sens x-x)	36
Tableau.II-24- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 2 (sens x-x)	36
Tableau.II-25- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 3 (sens x-x)	37
Tableau.II-26- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 4 (sens x-x)	37
Tableau.II-27- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 5 (sens x-x)	37
Tableau.II-28- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 0 (sens y-y)	38
Tableau.II-29- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 1 (sens y-y)	38
Tableau.II-30- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 2 (sens y-y)	38
Tableau.II-31- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 3 (sens y-y)	39
Tableau.II-32- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 4 (sens y-y)	39
Tableau.II-33- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ variante 5 (sens y-y)	39
Tableau.II-34- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens x-x)	40
Tableau.II-35- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens y-y)	40
Tableau.II-36- Résultante des forces sismique du variante 2	42
Tableau.II-37- Résultante des forces sismique du variant	43
Tableau.II-38- Résultante des forces sismique du variante 5	45
Tableau.II-39- Le déplacement relatif au niveau variantes changements des dimensions (sens x-x)	45



### Chapitre III

Tableau-III-1-périodes de premier mode des variantes meme la longueur	48
Tableau-III.2- la variation de $\theta$ dans les différentes variantes meme la longueur (sensx-x)	50
Tableau-III.3-la variation de $\theta$ dans les différentes variantes meme la longueur (sensy-y)	51
Tableau.III-4- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes meme la Longueur des contreventement (sensx-x)	52
Tableau.III-5- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes meme la longueur des contreventement (sensy-y)	53
Tableau-III-6- la variation de $\theta$ dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)	55
Tableau.III-7- la variation de $\theta$ dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)	56
Tableau-III-8 - Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)	57
Tableau.III.9- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)	58
Tableau.III.10-volume des béton et le coût des contreventement les différentes variantes même rigidité	59



---

## LISTES DES FIGURES

---

### Chapitre 1

Figure I-1- L'effet de ductilité sur la résistance	3
Figure.I-2- Formes favorables : plans simples à 2 axes de symétrie.	4
Figure.I-3- Influence de la forme sur la résistance à la torsion, concentration de contraintes dans les angles rentrants.	5
Figure.I.4-Application du principe de simplicité et continuité aux plans d'élévation	6
Figure .I-5- Fractionnement des bâtiments par des joints sismiques	7
Figure I.6- Vue en plan de la variante 0.	11
Figure I.7- vue en plan de la variante 1	12
Figure I.8- vue en plan de la variante 2	12
Figure I.9- vue en plan de la variante 3	13
Figure I.10- vue en plan de la variante 4	13
Figure I.11- vue en plan de la variante 5	14

### Chapitre2

Figure II.1- Le bâtiment étudié (ROBOT)	15
Figure II.2 les nervures	17
Figur II-3- les poutre	18
Figure II.4 coffrages des poteaux	19
Figure II.5- dimensionnement les voiles	21
Figure II.6 plancher terras	22
Figur.II-7- Planchers d'étages courant	23
Figure II-8-Mur de façade	23

### Chapitre 3

Figure- III-1- périodes de premier mode des variantes meme la longueur	49
Figure .III.2-l'efet P-D dans les différentes variantes meme la longueur(sensx-x)	50
Figure -III.3-l'efet P-D dans les différentes variantes meme la longueur(sensy-y)	51
Figure .III.4- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes meme la longueur(sensx-x)	53
Figure-III-5- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes meme la longueur(sensy-y)	54
Figure –III-6-l'efet P-D dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)	55
Figure –III-7-l'efet P-D dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)	56
Figure -III-8- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)	57
Figure .III.9- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)	58
Figure.III.10-le coût des contreventement les différentes variantes même rigidité	60

---

## ***Résumé :***

---

dans les études faites actuellement, on s'efforce généralement à justifier la stabilité d'une façon aléatoire sans tenir compte du choix qui mène à une sécurité optimale ou à un coût minimal.

Le présent mémoire a pour objectif de faire une comparaison entre différentes positions et dimensions des éléments de contreventement pour montrer l'influence de ceci sur la stabilité et sur le coût d'un projet

---

## **الملخص:**

---

وفي الدراسات حالياتسعى

وهذه .عموما إلى تبرير الاستقرار بطريقة عشوائية دون النظر إلى الخيار الذي يؤدي إلى الأمان الأمثل أو بأقل تكلفة القضية موضوعية تستهدف هذه الدراسة ونحن نحاول أن نجعل مقارنة بين المواقف المختلفة وأبعاد تستعد عناصر لإظهار تأثير ذلك على الاستقرار وعلى تكلفة المشروع

للزلازل

---

## ***Abstract :***

---

in the studies currently, it strives generally to justify the stability in a random way without regard to the choice that leads to optimal security or at minimum cost. This case is objectively designed this study we try to make a comparison between different positions and dimensions of bracing elements to show the influence of this on stability and on the cost of a project.

---

---

## INTRODUCTION GENERALE

---

Dans les études faites actuellement et pour le contreventement courant des structures on s'efforce généralement à justifier la stabilité d'une façon aléatoire sans tenir compte du choix qui mène à une sécurité optimale ou à un coût minimal.

L'objectif du présent travail est de montrer l'influence du choix de la position et des longueurs totales des voiles de contreventement sur la rigidité, la stabilité et le coût d'un projet

En premier lieu, une étude assurant la rigidité suffisante prescrite par les règlements est faite pour un emplacement extérieur et une distribution discontinue, ensuite l'étude est faite sur d'autres choix de positions en gardant la même longueur total du contreventement pour voir l'effet de la position et la distribution des voiles sur la rigidité et la stabilité globale de la structure tout en maintenant constant le cout du contreventement

En deuxième lieu on a cherché pour toutes les dispositions et distributions la longueur du contreventement donnant la même rigidité globale suffisante prescrite par les règlements pour voir l'effet de ces choix sur le coût du contreventement.

Le mémoire se compose donc de :

- Une introduction : dans laquelle on a exposé la problématique étudiée.
- Trois chapitres structurés comme suit:
  - Ø le premier chapitre présente sommairement les hypothèses de calcul, les facteurs soumis à la comparaison et les variantes de structures contreventées étudiées.
  - Ø Le deuxième chapitre résume les étapes d'étude de chaque variante avec toutes les vérifications imposées par les règlements et présente les résultats concernant les facteurs étudiés.
  - Ø Le troisième chapitre étudie l'effet des différents choix de position et de distribution des voiles de contreventements sur les facteurs étudiés et sur le coût global du contreventement
- Une conclusion dans laquelle on a récapitulé les résultats de ce travail.

---

*Chapitre I :*  
*Généralités sur le*  
*contreventement et*  
*Facteurs de comparaison*  
*Et Hypothèse de*  
*Calcul*  
*Et Présentation des*  
*variantes de*  
*contreventement*

---

## **Introduction :**

Nous avons mentionné dans l'introduction que nous allons étudier l'effet de la position des voiles de contreventement et de leur longueur total sur la rigidité et la stabilité globale de la structure. Pour que la comparaison ait un sens, il faut étudier les différentes variantes sous les mêmes hypothèses de calcul et de concentrer la comparaison sur les mêmes facteurs.

Dans ce qui suit nous allons donner des notions générales sur le contreventement ensuite on présenter sommairement les hypothèses de calcul, les facteurs soumis à la comparaison et en fin présenter les variantes de structures contreventées étudiées.

## **I.1 Généralités sur le contreventement**

### **I-1-1-Les différentes manières pour une bonne résistance de la structure**

Le comportement d'une structure lors d'un séisme dépend de l'énergie que le système est capable de dissiper sans dommage important à l'ouvrage. Grossièrement décrire, cette énergie correspond au produit des forces ou sollicitations par les déplacements ou déformations engendrer dans le système porteur. Une résistance suffisante d'une structure aux effets d'un séisme d'intensité fixé peut ainsi peut être obtenue de différentes manières :

#### **a) grâce à un système très rigide se comporte de manière parfaitement élastique :**

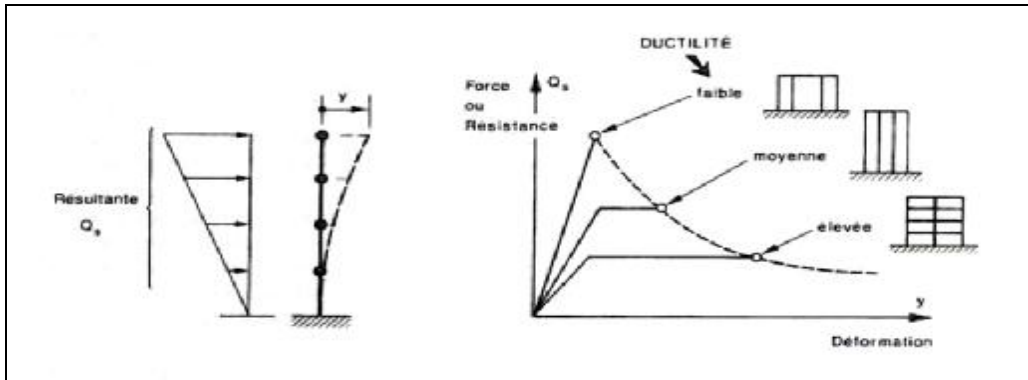
Les déformations seront très faibles et ne provoquent que des désordres peu importante dans le bâtiment, les forces engendrées dans le système porteur et par conséquent la résistance requise seront importants.

#### **b) Grâce à un système ductile se comportant de manière élasto-plastique :**

Les déformations sont très importantes et concentrées dans des zones fortement plastifiées, il peut résulter des dommages tant aux éléments porteurs eux-mêmes qu'aux éléments non porteurs et aux installations qui, s'ils sont trop importants. Peuvent être nuisibles à l'utilisation du bâtiment, de telle déformation nécessite une grande ductilité de la structure porteuse par contre les forces d'inertie engendrées et les résistances nécessaires sont beaucoup plus faibles que dans le cas d'un système rigides.

**c) Grâce à un système intermédiaire :**

Constituant un compromis entre les solutions extrêmes précédentes en ce qui concerne les exigences de résistance et ductilité ou capacité de déformation.



**Figure I-1- L'effet de ductilité sur la résistance [1].**

**I-1-2Nécessite et rôle des contreventements :**

Le système de contreventement est constitué de l'ensemble des éléments structurels participants de façon non négligeable au transfert des actions horizontales créés du fait du mouvement sismique, par effet inertiel dans l'ouvrage. Les accélérations sismiques sont appliquées à toutes les masses présentes dans l'ouvrage, qu'elles soient ou non associées à des éléments structurels, et les actions sismiques sont donc en général réparties dans l'ouvrage. Elles doivent être transmises de leur point d'application aux fondations, ce qui implique des résistances locales des éléments, y compris les éléments non structuraux ,et la résistance principale des éléments de contreventement, qui concentrent les efforts pour les transmettre aux fondations .Ces cheminements d'efforts doivent être analysés et les points faibles mis en évidence pour établir la cohérence de l'ensemble pour un niveau d'action donné. S'il est nettement préférable que les éléments de contreventement soient continus du haut en bas de l'ouvrage, cela n'est pas une nécessité absolue si des éléments horizontaux (en général des planchers) sont capables de reporter les efforts d'un élément vertical à un autre quand on passe d'un niveau à un autre. Ainsi, même si les éléments verticaux sont continus, les éléments

horizontaux jouent un rôle très important dans le contreventement car ils permettent de répartir les efforts entre les éléments verticaux, notamment pour palier la défaillance de l'un d'entre eux.

## **Chapitre I :généralité sur les contreventement et hypothèse de calcule et facteurs de comparison et présentation des variantes**

---

Il y a lieu de s'assurer de la continuité des éléments entre eux, c'est-à-dire de leur capacité à transmettre les efforts impliqués dans leur rôle de contreventement.

On peut donc résumer le rôle des contreventements comme suit : d'assurer la stabilité des constructions vis-à-vis des charges horizontales, donc de transmettre ces charges jusqu'au sol.

### **I-1-3 Conditions générales à respecter dans le choix du contreventement :**

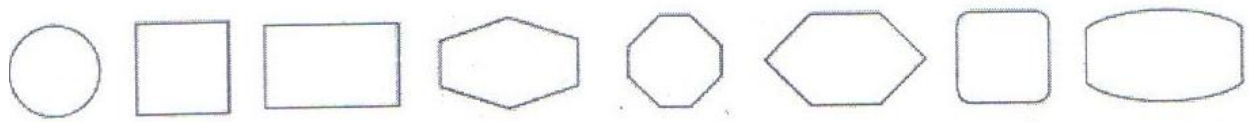
#### **a/ Continuité :**

Toute discontinuité dans le dessin d'une structure conduit à une conception de contraintes et de déformations. Le comportement non homogène d'une structure présentant des discontinuités majeures est toujours source de problème, car il rend délicat le calcul de la structure dans son ensemble de difficile le dessin correct des nœuds cruciaux où doivent se produire les grandes déformations. Sans attention particulière, toute discontinuité structurale entraîne la présence de zones de raideur différente ; les plus raides constituent des « points durs » qui concentrent les efforts, ce qui se traduit souvent par des dommages sismiques si aucun détail particulier n'a été dimensionné pour reprendre ces concentrations de contraintes. La continuité structurale permet de répartir correctement les charges sismiques sur les éléments porteurs et d'optimiser le comportement dynamique de la structure.

#### **b/ Symétrie :**

##### **1)- Symétrie en plan :**

Dans la vue en plan d'un bâtiment, les principes de simplicité et de continuité se traduisent par le choix de formes symétriques telles que celles représentées à la fig.I-2



**Figure.I-2- Formes favorables : plans simples à 2 axes de symétrie [2]**

## Chapitre I :généralité sur les contreventement et hypothèse de calcule et facteurs de comparaison et présentation des variantes

---

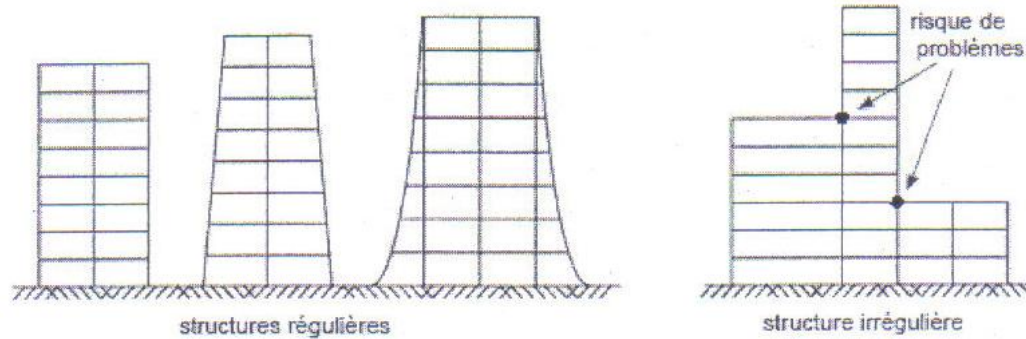
La symétrie du plan selon deux axes tend à réduire notablement la torsion d'axe verticale. La sollicitation de torsion des bâtiments en forme de L, T, U, V ou Z est très supérieure à celle des bâtiments symétriques et compacts. A la jonction des ailes, des concentrations de contraintes très importantes sont inévitables étant donné la différence de rigidité des ailes dans une direction donnée. Pour un bâtiment en L par exemple, la partie du bâtiment ayant une profondeur plus faible est plus flexible que la partie voisine et se déforme d'avantage sous l'action des forces horizontales ; elle vrille autour de la zone plus rigide (fig.I- 3).



**Figure.I-3- Influence de la forme sur la résistance à la torsion, concentration de contraintes dans les angles rentrants. [2]**

Les angles rentrants sont susceptibles d'être le siège de concentrations de contraintes et doivent être évités. On doit donc rechercher des plans symétriques simples ou découper les plans symétriques complexes par des joints parasismiques (fig. 5). Il convient de faire remarquer que l'effet favorable de la symétrie géométrique architecturale peut être entièrement annulé par une asymétrie du système porteur. Dans la construction courante, les systèmes porteurs asymétriques sont fréquents. Dans ce cas, le centre des masses par où passe la résultante des charges sismiques sera décalé du centre de raideurs, et la construction sera soumise à une torsion d'axe verticale d'autant plus grande que les deux centres seront éloignés l'un de l'autre. La répartition symétrique ou quasi éléments porteurs rigides, permettant que les centres de gravité et de rigidité de la construction soient rapprochés ou confondus, est par conséquent une caractéristique essentielle d'une bonne construction parasismique.

**2)Symétrie et régularité en élévation :**



**Figure.I.4-Application du principe de simplicité et continuité aux plans d'élévation [2]**

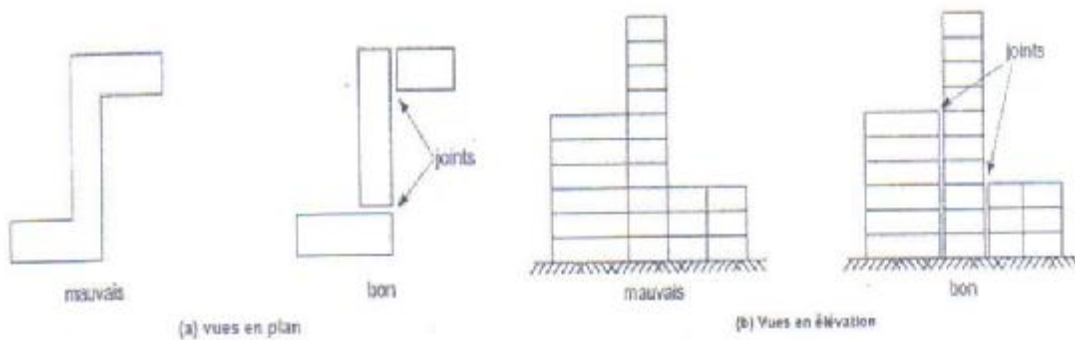
Les avantages des formes symétriques et les problèmes introduits par les configurations complexes des bâtiments se retrouvent aussi en élévation : concentrations de contraintes aux angles rentrants dues aux oscillations différentielles entre parties de volume ou hauteur différentes dans le bâtiment. Le principe de simplicité se traduira par un aspect aussi régulier que possible, sans variation brusque de section. De telles variations conduisent nécessairement à l'existence de différentes parties vivant chacune leur vie propre lors d'un séisme, avec des problèmes particuliers à la jonction des différentes parties.

**c/ Distribution rationnelle des masses :**

Les construction légères sont plus favorables que les structures lourdes, parce que les charges sismiques sont proportionnelles à la masse et à l'accélération ( $F = ma$ ). Lorsque c'est possible ; il convient d'éviter de concentrer les poids morts de service dans des zones de la structure où leur mise en mouvement va entraîner la naissance des forces considérables, de flexion ou de torsion. Pour les problèmes de flexion, la hauteur d'un bâtiment n'est pas un facteur défavorable en soi. Pas contre, pour un bâtiment de hauteur donnée, on devrait rechercher la position la plus basse possible du centre de gravité, par la présence d'étages enterrés, par des étages inférieurs en structure lourde et en plaçant les équipements les plus lourds au niveaux les plus bas. Pour les problèmes de torsion, les charges lourdes devraient être placées près du centre de torsion du bâtiment.

**d/ Homogénéité – Partition en sous structures :**

Dans le cas général, le système porteur devrait être homogène dans chaque bâtiment. Si les bâtiments sont fractionnés en unités par joints parasismiques, le système porteur peut varier d'une unité à l'autre, mais devrait rester homogène dans chacune d'elles. En effet, chaque système a un comportement dynamique propre lorsque deux systèmes ayant des raideurs différentes sont liés, il en résulte des concentrations des contraintes préjudiciables dans les éléments de liaison. Les bâtiments dissymétriques ou trop complexes peuvent être fractionnés par des joints dits parasismiques, qui désolidarisent mécaniquement les divers blocs et permettent qu'ils oscillent librement sans collision (fig. 5). L'exécution de tels joints n'est pas sans difficulté, car ils doivent être assez larges pour éviter le martèlement entre blocs. C'est aussi une solution coûteuse, qu'on ne doit pas rechercher à priori, surtout pour un bâtiment élevé où le joint doit être réalisé sur toute la hauteur.



**Figure .I-5- Fractionnement des bâtiments par des joints sismiques [2]**

**I -2-Hypothèse de calcul :**

- ✓ Les calculs et les vérifications sont conduits selon les règles en vigueur :
- ✓ Charges permanentes et surcharges d'exploitation (DTR BC 22) Ou son homologue européen EC1
- ✓ Calcul et conception des ouvrages en béton armé CBA93 (DTR BC 2.43) EC2
- ✓ Règles parasismiques Algériennes RPA 99 Version 2003,
- Ø En plus de ça, et puisque le système porteur du bâtiment, sa nature, ses dimensions et sa forme sont les mêmes pour les différentes variantes ce qui donne le même coefficient d'accélération de zone A, le même coefficient de comportement R est le même facteur de qualité Q

**I-3-Facteurs soumis à la comparaison :**

**I-3-1-La période du premier mode :**

Comme la période propre de la structure traduit d'une manière fidèle sa rigidité, c'est-à-dire tant que la période du premier mode est faible tant que la structure est plus rigide et inversement elle est plus flexible tant que cette période est plus élevée, nous avons pris la période du premier mode comme facteur soumis à la comparaison.

Les règles parasismiques algériennes RPA99 prescrivent que la période du premier mode ne doit pas dépasser 1.3 la période fondamentale calculée empiriquement, c'est pour cela que nous avons pris comme rigidité limite acceptable celle correspondant à la période du premier mode ne devant pas dépasser :

$$1.3 * \min (T = C_T h_N^{3/4} ; T = \frac{0,09 h_N}{\sqrt{D}} ) \text{ où :}$$

$h_N$  :hauteur mesurée en mètre a partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau

$C_T$  :coefficient fonction du système de contreventement et du type de remplissage donné par le tableau 4.6 du RPA99 ,

D : est la largeur du bâtiment dans la direction considérée

**dans notre cs  $h_N = 18.36 \text{ m}$ ,  $C_T = 0.05$**

$$T = 0,05 * 18.36^{3/4} = 0.443s.$$

b) par la formule

$$T = \begin{cases} T_{\text{long}} = \frac{0,09 \times 18.36}{\sqrt{26.20}} = 0.322s. \\ T_{\text{tra}} = \frac{0,09.18.36}{\sqrt{16.49}} = 0.406s \end{cases}$$

### I-3-2-Le déplacement relatif :

Le déplacement horizontal à chaque niveau "K" de la structure est donné par:

$$\delta K = R * \delta eK$$

$\delta eK$ : déplacement dû aux forces sismiques  $F_i$  (y compris l'effet de torsion).

R: coefficient de comportement.

Le déplacement relatif au niveau "K" par rapport au niveau "K-1" est égale à:

$$\Delta K = \delta K - \delta K-1$$

Le **RPA99** préconise que les déplacements relatifs inter-étages ne doivent pas dépasser les **1%he**, (he est la hauteur libre de l'étage considéré).

Il faut vérifier que :  $\Delta_K \leq \bar{\delta}$  où  $\bar{\delta}$  : Déplacement admissible (égale à  $0,01h_e$ ).

### I-3- 3-L'effet P-D :

Les effets du 2<sup>ème</sup> ordre peuvent causer des instabilités de niveau, les règles RPA99 prescrivent que ces effets peuvent être négligés dans le cas des bâtiments si la condition suivante est satisfaite à tous les niveaux:

$$q = \frac{P_K * \Delta_K}{V_K * h_K} \leq 0.10$$

Si  $0.10 \leq \theta_K \leq 0.20$ , les effets P-  $\Delta$  peuvent être pris en compte de manière approximative en amplifiant les effets de l'action sismique calculés au moyen d'une analyse élastique du 1<sup>o</sup> ordre

par le facteur:  $\frac{1}{1 - q_K}$

Si  $\theta_K > 0.20$ , la structure est potentiellement instable et doit être redimensionnée.

L'effet du deuxième ordre devient de plus en plus négligeable si la valeur de  $\theta$  devient de plus en plus petite, pour mettre en évidence cette susceptibilité à l'instabilité de niveau on a soumis ce facteur  $\theta$  à la comparaison.

Dans la formule précédente :  $P_K$  est le poids total de la structure et des charges des exploitations associés au-dessus du niveau "k",  $V_K$  est l'effort tranchant d'étage au niveau "k" ( $V_K = \sum F_i$ ),  $\Delta_K$  est le déplacement relatif du niveau "k" et  $h_K$  est la hauteur de l'étage "K".

#### **I-3-4-Le coefficient de sécurité vis-à-vis du renversement**

Le dernier facteur soumis à la comparaison est le coéficent de sécurité vis-à-vis du renversement, la vérification au renversement de la structure s'avère nécessaire pour justifier la stabilité d'un ouvrage sollicité par des efforts d'origine sismique. Donc il faut vérifier que

$$\frac{M_S}{M_r} \geq 1,5$$

**M<sub>s</sub>** : Moment stabilisant,  $M_s = W.L/2$

**M<sub>r</sub>** : Moment renversant,  $M_r = \sum F_i \times h_i$

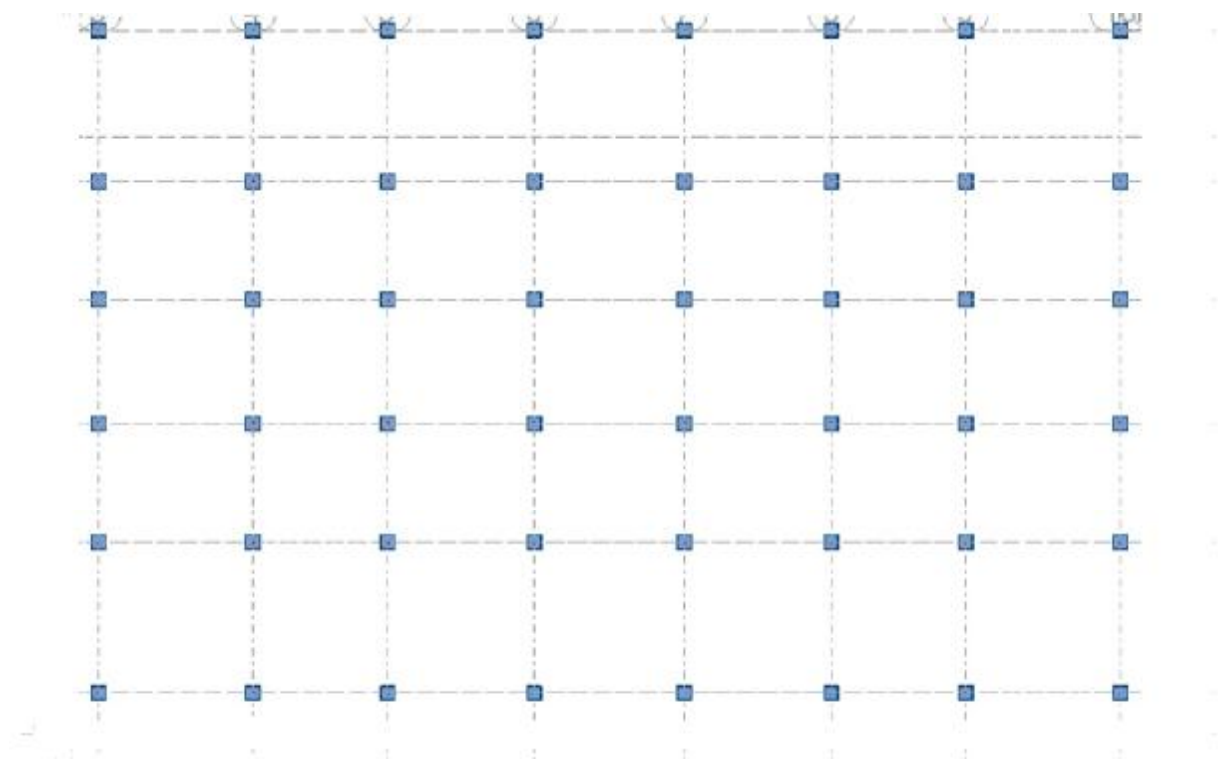
**W** : Poids du bâtiment.

**F** : Force sismique de niveau

**I-4 Présentation des variantes de contreventement :**

On a d'abord proposer cinq (5) variantes ayant la même longueur total des voiles pour contreventer le système initial. La disposition et la position des éléments de voiles de contreventement sont les paramètres qui définit chaque variante :

**ü Variante 0:** structure en portique autostables (Pas de voiles de contreventement)



**Figure I.6- Vue en plan de la variante 0.**

Ü Variante 1: Contreventement externe par des éléments de voiles discontinus

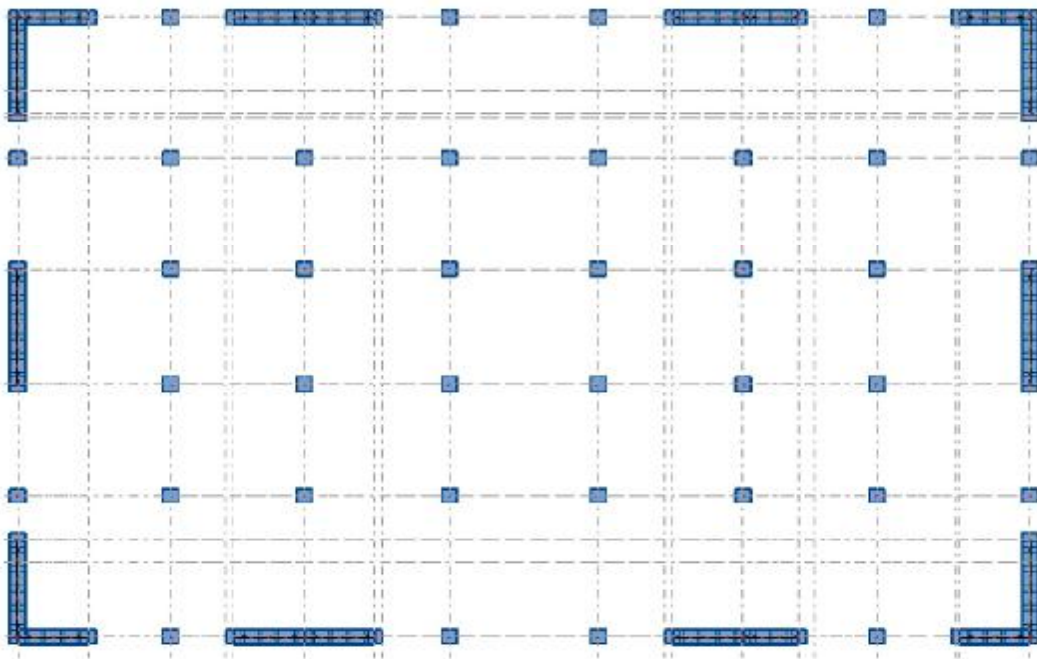


Figure I.7- vue en plan de la variante 1

Ü Variante2: : Contreventement externe par des éléments de voiles partiellement continus

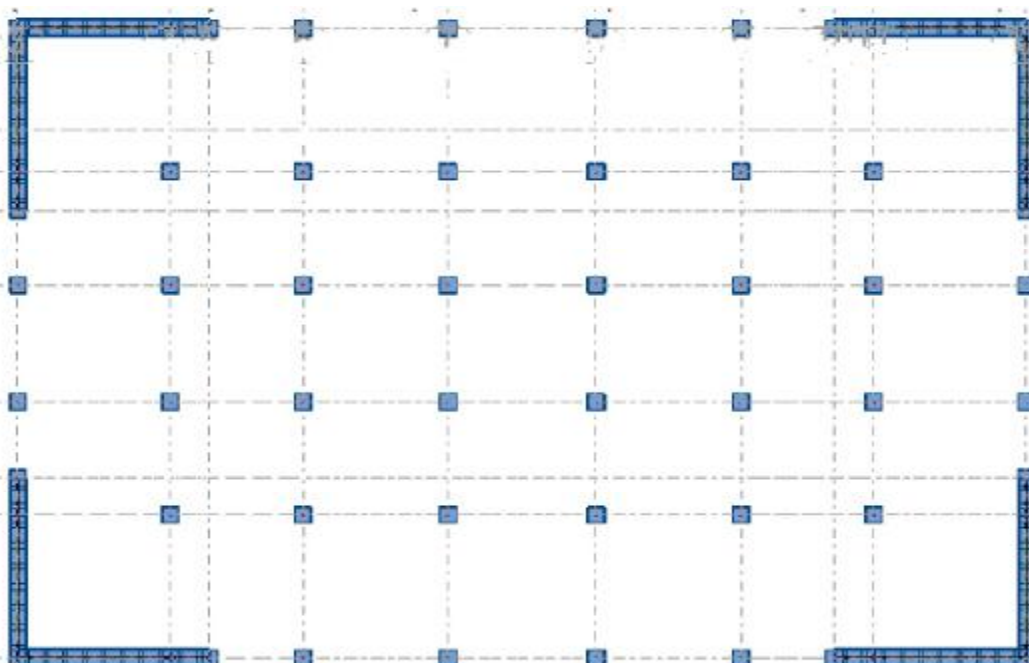
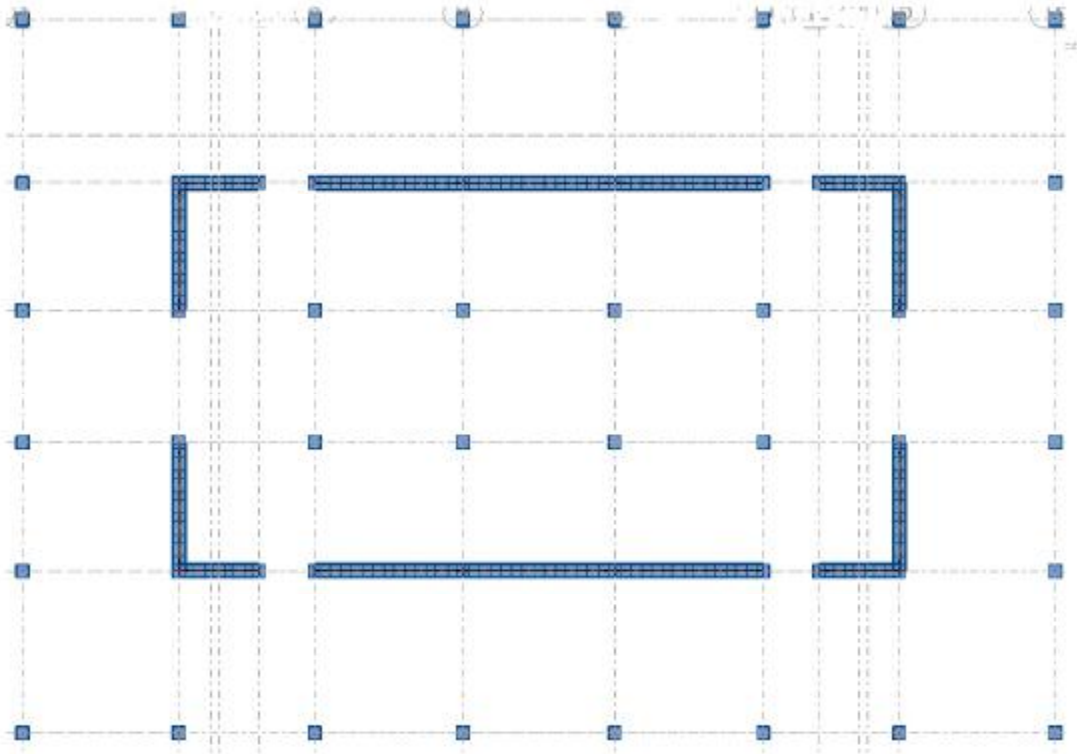


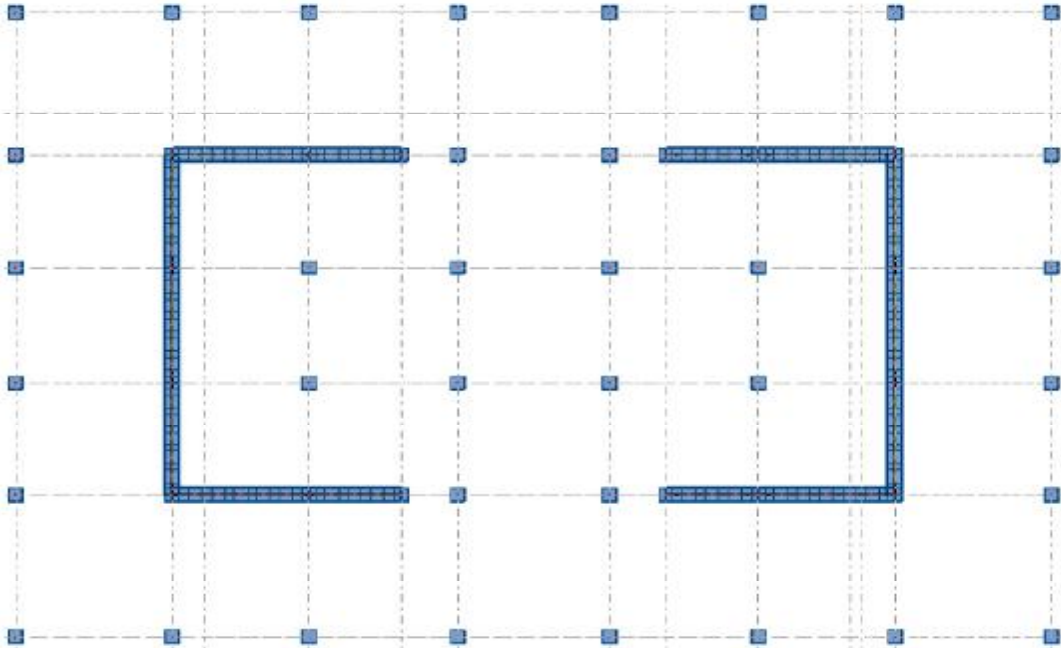
Figure I.8- vue en plan de la variante 2

**Ü Variante 3 :** Contreventement interne par des éléments de voiles discontinus



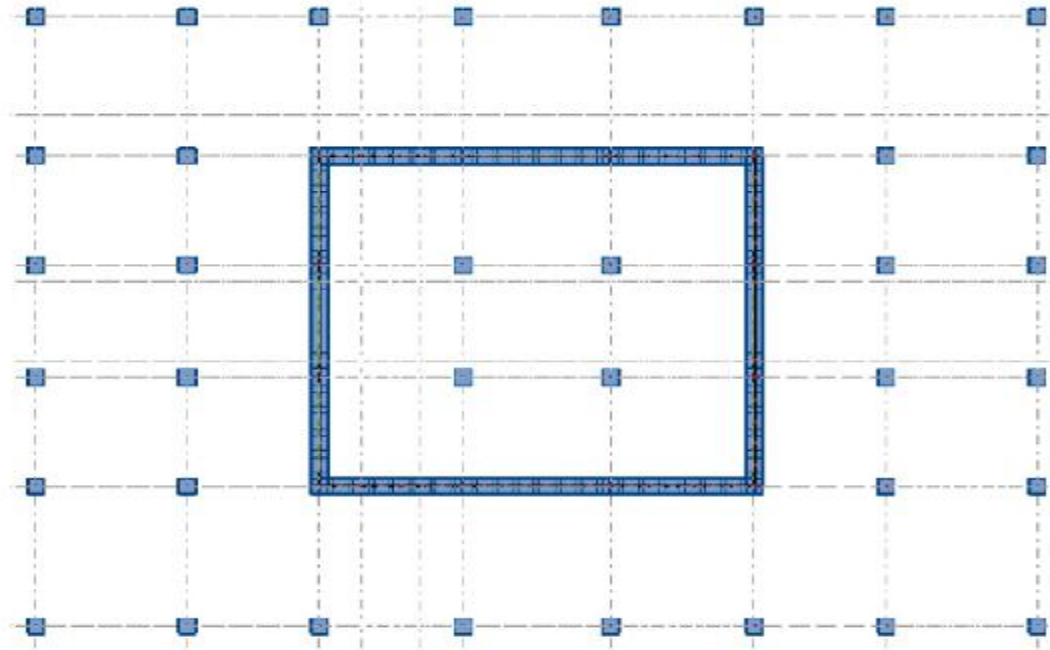
**Figure I.9-** vue en plan de la variante 3

**Ü Variante 4 :** Contreventement interne par des éléments de voiles partiellement continus



**Figure I.10-** vue en plan de la variante 4

**Ü Variante 5 :** Contreventement interne par des éléments de voiles totalement continus (noyau avec ouverture pour garder le même volume de béton)



**Figure I.11- vue en plan de la variante 5**

Ensuite pour les variantes ne donnant pas la solution optimale en rigidité, on a fait varier la longueur ( en l'augmentant si l rigidité est faible ou en la diminuant si elle est forte) pour l'amener à la valeur optimale et d'étudier ensuite l'effet de cette variation sur les autres facteurs et sur le coût global du contreventement

---

*Chapitre II:*

*Etude des variantes*

---

**Introduction :** Dans ce chapitre nous allons étudier les variantes on a utilisé la même longueur totale de contreventement (donnant ainsi le même volume de béton et donc approximativement le même coût) calculé les facteurs de règle parasismique pour vérifier la rigidité et stabilité des structures pour différentes positions des éléments de contreventement. Ensuite pour les variantes ne donnant pas la solution optimale en rigidité, on a fait varier la longueur pour l'amener à la valeur optimale et d'étudier ensuite l'effet de cette variation sur les autres facteurs et sur le coût global du contreventement.

**II-1-Etude du variante 0 :** structure en portique (sans voiles).

### II-1-1- Présentation de l'ouvrage:

L'ouvrage faisant l'objet de la présente étude est un bâtiment R+5 à usage d'habitation, il sera implanté dans la wilaya de M'sila, ville classée comme une zone de moyenne sismicité, zone sismique IIa selon le règlement parasismique Algérienne ( R.P.A99 Version 2003 ).

#### a -Caractéristique géométrique de L'ouvrage:

L'ouvrage a les caractéristiques géométriques suivantes :

- Ø Dimensions en plan :  $L_x = 26.20$  m ;  $L_y = 16.49$  m
- Ø Hauteur total :  $H = (3.06 * 6) = 18.36$  m
- Ø Le bâtiment est classé sous groupe 2
- Ø Le bâtiment sera implanté dans la wilaya de M'sila ( la zone IIa ) qui est de moyenne Sismicité
- Ø La contrainte admissible du sol = 2 bars

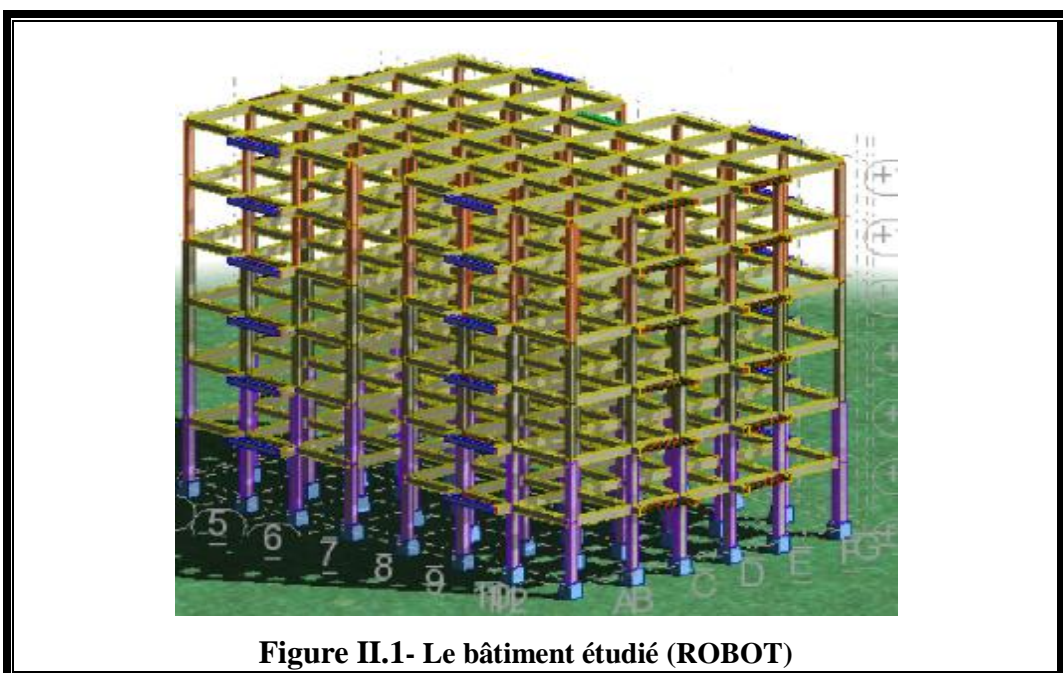


Figure II.1- Le bâtiment étudié (ROBOT)

### b- caractéristique des matériaux :

- Ø Résistance à la compression ( $f_{cj}$ ) :  $F_{c28}=25\text{Mpa}$
- Ø Résistance à la traction ( $f_{tj}$ ) :  $F_{tj}=0.6+0.06F_{ij}$      $F_{t28} =2.1 \text{ Mpa}$
- Ø La module de déformation  $E_{ij} = 11000 \sqrt[3]{f_{cj}} \text{ MPa}$  .

Dans notre cas  $E_{ij} = 32164,2 \text{ MPa}$  .

Ø

oefficient de poisson :

En général pour le béton :  $\begin{cases} \text{E.L.U: béton fissuré } n = 0 \\ \text{E.L.S: béton non fissuré } n = 0,2 \end{cases}$

- Ø Les aciers seront du type haut adhérence – HA- et de nuance Fe400
- Ø La limite d'élasticité longitudinale de l'acier  $E_s= 200000\text{MPa}$

### II-1-2-Prédimensionnement:

Le Prédimensionnement est une étape très importante pour la suite des calculs, il sert à déterminer par un procédé estimatif réglementaire les sections préliminaires des éléments principaux et secondaires de la construction étudiée. Il est basé sur la vérification anticipée de certaines conditions sur les contraintes et les flèches conformément aux règles en vigueur

#### a-Les Planchers:

Tous les planchers sont a corps- creux ,ce choix a été adopte pour les condition suivante :

- l'absence des charges concentre importante sur les planchers
- plus économique qu'une dalle pleine
- Bon isolation phonique et thermique

#### Ø II.1.1.1-Plancher:

En se basant sur la condition de flèche :

$$\begin{cases} h_t \geq \frac{L}{22,5} \\ h_t \geq \frac{L}{15} \cdot \frac{M_t}{M_0}, (M_t = 0,75 M_0) (M_0 \text{ moment isostatique}) \end{cases}$$

L :la plus grande dimension de nervures (L=3.40m)

$$D'où: \begin{cases} h_t \geq \frac{340}{22,5} = 15,11 \text{ cm} . \\ h_t \geq 340 \times 0,75 = 17 \text{ cm} . \end{cases}$$

On prend l'épaisseur du plancher :  $h_t = (16+4) \text{ cm}$

**b-Les nervures:**

La section transversale des nervures est assimilée à une section en tés (T) de caractéristique géométrique suivants :

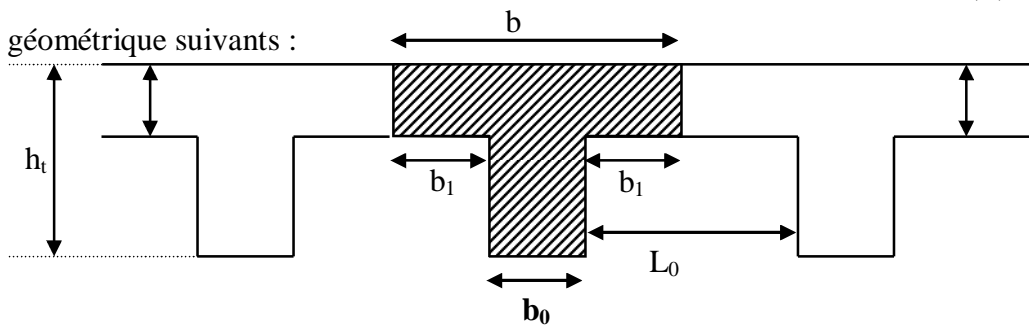


Figure II.2 les nervures

Pour le calcul des nervures on considère une section en forme de "T" de hauteur totale ( $H_T=25\text{cm}$ ) et une hauteur utile  $h_t$  définie comme suite :  $d=0.9h_t$  et on doit prendre la largeur de la nervure ( $b_0=10 \text{ cm}$ ) pour des raisons constructives.

-L'épaisseur minimal de d'après le (CBA93 art B-6-8-2-2 page 136 est de ( $h_0= 5\text{cm}$ )).

-La largeur de la table de compression donnée par :

$$b=b_0+2b_1 \quad \text{avec} \quad b_1= \min \left( \frac{L_0}{2} \cdot \frac{L}{10} \right) \text{ ou :}$$

•  $L_0$ : la distance entre deux nervures.

$$L_0: 65-b_0 = 55 \text{ cm}$$

•  $L$ : est la portée libre de la poutrelle :  $L =4.60 \text{ cm}$ .

$$\text{Donc : } b_1= \min (27.5,46) = 27.5 \text{ cm} \Rightarrow b =10+2 \times 27.5=65 \text{ cm}.$$

**▼ Tableau récapitulatif:**

<b>Epaisseur de la dalle de compression</b>	<b>4 cm</b>
<b>Epaisseur de l'entrevous</b>	<b>16 cm</b>
<b>La largeur <math>b_0</math> des nervures</b>	<b>10 cm</b>
<b>Distance <math>L_0</math> entre deux nervures</b>	<b>55 cm</b>

Tableau II.1 Tableau récapitulatif

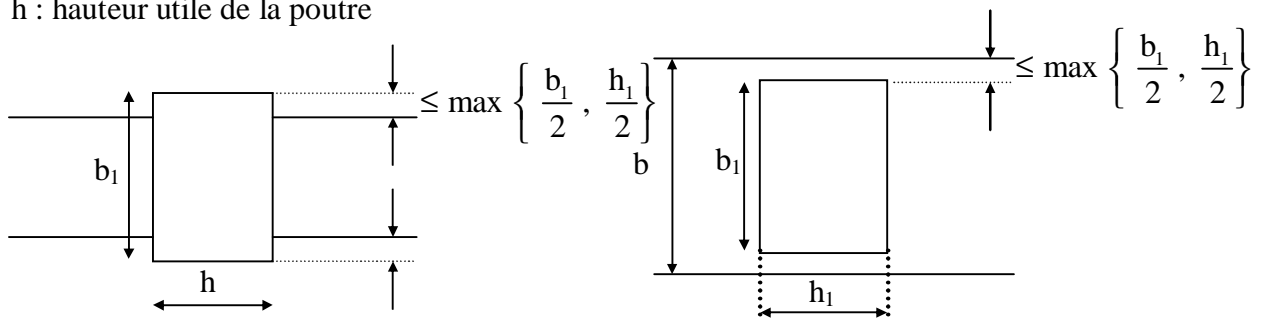
**c-Les poutres:**

Selon le (RPA 99 VERSION 2003 ) article(7-5page 51-52).

- ✓  $b \geq 20 \text{ cm}$
- ✓  $h \geq 30 \text{ cm}$
- ✓  $\frac{h}{b} \leq 4$
- ✓  $b_{\max} \leq 1.5h + b_1$

Où  $b$ : est largeur de la poutre.

$h$  : hauteur utile de la poutre



Figur II-3- les poutre

Selon la condition de flèche (CBA93 et BAEL 91):

$$h = \begin{cases} \frac{L}{16} \text{ à } \frac{L}{10} & \text{Pour les poutres sur appuis simples.} \\ \frac{L}{18} \text{ à } \frac{L}{15} & \text{Pour les poutres continues (travées intermédiaires).} \\ \frac{L}{16} \text{ à } \frac{L}{12} & \text{Pour les poutres continues (travées de rives).} \end{cases}$$

$0.3h \leq b \leq 0.6h$  pour un section rectangulaire :

$0.2 h \leq b \leq 0.4h$  pour un section en T:

a

= 350cm

**Poutres principales: L**

$39 \geq h \geq 21.87 \text{ cm} \dots \dots \dots \mathbf{h = 40 \text{ cm.}}$

$24 \geq b \geq 12 \text{ cm} \dots \dots \dots \mathbf{b = 30 \text{ cm.}}$

**Vérification:** (conditions minimales RPA)

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

- $h=40\text{cm} > 30\text{ cm}$ , vérifié
- $\frac{b}{h}=0.75 \leq 4$ , vérifié

a **Poutres secondaires : L = 340cm**

$38 \geq h \geq 21.25\text{cm} \dots \dots \dots \mathbf{h = 40\text{ cm}}$ .

$24 \geq b \geq 12\text{cm} \dots \dots \dots \mathbf{b = 30\text{ cm}}$ .

**Vérification:** (conditions minimales RPA)

- $b = 30\text{ cm} \geq 20\text{ cm}$ , vérifié.
- $h = 40\text{ cm} \geq 30\text{ cm}$ , vérifié.
- $\frac{b}{h}=0.75 \leq 4$ , vérifié.

a **Poutre palière: L =340 cm.**

$34 \geq h \geq 21.25\text{ cm} \dots \dots \dots \mathbf{h = 40\text{ cm}}$ .

$24 \geq b \geq 12\text{ cm} \dots \dots \dots \mathbf{b = 30\text{ cm}}$ .

**Vérification:** (conditions minimales RPA)

- $b = 30\text{ cm} \geq 20\text{ cm}$ , vérifié.
- $h = 40\text{ cm} \geq 30\text{ cm}$ , vérifié.
- $\frac{b}{h}=0.75 \leq 4$ , vérifié.

**d-Les poteaux:**

Les poteaux sont les éléments porteurs et assure une certain contreventement plancher poutre, ils doivent supportent principalement les charges et les surcharges verticales leur dimensions doivent satisfaire les conditions données Selon R.P.A 99 « version 2003 art 7.4 p 48»,

Les dimensions des poteaux doivent respecter les conditions suivantes :

- ✓  $\text{Min} \{b_1, h_1\} \geq 25\text{ cm}$  (en zone I et IIa)
- ✓  $\text{Min} \{b_1, h_1\} \geq h_c/20$
- ✓  $\frac{1}{4} \leq \frac{b_1}{h_1} \leq 4$

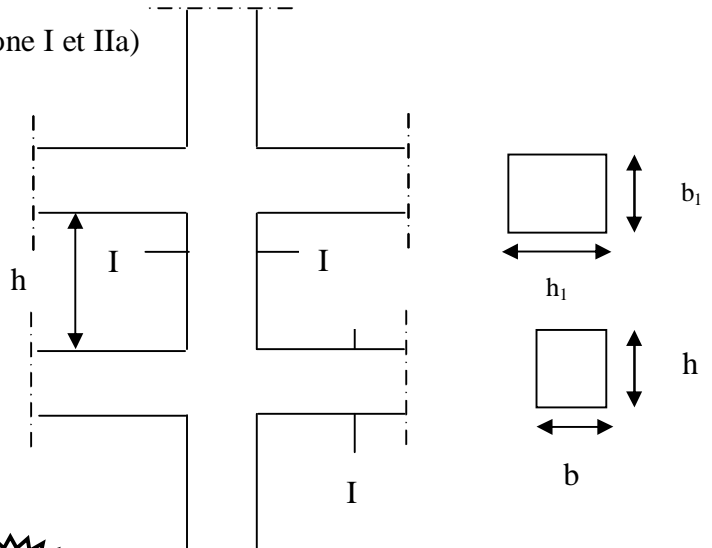


Figure II.4 coffrages des poteaux

Toutes ces conditions sont vérifiées cependant que pour des raisons techniques de réalisation et de rapidité d'exécution on généralise l'utilisation aux poteaux les plus sollicités soit : les poteaux centraux d'où :

étage	RDC-1	2-3	4-5
Poteaux (cm <sup>2</sup> )	40 ´ 40	35 ´ 35	30×30

Tableau II.2- Prédimensionnement des poteaux

**Vérification:** (dimensions minimales RPA)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}\{40,40\} \geq 25 \text{ cm ; vérifié.} \\ \text{Min}\{40,40\} \geq \frac{306}{20} = 15.3 \text{ cm (RDC et étage courant) ; vérifié.} \\ 0.25 \leq \frac{40}{40} = 1 \leq 4 \text{ vérifié.} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}\{35,35\} \geq 25 \text{ cm ; vérifié.} \\ \text{Min}\{35,35\} \geq \frac{306}{20} = 15.3 \text{ cm (RDC et étage courant) ; vérifié.} \\ 0.25 \leq \frac{35}{35} = 1 \leq 4 \text{ vérifié} \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Min}\{30,30\} \geq 25 \text{ cm ; vérifié.} \\ \text{Min}\{30,30\} \geq \frac{306}{20} = 15.3 \text{ cm (RDC et étage courant) ; vérifié.} \\ 0.25 \leq \frac{30}{30} = 1 \leq 4 \text{ vérifié} \end{array} \right.$$

**e-Les voiles:**

Prédimensionnement des murs en béton armé justifiés par l'article 7.7.1 du RPA99 ils servent d'une part à contreventer le bâtiment en reprenant les efforts horizontaux (séisme et vent) et d'autre part de reprendre les efforts verticaux qu'ils transmettent aux fondations.

## **Chapitre II :etude des variantes**

---

Les charges verticales, charges permanentes et surcharges.

Les actions horizontales, effet de séisme et du vent.

Les voiles assurant le contreventement sont supposés pleins.

## Chapitre II :étude des variantes

Seuls les efforts de translation seront pris en compte, ceux de la rotation ne sont pas connus dans le cadre de ce pré dimensionnement.).

D'après l'article 7-7-1 RPA99/ version 2003

« Les éléments satisfaisant la condition ( $L \geq 4e$ ) sont considérés comme des voiles, contrairement aux éléments linéaires. » Avec :

L : porté du voile.

e : épaisseur du voile.

D'après l'article 7-7-1 RPA99/ version 2003

« L'épaisseur minimale est de 15 cm », de plus l'épaisseur doit être déterminée en fonction de la hauteur libre d'étage  $h_e$  et des conditions de rigidité aux extrémités comme indiquées dans La figure.

$$e \geq \text{Max} (h_e/20, h_e/22)$$

$$e \geq h_e/22 = 306/22 = 14\text{cm}$$

$$e \geq h_e/20 = 306/20 = 15.3\text{cm}$$

$$e \geq \text{Max} (15.3, 14)$$

On adopte Alors :  $e = 20\text{cm}$

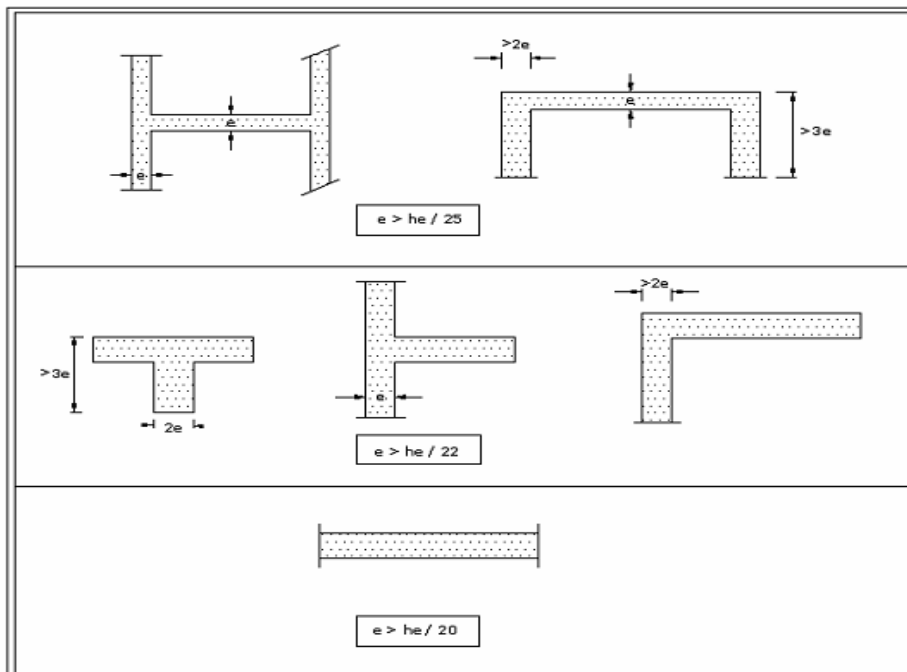


Figure II.5- dimensionnement les voiles

$$a \geq \frac{306}{20} = 15.3\text{cm}$$

**II-1-3-Évaluation des charges et des surcharges:**

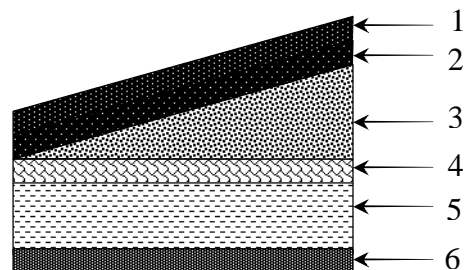
Les charges permanentes  $G$  sont obtenues à partir des dimensions géométriques des éléments et des ouvrages, déduit des plans et du poids volumique des matériaux les constituantes. et les surcharges d'exploitations  $Q$  sont évaluées selon le D.T.R.B.C.2.2

**a-Plancher terrasse (non accessible):** (corps-creux)

1-Protection en gravillon roulé (5 cm) .....	$0,05 \times 1500 = 75 \text{ Kg/m}^2$
2-Etanchéité multicouche(2 cm) .....	$0,02 \times 600 = 12 \text{ Kg/m}^2$
3-Forme de pente (10 cm).....	$0,10 \times 2200 = 220 \text{ Kg/m}^2$
4-Isolation thermique (4 cm).....	$0,04 \times 400 = 16 \text{ Kg/m}^2$
5-Plancher à corps-creux (16+4) .....	$=265 \text{ Kg/m}^2$
6-Enduit de plâtre (2 cm) .....	$0,02 \times 1400 = 28 \text{ Kg/m}^2$

**charge permanente :  $G = 640 \text{ Kg/m}^2$  .**

**charge d'exploitation :  $Q = 100 \text{ Kg/m}^2$**

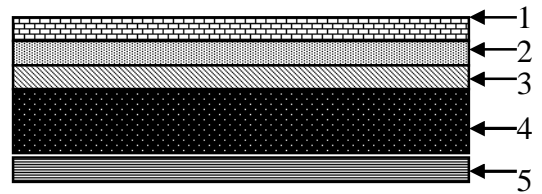


**Figure II.6 plancher terrasse**

**b-Plancher étage courant:** (corps-creux)

1-Mortier de pose (2 cm).....	$0,02 \times 2200 = 44 \text{ Kg/m}^2$
2-Revêtement en carrelage (2 cm).....	$0,02 \times 2000 = 40 \text{ Kg/m}^2$
3-Lit de sable (3 cm).....	$0,03 \times 1800 = 54 \text{ Kg/m}^2$
4-Plancher à Corps-creux (16+4) cm.....	$= 265 \text{ Kg/m}^2$
5-Enduit en plâtre (2 cm).....	$0,02 \times 1400 = 28 \text{ Kg/m}^2$
6-Cloisons légères.....	$= 100 \text{ Kg/m}^2$

charge permanente:  $G = 540 \text{ Kg/m}^2$ .  
 charge d'exploitation :  $Q = 150 \text{ Kg/m}^2$



Figur.II-7- Planchers d'étages courant

**c-Mur extérieurs:**

Notre choix s'est porté sur une maçonnerie en brique en double mur avec 30 % d'ouverture.

- Enduit extérieur (2 cm).....  $0,02 \times 2000 = 40 \text{ Kg/m}^2$
- Brique creuses (15 cm).....  $0,15 \times 1300 = 195 \text{ Kg/m}^2$
- Brique creuses (10 cm).....  $0,1 \times 1300 = 130 \text{ Kg/m}^2$
- Enduit intérieur (1,5 cm).....  $0,015 \times 1400 = 21 \text{ Kg/m}^2$

$$\Sigma = 386 \text{ Kg/m}^2$$

Avec 30 % d'ouverture :  $386 \times 0,7 = 270,2 \text{ Kg/m}^2$

**G = 386 Kg/m<sup>2</sup>.**

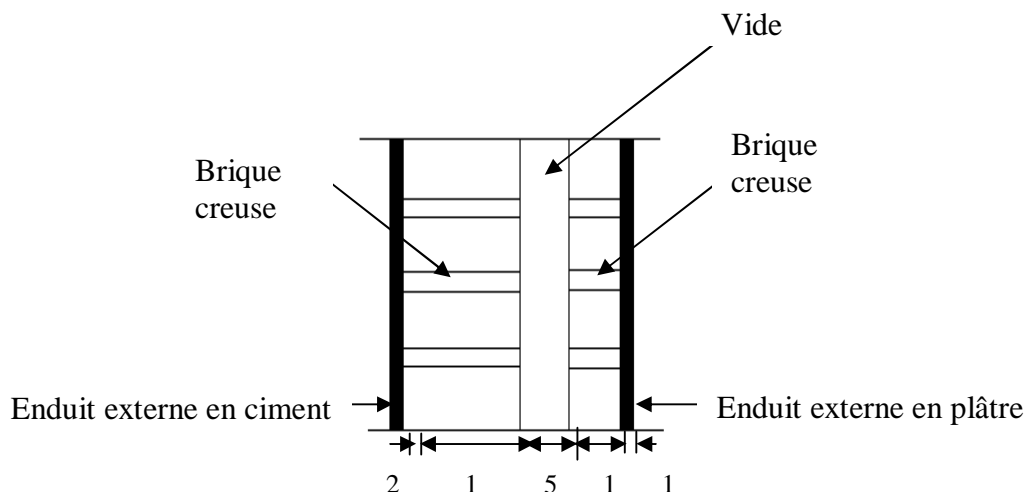


Figure II-8-Mur de façade

**d-Balcon Accessible:**

- Revêtement en carrelage (2 cm) .....  $0,02 \times 2200 = 44 \text{ Kg/m}^2$
- Mortier de pose (2 cm) .....  $0,02 \times 2000 = 40 \text{ Kg/m}^2$
- Lit de sable (3 cm) .....  $0,03 \times 1800 = 54 \text{ Kg/m}^2$
- Dalle en béton armé (15 cm) .....  $0,15 \times 2500 = 375 \text{ Kg/m}^2$
- Enduit en ciment (2 cm) .....  $0,02 \times 2000 = 40 \text{ Kg/m}^2$

**Charge permanente:  $G = 515 \text{ Kg/m}^2$ .**

**Charge d'exploitation :  $Q = 350 \text{ Kg/m}^2$**

**e-Acrotère:**

**Section transversale :**  $S = (0,6 \times 0,1) + (0,08 \times 0,1) + 1/2 (0,02 \times 0,1) = 0,069 \text{ m}^2$

- Poids linéaire :  $G = S \times \rho$  .....  $0,069 \times 2500 = 172,5 \text{ kg/ml}$
- Enduit en ciment extérieur (1,5 cm) .....  $0,015 \times 2000 = 30 \text{ Kg/m}^2$
- Enduit en ciment intérieur (1,5 cm) .....  $0,015 \times 2000 = 30 \text{ Kg/m}^2$

**$A_{\text{acrotère}} = 172,5 + 30 \times 2 = 232,5 \text{ Kg/ml}$**

**▼ Tableau récapitulatif des charges et des surcharges:**

	Charge permanente $G'' \text{ Kg/m}^2''$	Charge d'exploitation $Q'' \text{ kg/m}^2''$
<b>Plancher terrasse</b>	<b>640</b>	<b>100</b>
<b>Planche d'étage courant</b>	<b>540</b>	<b>150</b>
<b>Mur de façade</b>	<b>386</b>	-
<b>Cloison intérieure</b>	<b>163</b>	-
<b>Balcon accessible</b>	<b>515</b>	<b>350</b>
<b>Acrotère</b>	<b>221,40 (Kg/ml)</b>	-

**TableauII-3- récapitulatif des charges et des surcharges**

### II-1-4-Présentation de logiciel de calcul :

#### Introduction :

ROBOT est un logiciel destiné à modéliser, analyser et dimensionner tout type de structures.

Les caractéristiques principales du logiciel Robot millenium sont les suivantes :

- Ø Possibilité de présentation des différents types de résultats de calcul (efforts internes, déplacements ...etc.)
- Ø Possibilité d'effectuer plusieurs types d'analyse des structures (statique et dynamique).
- Ø Possibilité de composer librement les impressions (note de calcul, captures d'écran, composition de l'impression, copie des objets vers d'autres logiciels.)

#### a-Modélisation :

ROBOT permet de modéliser tout type de structure en 2D ou en 3D composées d'éléments barre, poutres, éléments surfaciques ou volumiques. Il permet d'introduire parfaitement la géométrie, le chargement, les matériaux, les conditions aux frontières voire même les règlements et normes adoptés.

#### b-Généralité sur le ROBOT :

Le logiciel ROBOT, permet de modéliser tous les éléments du bâtiment.

- Ø La modélisation des planchers par le logiciel ROBOT ne présente aucune difficulté même s'ils sont conçus en corps creux
- Ø Conditions aux limites : possibilité de considérer des appuis rigides (encastrement, appuis simples ou doubles) comme il est possible d'introduire les caractéristiques du sol de fondation pour l'étude de l'interaction sol-structure.
- Ø Le ROBOT permet de calculer la section d'acier pour chaque élément de structure suivant le BAEL91.
- Ø Possibilités d'utilisation des câbles de précontrainte dans le système Robot

- Ø Les résultats peuvent être présentés en mode graphique (diagrammes) ou en mode texte (tableaux).
- Ø Le Robot calcule la descente de charge automatiquement après la définition de matériaux.
- Ø Le Robot est un logiciel professionnel adapté aux constructions en acier, en béton, en bois, en béton armé, ou mixtes (béton, acier)
- Ø Le Robot permet d'effectuer les vérifications selon plusieurs normes et règlements algériens.

### **c-Travail avec Robot - principes généraux**

Avant d'aborder les principes de l'utilisation du système Robot, veuillez retenir quelques règles générales du fonctionnement du système :

- Ø Les nouveaux nœuds sont créés de façon automatique lors de la définition des barres. Si la barre est créée à base de nœuds existants, les nouveaux nœuds ne seront pas créés.
- Ø La suppression d'une barre ne supprime pas ses nœuds.
- Ø Lors de l'affectation d'un attribut (appui, section, charges etc.), vous pouvez définir ses propriétés et, ensuite, sélectionner les barres/nœuds auxquels cet attribut doit être affecté. Parfois il est plus commode d'inverser cette séquence d'actions et commencer par la sélection des barres/nœuds et, ensuite, définir l'attribut qui sera affecté à la sélection.

Le type de barre peut être affecté à la barre lors de la définition

**II-1-5- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT :**

Le tableau ci-dessous présente périodes et facteurs de participation massique des variantes 0

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	1.26	0.79	77,18	0,00	0,00	77,18	0,00	0,00
2	1.28	0.78	77,18	77,07	0,00	0,00	77,07	0,00
3	1.36	0,74	77,23	77,16	0,00	0,05	0,09	0,00
4	3.51	0,29	89,17	77,16	0,00	11,94	0,00	0,00
5	3,55	0,28	89,17	89,20	0,00	0,00	12,04	0,00
6	3,75	0,27	98,18	97,22	0,00	0,01	0,02	0,00

Tableau.II-4- périodes et facteurs de participation massique des variantes 0

**II-1-6-La vérification de RPA:**

**a-Vérification Tdynamique ≤ 1.3Tstatique**

Sens longitudinale :  $T_1 = 0.79s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . n'est pas vérifié

Sens transversale :  $T_1 = 0.79s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.52s$  .n'est pas vérifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 0

**b-Résultante des forces sismique de calcul:**

On a le poids total de la structure est égale:  $W = 2565.47t$

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 2,2 \times 1,2}{3,5} \times 2565.47$$

$$V_{sta} = 290.26 t$$

Spectre	$V_{dyn} (T)$	$V_{sta} (T)$	80% $V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	212.88	290.26	232.21	Ne vérifier pas
$E_y$	221.40	290.26	232.21	Ne vérifier pas

Tableau.II-5- Résultante des forces sismique du variante 0

**Remarque:**

remarquer que le variante 0 est ne vérifier pas la condition :

$$V_{dynamique} > 0.8V_{staique}$$

**Résultats:**

Notre bâtiment ne vérifie pas les condition de RPA. Donc la variante 0 apte pour les études approfondie

II-2-Etude du Variante 1:

II-2-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT :

Le tableau ci-dessous présente périodes et facteurs de participation massique des variantes 1

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	2,34	0,43	70,11	0,03	0,00	70,11	0,03	0,00
2	2,38	0,42	70,14	69,18	0,00	0,03	69,15	0,00
3	3,54	0,28	70,14	69,18	0,00	0,00	0,00	0,00
4	8,81	0,11	87,43	69,18	0,00	17,28	0,00	0,00
5	9,20	0,11	87,43	87,79	0,00	0,00	18,60	0,00
6	13,99	0,07	87,43	87,79	0,00	0,00	0,00	0,00

Tableau.II-6- périodes et facteurs de participation massique des variantes 1

II-2-2-La vérification de RPA:

a-Vérification  $T_{dynamique} \leq 1.3 T_{statique}$

Sens longitudinale :  $T_1 = 0.43s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . virifié

Sens transverse :  $T_1 = 0.43s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.52s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 1

b-Résultante des forces sismique de calcul:

On a le poids total de la structure est égale:  $W = 2909.44.t$

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A.D.Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2909.44$$

$$V_{sta} = 199 t$$

Spectre	$V_{dyn} (T)$	$V_{sta} (T)$	$80\% V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	185,75	199	159.2	vérifier
$E_y$	191,64	199	159.2	vérifier

Tableau.II-7- Résultante des forces sismique du variante 1

Remarque:

Bien remarquer que la variante 1 est vérifié la condition :

$$V_{dynamique} > 0.8V_{staique}$$

**Résultats:**

Notre bâtiment est vérifié les conditions de RPA. Donc la variante 1 est apte pour les études approfondies.

**II-3-Etude du Variante 2 :**

**II-3-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT :**

Le tableau ci-dessous présente les périodes et facteurs de participation massique des variantes 2

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	3,29	0,30	56,82	12,12	0,00	56,82	12,12	0,00
2	3,36	0,30	68,97	69,69	0,00	12,15	57,57	0,00
3	5,69	0,18	69,06	69,70	0,00	0,08	0,01	0,00
4	12,56	0,08	86,22	72,96	0,00	17,16	3,26	0,00
5	12,72	0,08	89,43	89,84	0,00	3,21	16,89	0,00
6	14,68	0,07	89,43	89,84	33,40	0,00	0,00	33,39

Tableau.II-8- périodes et facteurs de participation massique des variantes 2

**II-3-2-La vérification de RPA:**

**a-Vérification  $T_{dynamique} \leq 1.3 T_{statique}$**

Sens longitudinale :  $T_1 = 0.30s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . vérifié

Sens transversale :  $T_1 = 0.30s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.52s$  . vérifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 2

**b-Résultante des forces sismique de calcul**

Poids totale de la structure :  $W = 2914.18$

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2914.18$$

$V_{sta} = 199.32t$

Spectre	$V_{dyn} (T)$	$V_{sta} (T)$	$80\% V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	192,11	199.32	159.46	vérifier
$E_y$	198,97	199.32	159.46	vérifier

Tableau.II-9- Résultante des forces sismique du variante 2

**Remarque:**

Bien remarquer que la variante 2 est vérifier la condition :

$$D_{\text{dynamique}} > 0.8V_{\text{staique}}$$

**Résultats:**

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 2 apte pour les études approfondie.

**II-4-Etude du Variante 3 :**

**II-4-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT.**

Le tableau ci-dessous présente les périodes et facteurs de participation massique variantes 3

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	2,38	0,42	0,00	69,49	0,00	0,00	69,49	0,00
2	3,86	0,26	0,08	69,49	0,00	0,08	0,00	0,00
3	5,70	0,18	73,74	69,49	0,00	73,65	0,00	0,00
4	9,14	0,11	73,74	88,28	0,00	0,00	18,79	0,00
5	13,25	0,08	73,77	88,28	0,00	0,03	0,00	0,00
6	15,16	0,07	86,78	94.33	4,30	0,01	0,00	4,30

Tableau.II-10- périodes et facteurs de participation massique des variantes 3

**II-4-2-La vérification de RPA:**

**a-Vérification  $T_{\text{dynamique}} \leq 1.3T_{\text{statique}}$**

Sens longitudinale :  $T_1 = 0.42s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . virifié

Sens transversale :  $T_1 = 0.42s \leq 1,30 \times 0.41 = 0.52s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 3.

**b-Résultante des forces sismique de calcul:**

Poids totale de la structure :  $W = 2972.35t$

Donc La force sismique totale:  $V_{\text{sta}} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2972,35$$

$$V_{sta} = 203,30 \text{ t}$$

Spctre	$V_{dyn} \text{ (T)}$	$V_{sta} \text{ (T)}$	$80\% V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	197,23	203.30	162.68	vérifier
$E_y$	198,76	203.30	162.68	vérifier

Tableau.II-11- Résultante des forces sismique du variante 4

**Remarque:**

Bien remarquer que la variante 3 est vérifier la condition

$$V_{dynamique} \geq 0.8V_{staique}$$

**Résultats:**

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 3 apte pour les études approfondie.

**II-5 Etude du Variante 4 :**

**II-5-1 Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT.**

Le tableau ci-dessous présente périodes et facteurs de participation massique des variantes 4.

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	3,91	0,26	70,20	0,00	0,00	70,20	0,00	0,00
2	5,29	0,19	70,20	75,85	0,00	0,00	75,85	0,00
3	6,18	0,16	70,20	75,86	0,00	0,00	0,01	0,00
4	14,39	0,07	90,07	75,86	0,00	19,87	0,00	0,00
5	15,14	0,07	90,07	76,39	4,03	0,00	0,53	4,03
6	15,69	0,06	90,07	91,98	4,46	0,00	4,03	0,43

Tableau.II-12- périodes et facteurs de participation massique de variantes 4

**II-5-2-La vérification de RPA:**

**b-Vérification  $T_{dynamique} \leq 1.3T_{statique}$**

Sens longtidinale :  $T_1 = 0.26s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . virifié

Sens transvarsale :  $T_1 = 0.26s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.52s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 4.

**b-Résultante des forces sismique de calcul**

Poids totale de la structure :  $W = 2942.04 \text{ t}$

Donc La force sismique totale :  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2942.04$$

$V_{sta} = 201.23 \text{ t}$

Spectre	$V_{dyn} \text{ (T)}$	$V_{sta} \text{ (T)}$	$80\% V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	197,51	201.23	160.98	vérifier
$E_y$	211,89	201.23	160.98	vérifier

Tableau.II-13- Résultante des forces sismique du variante 4

**Remarque :**

Bien remarquer que la variante 4 est vérifier la condition :

$$V_{dynamique} \geq 0.8V_{staique}$$

**Résultats :**

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 4 apte pour les études approfondie.

**II-6-Etude du Variante 5 :**

**II-6-1- Résultats de l'analyse dynamique par logiciel ROBOT.**

Le tableau ci-dessous présente périodes et facteurs de participation massique des variantes 5

Mode	Fréquence [Hz]	Période [sec]	Masses Cumulées UX [%]	Masses Cumulées UY [%]	Masses Cumulées UZ [%]	Masse Modale UX [%]	Masse Modale UY [%]	Masse Modale UZ [%]
1	4,89	0,20	0,00	78,45	0,00	0,00	78,45	0,00
2	5,37	0,19	0,73	78,48	0,00	0,73	0,03	0,00
3	5,50	0,18	77,02	78,48	0,00	76,29	0,00	0,00
4	14,60	0,07	77,02	92,86	0,17	0,00	14,38	0,17
5	15,08	0,07	77,05	93,67	6,89	0,03	0,81	6,71
6	15,43	0,06	92,52	93,83	6,99	0,19	0,17	0,10

Tableau.II-14- périodes et facteurs de participation massique des variantes 5

**II-6-2-La vérification de RPA :**

**a-Vérification Tdynamique  $\leq 1.3T$ statique**

Sens longtidinale :  $T_1 = 0.20s \leq 1,30 \times 0.33=0.43s$  . virifié

Sens transversale :  $T_1 = 0.20s \leq 1,30 \times 0.40=0.43s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 5.

**b-Résultante des forces sismique de calcul**

**Poids totale de la structure :  $W = 2913.64t$**

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A.D.Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2913.64$$

$$V_{sta} = 199.29t$$

Spectre	$V_{dyn}$ (T)	$V_{sta}$ (T)	80% $V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	205,50	199.29	159.43	vérifier
$E_y$	215,02	199.29	159.43	vérifier

**Tableau.II-15- Résultante des forces sismique du variante 5**

**Remarque:**

Bien remarquer que la variante 5 est vérifier la condition :

$$V_{dynamique} > 0.8V_{staique}$$

**Résultats:**

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 5 apte pour les études approfondie.

**II-7- Calcul des déplacements:**

Les tableaux ci-dessous présente la variation de la déplacement relatif des étage pour défférentes variantes dans les deux sens :

**Sens (X-X):**

Niveau	Variante 0			Variante1		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0.022	0.11	0.015	0,005	0.025	0.005
4	0.019	0.095	0.020	0,004	0.020	0.005
3	0.015	0.075	0.020	0,003	0.015	0.005
2	0.011	0.055	0.020	0,002	0.010	0.005
1	0,007	0.035	0.020	0,001	0.005	0.005
RDC	0,003	0.015	0.015	0	0	0

Tableau.II-16- Le déplacement relatif au niveau variante 0 et variante 1 (sens x-x)

Niveau	Variante 2			Variante3		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0,003	0.015	0.005	0,004	0.020	0.005
4	0,002	0.015	0.005	0,003	0.015	0.005
3	0,002	0.010	0.005	0,002	0.010	0.005
2	0,001	0.005	0.005	0,001	0.005	0.005
1	0,001	0.005	0.005	0	0	0
RDC	0	0	0	0	0	0

Tableau.II-17- Le déplacement relatif au niveau variante 2 et variante 3 (sens x-x)

Niveau	Variante 4			Variante5		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0,003	0.015	0.005	0,003	0.015	0.005
4	0,002	0.010	0.005	0,002	0.010	0.005
3	0,002	0.005	0.005	0,001	0.005	0.005
2	0,001	0.005	0.005	0,001	0.005	0.005
1	0	0	0	0	0	0
RDC	0	0	0	0	0	0

Tableau.II-18- Le déplacement relatif au niveau variante 4 et variante 5 (sens x-x)

Sens (Y-Y):

Niveau	Variante 0			Variante1		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0.022	0.11	0.015	0,005	0.025	0.005
4	0.019	0.095	0.020	0,004	0.020	0.005
3	0.015	0.075	0.020	0,003	0.015	0.005
2	0.011	0.055	0.020	0,002	0.010	0.005
1	0,007	0.035	0.020	0,001	0.005	0.005
RDC	0,003	0.015	0.015	0	0	0.005

Tableau.II-19- Le déplacement relatif au niveau variante 0 et variante 1 (sens y-y)

Niveau	Variante 2			Variante3		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0,004	0.015	0.005	0,004	0.020	0.005
4	0,003	0.010	0.005	0,003	0.015	0.005
3	0,002	0.010	0.005	0,002	0.010	0.005
2	0,001	0.005	0.005	0,001	0.005	0.005
1	0,001	0.005	0.005	0	0	0
RDC	0	0	0	0	0	0

Tableau.II-20- Le déplacement relatif au niveau variante 2 et variante 3 (sens y-y)

Niveau	Variante 4			Variante5		
	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$	$\delta_{eK}$	$\delta_K$	$\Delta_K$
5	0,004	0.020	0.005	0,004	0.020	0.005
4	0,003	0.015	0.005	0,003	0.015	0.005
3	0,002	0.010	0.005	0,002	0.010	0.005
2	0,001	0.005	0.005	0,001	0.005	0.005
1	0	0	0	0	0	0
RDC	0	0	0	0	0	0

Tableau.II-21- Le déplacement relatif au niveau variante 4 et variante 5 (sens y-y)

**II- 8-Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  :**

Les tableaux ci-dessous présente la variation de la l'effetP-  $\Delta$  pour les déffirentes variantes dans les deux sens .

**Sens x-x :**

**Variante 0 :**

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	436,80	436,80	0.015	65,71	3.06	0.035
4	410,67	847.47	0.02	114,46	3.06	0.044
3	422,61	1270.08	0.02	151,39	3.06	0.054
2	422,61	1692.69	0.02	181,23	3.06	0.061
1	436,39	2129.08	0.02	201,91	3.06	0.068
RDC	436,39	2565.47	0.015	212,87	3.06	0.059

Tableau.II-22- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 0 (sens x-x)

**Variante 1 :**

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	494,05	494.05	0.005	58,43	3.06	0.013
4	468,07	962.12	0.005	101,22	3.06	0.015
3	479,86	1441.98	0.005	133,21	3.06	0.017
2	480,01	1921.99	0.005	158,94	3.06	0.024
1	493,79	2415.78	0.005	179,86	3.06	0.021
RDC	493,64	2909.42	0	189,69	3.06	0

Tableau.II-23- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 1 (sens x-x)

**Variante 2 :**

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	494,66	494,66	0.005	60,26	3.06	0.013
4	468,53	963.19	0 .005	103,38	3.06	0.014
3	480,47	1443.66	0.005	133,11	3.06	0.016
2	480,47	1924.13	0.005	157,99	3.06	0.017
1	494,25	2418.38	0.005	181,86	3.06	0.021
RDC	495,78	2914.14	0	193,77	3.06	0

Tableau.II-24- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 2 (sens x-x)

Variante 3 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> ( m)	V <sub>k</sub> ( t )	hi (m)	q
5	504,61	504,61	0.005	56,04	3.06	0.021
4	478,48	983.09	0.005	103,96	3.06	0.020
3	490,42	1473.51	0.005	141,82	3.06	0.019
2	490,42	1963.93	0.005	169,35	3.06	0.018
1	504,20	2468.13	0	192,87	3.06	0
RDC	504,20	2972.33	0	202,54	3.06	0

Tableau.II-25- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 3 (sens x-x)

Variante 4 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> ( m)	V <sub>k</sub> ( t )	hi (m)	q
5	499,56	499,56	0.005	60,92	3.06	0.013
4	473,43	972.99	0.005	105,41	3.06	0.015
3	485,37	1458.36	0.005	136,58	3.06	0.018
2	485,37	1943.37	0.005	162,38	3.06	0.017
1	499,15	2442.88	0.005	188,65	3.06	0.021
RDC	499,15	2942.03	0	201,97	3.06	0

Tableau.II-26- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 4 (sens x-x)

Variante 5 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> ( m)	V <sub>k</sub> ( t )	hi (m)	q
5	495,77	495,77	0.005	56,86	3.06	0.019
4	469,64	965.41	0.005	103,83	3.06	0.018
3	481,58	1446.99	0.005	137,97	3.06	0.017
2	481,58	1928.57	0.005	165,47	3.06	0.016
1	495,36	2423.93	0.005	191,15	3.06	0.0012
RDC	489,72	2913.65	0	205,04	3.06	0

Tableau.II-27- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 5 (sens x-x)

Les Tableaux justification Vis-à-vis De l'effet P- $\Delta$  Sens x-x

## Chapitre II :étude des variantes

Donc:  $\theta_{K(XX)} < 0.1 \implies$  Vérifié.

Sensy-y :

Variante 0 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	436,80	436,80	0.015	68,40	3.06	0,031
4	410,67	847.47	0.02	119,22	3.06	0,046
3	422,61	1270.08	0.02	157,63	3.06	0,052
2	422,61	1692.69	0.02	188,63	3.06	0,058
1	436,39	2129.08	0.02	209,96	3.06	0,066
RDC	436,39	2565.47	0.015	221,40	3.06	0,056

Tableau.II-28- Justification vis-à-vis de l'effet P- Δ variante 0 (sens y-y)

Variante 1 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	494,05	494.05	0.005	67,23	3.06	0.012
4	468,07	962.12	0.005	107,33	3.06	0.014
3	479,86	1441.98	0.005	140,51	3.06	0.016
2	480,01	1921.99	0.005	165,18	3.06	0.018
1	493,79	2415.78	0.005	186,69	3.06	0.020
RDC	493,64	2909.42	0	193,94	3.06	0

Tableau.II-29- Justification vis-à-vis de l'effet P- Δ variante 1 (sens y-y)

Variante 2 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	494,66	494,66	0.005	61,56	3.06	0.013
4	468,53	963.19	0.005	106,34	3.06	0.015
3	480,47	1443.66	0.005	137,19	3.06	0.017
2	480,47	1924.13	0.005	163,01	3.06	0.017
1	494,25	2418.38	0.005	188,13	3.06	0.020
RDC	495,78	2914.14	0	201,07	3.06	0

Tableau.II-30- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 2 (sens y-y)

Variante 3 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	504,61	504,61	0.005	76,19	3.06	0.010
4	478,48	983.09	0.005	114,47	3.06	0.014
3	490,42	1473.51	0.005	150,92	3.06	0.015
2	490,42	1963.93	0.005	176,12	3.06	0.018
1	504,20	2468.13	0.005	197,13	3.06	0.022
RDC	504,20	2972.33	0	205,23	3.06	0

Tableau.II-31- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 3 (sens y-y)

Variante 4 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	499,56	499,56	0.005	59,63	3.06	0.013
4	473,43	972.99	0.005	108,53	3.06	0.014
3	485,37	1458.36	0.005	144,70	3.06	0.016
2	485,37	1943.37	0.005	177,26	3.06	0.017
1	499,15	2442.88	0	201,39	3.06	0
RDC	499,15	2942.03	0	216,36	3.06	0

Tableau.II-32- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 4 (sens y-y)

Variante 5 :

Niveau	Wi (t)	P <sub>k</sub>	D <sub>k</sub> (m)	V <sub>k</sub> (t)	hi (m)	q
5	495,77	495,77	0.005	58,47	3.06	0.013
4	469,64	965.41	0.005	107,28	3.06	0.014
3	481,58	1446.99	0.005	144,71	3.06	0.016
2	481,58	1928.57	0.005	173,16	3.06	0.018
1	495,36	2423.93	0	201,95	3.06	0.019
RDC	489,72	2913.65	0	224,51	3.06	0

Tableau.II-33- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variante 5 (sens y-y)

Les Tableaux justification Vis-à-vis De l'effet P- $\Delta$  Sens y-y

Donc:  $\theta_{K(yy)} < 0.1$   $\implies$  Vérifié.

### II-9- Vérification au renversement:

les tableaux ci-dessous présente la variation de la coefficient de sécurité vis à vis du renversement pour les différentes variantes dans les deux sens.

Sens x-x :

	W ( t )	Lx (m)	L x / 2	Ms (t.m)	Mr (Robot)	Ms / Mr	Vérificat°
Variante 0	2565.47	26.20	13.10	33607.65	8361.42	4.01	vérifier
Variante 1	2909.42	26.20	13.10	38113.40	7392.17	5.15	vérifier
Variante 2	2914.14	26.20	13.10	38175.23	7473.77	5.10	vérifier
Variante 3	2972.33	26.20	13.10	38937.52	7710.10	5.11	vérifier
Variante 4	2942.03	26.20	13.10	38540.59	7666.18	5.02	vérifier
Variante 5	2913.65	26.20	13.10	38168.81	7626.83	5	vérifier

TableauII-34- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens x-x)

Sens y-y :

	W ( t )	Lx (m)	L x / 2	Ms (t.m)	Mr (Robot)	Ms / Mr	Vérificat°
Variante 0	2565.47	26.20	13.10	33607.65	8703.32	3.86	vérifier
Variante 1	2909.42	26.20	13.10	38113.40	8109.23	4.70	vérifier
Variante 2	2914.14	26.20	13.10	38175.23	8483.38	4.50	vérifier
Variante 3	2972.33	26.20	13.10	38937.52	8464.70	4.60	vérifier
Variante 4	2942.03	26.20	13.10	38540.59	8759.22	4.40	vérifier
Variante 5	2913.65	26.20	13.10	38168.81	7998.63	4.30	vérifier

Tableau-II-35- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens y-y)

Conclusion:

La stabilité au renversement est vérifiée dans les deux sens et pour les 05 variantes

**Remarque :** en remarqué les variantes 02 ,04.05 variante très rigide et plus stabilité

Pour les économé En proposé diminué la longueur des voiles pour optenire la solution optimale

**II-10- changment des dimensions des élément des contreventement pour avoir la solution optimal variante 2,4,5**

**II-10-1-Variante 2 :** on proposé diminué longueur des contreventement pour la solution optimal

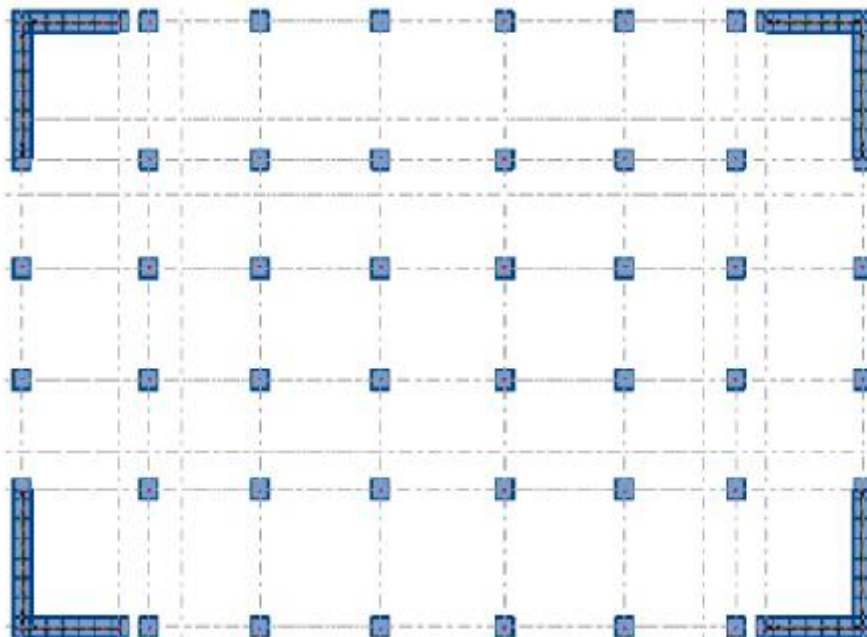


Figure II.9- vue en plan de la variante 2

- Période dynamique :

$$T = 0.43s$$

**a-Vérification Tdynamique  $\leq 1.3T$ statique**

**Sens longitudinale :**  $T_1 = 0.43s < 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . virifié

**Sens transvarsale :**  $T_1 = 0.43s < 1,30 \times 0.40 = 0.52s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale variante 2

### b-Participation massique:

$$\Sigma U_x = 90,99 \%$$

$$\Sigma U_y = 89,27 \%$$

### C-Résultante des forces sismique de calcul:

**Poids totale de la structure :W =2815.29 .t**

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2815.29$$

$$V_{sta} = 192.56t$$

Spectre	$V_{dyn}$ (T)	$V_{sta}$ (T)	80% $V_{sta}$	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	180,22	192.56	154.04	vérifier
$E_y$	189,04	192.56	154.04	vérifier

**Tableau.II-36- Résultante des forces sismique du variante 2**

### Remarque:

Bien remarquer que la variante 2 est vérifier la condition :

$$V_{dynamique} > 0.8V_{staique}$$

### Résultats:

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 2 apte pour les études approfondie.

**II-10-2-Variante 4:** on proposé diminué la longueur des voiles pour la solution optimal

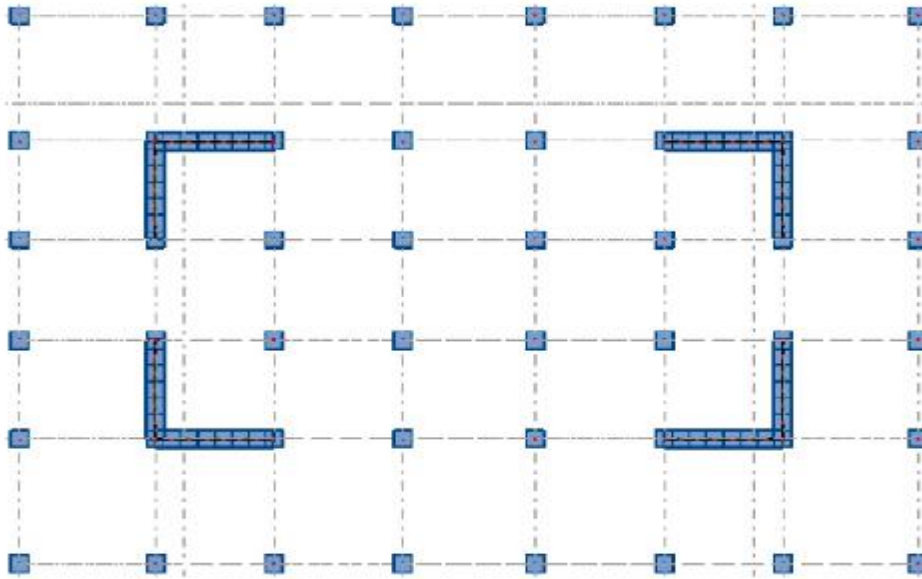


Figure II.10- vue en plan de la variante 4

**Période dynamique :**

$$T = 0.40s$$

**a-Vérification Tdynamique  $\leq 1.3T_{statique}$**

**Sens longitudinale :**  $T_1 = 0.40s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . virifié

**Sens transversale :**  $T_1 = 0.40s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.43s$  . virifié

$T_1$  : La période fondamentale du variante 4.

**b-Participation massique:**

$$\Sigma U_x = 89,05 \%$$

$$\Sigma U_y = 90.20 \%$$

**c-Résultante des forces sismique de calcul:**

**Poids totale de la structure :  $W = 2800.59t$**

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2800.59$$

$$V_{sta} = 191.56t$$

Spectre	$V_{dyn} (T)$	$V_{sta} (T)$	$80\% V_{sta}$	$0.8 V_{sta} < V_{dyn}$
---------	---------------	---------------	----------------	-------------------------

## Chapitre II :étude des variantes

$E_x$	181,05	191.56	153.24	vérifier
$E_y$	185,78	191.56	153.24	vérifier

Tableau.II-37- Résultante des forces sismique du variante 4

### Remarque:

Bien remarquer que la variante 4 est vérifier la condition :

$$V_{\text{dynamique}} > 0.8V_{\text{staique}}$$

### Résultats:

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 4 apte pour les études approfondie.

### II-10-3-Variante 5 :

On proposé diminué surface de voile pour la solution optimal

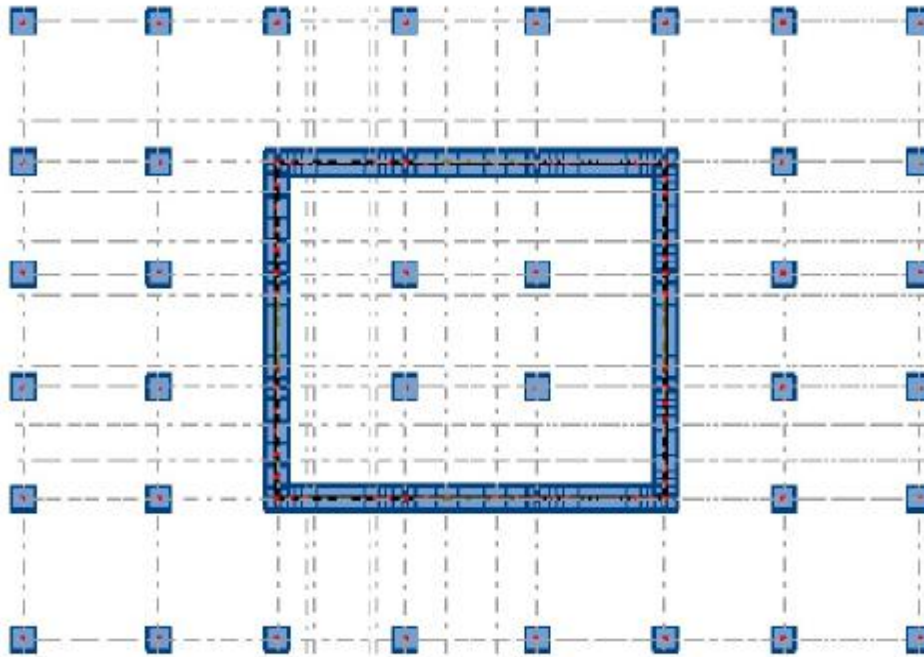


Figure II.11- vue en plan de la variante 5

- **Période dynamique**

$$T = 0.42s$$

**a-Vérification Tdynamique  $\leq 1.3T_{statique}$**

**Sens longitudinale :**  $T_1 = 0.42s \leq 1,30 \times 0.33 = 0.43s$  . **virifié**

**Sens transversale :**  $T_1 = 0.42s \leq 1,30 \times 0.40 = 0.43s$  . **virifié**

$T_1$  : La période fondamentale du variante 5.

**b-Participation massique:**

$$\Sigma U_x = 94,99 \%$$

$$\Sigma U_y = 95,21 \%$$

**C-Résultante des forces sismique de calcul:**

**Poids totale de la structure :  $W = 2798.77t$**

## Chapitre II :étude des variantes

Donc La force sismique totale:  $V_{sta} = \frac{A \cdot D \cdot Q}{R} W$  selon le RPA 99.

$$V_{sta} = \frac{0,15 \times 1,9 \times 1,2}{5} \times 2798.77$$

$$V_{sta} = 191.43t$$

Spectre	$V_{dyn}$ (T)	$V_{sta}$ (T)	80% V	$0.8V_{sta} < V_{dyn}$
$E_x$	192,55	191.43	153.14	vérifier
$E_y$	191,58	191.43	153.14	vérifier

Tableau.II-38- Résultante des forces sismique du variante 5

### Remarque:

Bien remarquer que la variante 5 est vérifier la condition :

$$V_{dynamique} > 0.8V_{staique}$$

### Résultats:

Notre bâtiment est vérifier les condition de RPA. Donc la variante 5 apte pour les études approfondie.

### II-11- Calcul des déplacements relatif $\Delta_K$ :

Sens x-x :  $\Delta_K$

étage	Variante 2	Variante 4	Variante 5
5	0.005	0.005	0.005
4	0.005	0.005	0.005
3	0.005	0.005	0.005
2	0.005	0.005	0.005
1	0.005	0.005	0.010
RDC	0.005	0.005	0.005

Tableau.II-39- Le déplacement relatif au niveau variantes changements des dimensions (sensx-x)

Sens y-y :

étage	Variante 2	Variante 4	Variante 5
5	0.005	0.005	0.005
4	0.005	0.005	0.005
3	0.005	0.005	0.005
2	0.005	0.005	0.005
1	0.005	0.005	0.005
RDC	0.005	0.005	0.005

Tableau.II-40- Le déplacement relatif au niveau variantes changements des dimensions (sensy-y)

Les déplacements relatifs inter-étages sont vérifiés et par conséquent le confort des usagers est vérifié.

#### II-12- Justification vis-à-vis de l'effet P- $\Delta$ :

Sens x-x :

étage	Variante 2	Variante 4	Variante 5
5	0.013	0.012	0.010
4	0.015	0.014	0.012
3	0.017	0.015	0.013
2	0.019	0.016	0.014
1	0.022	0.022	0.022
RDC	0	0	0

Tableau.II-41- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variantes changements des dimensions (sens x-x)

## Chapitre II :étude des variantes

Tableau II.25 justification Vis-à-vis De l'effet P- $\Delta$  Sens x-x

Donc:  $\theta_{K(XX)} < 0.1 \implies$  Vérifié.

Sens y-y :

étage	Variante 2	Variante 4	Variante 5
5	0,012	0.011	0.023
4	0,014	0,014	0.021
3	0,015	0,015	0.019
2	0,016	0,016	0.014
1	0,021	0,021	0.012
RDC	0	0	0

Tableau.II-42- Justification vis-à-vis de l'effet P-  $\Delta$  variantes changements des dimensions (sens y-y)

Tableau II.26 justification Vis-à-vis De l'effet P- $\Delta$  Sensy-y

Donc:  $\theta_{K(XX)} < 0.1 \implies$  Vérifié.

### II-13- Vérification au renversement:

Sens x-x:

variante	Variante 2	Variante 4	Variante 5
F <sub>s</sub>	4.50	4.60	5.40

Tableau-II-43- Sécurité vis à vis du renversement dans les variantes changements des dimensions (sens x-x)

Sens y-y :

variante	Variante 2	Variante 4	Variante 5
F <sub>s</sub>	4.60	4.35	4.25

Tableau-II-44- Sécurité vis à vis du renversement dans les variantes changements des dimensions (sens y-y)

### **Conclusion:**

La stabilité au renversement est vérifiée dans les deux sens et pour les 03 variantes

---

*Chapitre III :*  
*effet de la position et des*  
*dimensions sur les*  
*différents facteurs*

---

**Introduction :** Dans ce chapitre nous allons comparer les résultats des calculs concernant les variantes pour lesquelles on a utilisé la même longueur totale de contreventement (donnant ainsi le même volume de béton et donc approximativement le même coût) et on va discuter l'effet d'un tel choix sur la stabilité et la rigidité globale de la structure et après tout sa nous allons comparer les résultats des calculs concernant les variantes pour lesquelles on a obtenu les mêmes valeurs de périodes du premier mode et donc pratiquement de même rigidité globale de la structure et on va discuter l'effet de ce choix sur la stabilité globale de la structure et sur le coût global du contreventement.

### III-1-effet de la position sur les différents facteurs

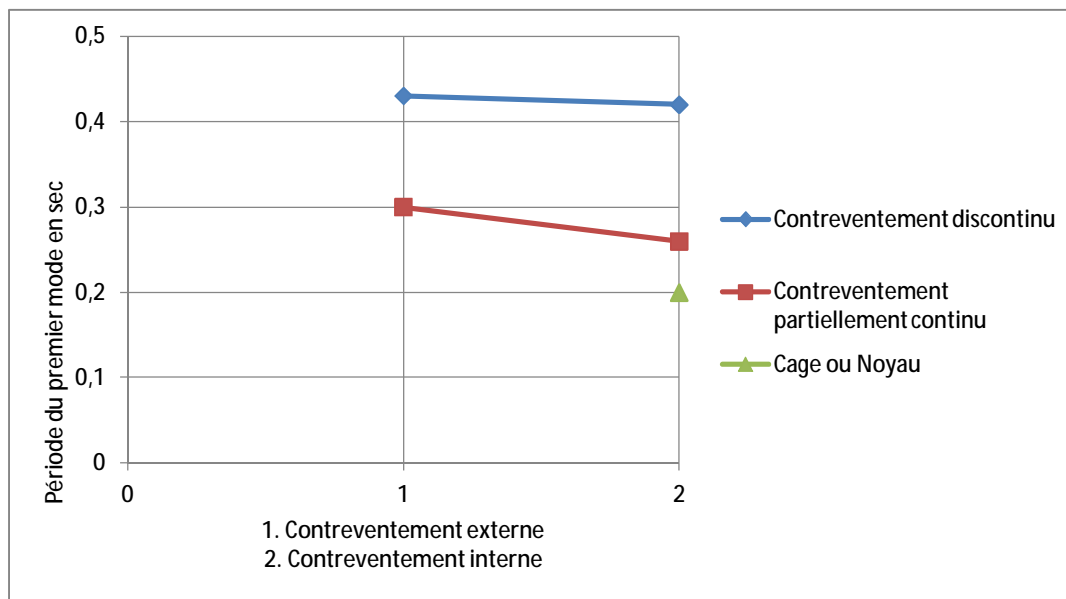
#### III-1-1- Effet de la position des éléments de contreventement sur la rigidité globale de la structure :

La période fondamentale traduit la flexibilité et la rigidité de la structure, les règles parasismiques algériennes prescrivent comme rigidité minimale acceptable celle pour laquelle la période correspondant au premier mode est supérieure ou égale à 1.3 la période fondamentale calculée par les formules empiriques de la méthode statique.

Le tableau III-1 et la figure III-1 ci-dessous présente la variation de la période propre du premier mode en fonction de la position des éléments de contreventements

Variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
Période T(s)	0.79	0.43	0.30	0.42	0.26	0.20

Tableau.III.1-périodes de premier mode des variantes meme la longueur des contreventement



**Figure III.1- périodes de premier mode des variantes meme la longueur des contreventement**

On remarque que la continuité dans la disposition des éléments de contreventement a une influence nette sur la valeur de la période et par suite sur la rigidité globale de la structure, la période varie de 0.43 à 0.30 pour le contreventement externe et de 0.42 à 0.26 pour le contreventement interne et se réduit jusqu'à 0.20 pour le cas de la cage ou noyau.

L'analyse du tableau et de la figure montre aussi une faible influence de l'emplacement interne du contreventement pour le cas discontinu, cette influence devient plus marquée pour l'emplacement interne.

En conclusion pour une structure présentant une symétrie dans les deux directions comme celle de notre structure et pour obtenir une rigidité optimale avec la même longueur de contreventement il est préférable de disposer ce contreventement en continu et à l'intérieur de la structure, la cage ou le noyau présente la meilleure solution.

#### III-1-2-Effet de la position des éléments de contreventement sur la stabilité globale de la

##### a-Effet de la position sur la stabilité de niveau:

la l'effet P- $\Delta$  qui présente les effets du deuxième ordre (c'est-à-dire les efforts et déformations engendrées à cause la variation du point d'application des forces initiales suite aux déplacements du premier ordre) peut traduire la stabilité globale par niveau de la structure, les règles parasismiques algériennes prescrivent que cet effet peut être négligée si

$$q = P_k D_k / V_k h_k \leq 0.10$$

Mais nous pouvons dire que tant que cette valeur est petite tant que les efforts engendrés par les effets du deuxième ordre sont petits et tant que la stabilité globale par niveau est grande

Le tableau III-2 et la figure III-2 ci-dessous présente la variation de  $q$  en fonction de la position des éléments de contreventements

**Sens x-x :**

étage	V0	V1	V2	V3	V4	V5
5	0.035	0.013	0.013	0.021	0.013	0.019
4	0.044	0.015	0.014	0.020	0.015	0.018
3	0.054	0.017	0.016	0.019	0.018	0.017
2	0.061	0.024	0.017	0.018	0.017	0.016
1	0.068	0.021	0.021	0	0.021	0.012
RDC	0.059	0	0	0	0	0

Tableau.III.2- la variation de  $q$  dans les différentes variantes (sens x-x)

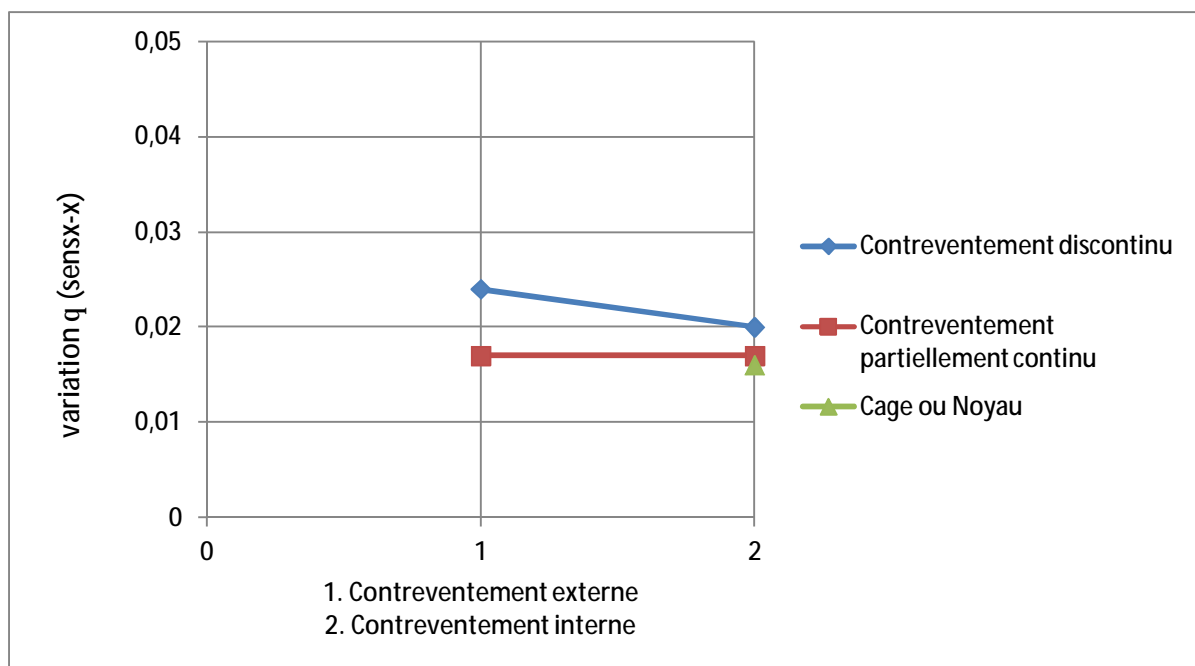


Figure .III.2- la variation de  $q$  dans les différentes variantes (sens x-x)

Le tableau III-3et la figure III-3 ci-dessous présente la variation de q ce rapport dans le sens y-y en fonction de la position des éléments de contreventements

Sens y-y :

étage	V0	V1	V2	V3	V4	V5
5	0,031	0.012	0.013	0.010	0.013	0.013
4	0,046	0.014	0.015	0.014	0.014	0.014
3	0,052	0.016	0.017	0.015	0.016	0.016
2	0,058	0.018	0.017	0.018	0.017	0.018
1	0,066	0.020	0.020	0.022	0	0.019
RDC	0,056	0	0	0	0	0

Tableau.III.3- la variation de q dans les différentes variantes (sens y-y)

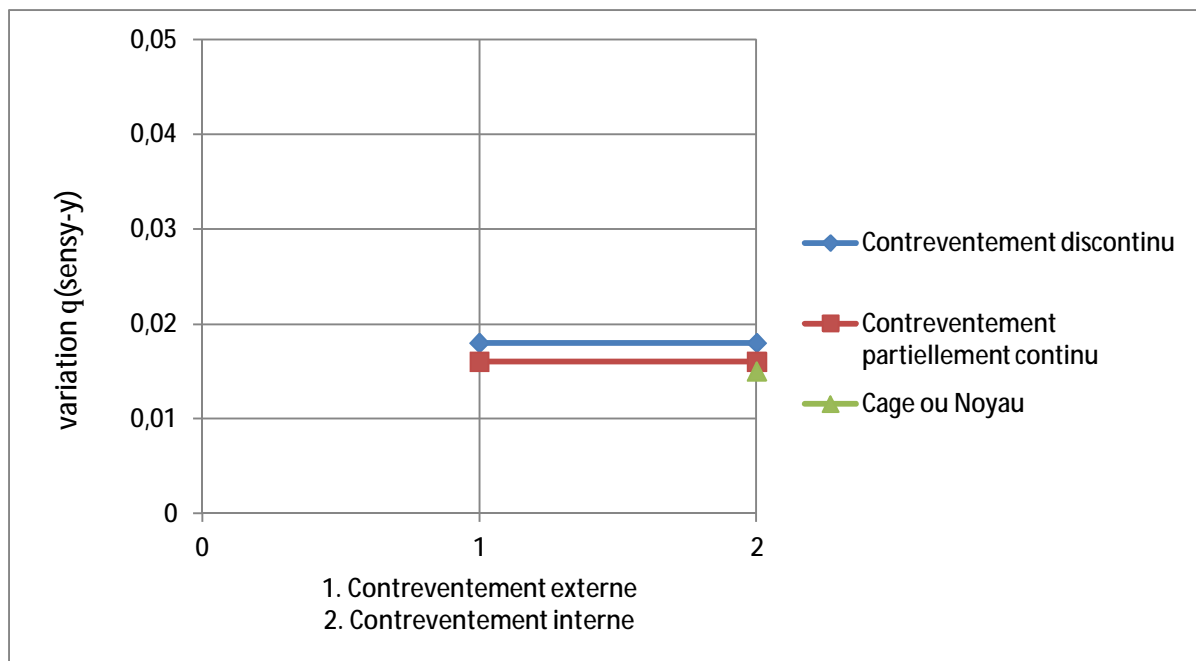


Figure .III.3- la variation de q dans les différentes variantes (sens y-y)

$\theta$  varie dans le sens x-x de 0.024 à 0.017 pour le contreventement externe et de 0.018 à 0.017 pour le contreventement interne et se réduit jusqu'à 0.016 pour le cas de la cage ou noyau.

$\theta$  varie dans le sens y-y de 0.018 et 0.017 pour le contreventement externe et de 0.018 à 0.017 pour le contreventement interne et se réduit jusqu'à 0.018 pour le cas de la cage ou noyau.

A partir de ces résultats, on observe que la continuité dans la disposition des éléments de contreventement a une influence très légère sur la valeur de  $\theta$  pour le sens x-x et une influence négligeable dans le sens y-y et par suite nous ne pouvons pas tirer une conclusion uniforme sur l'effet de la position sur la stabilité globale de niveau de la structure.

#### **b-Effet de la position sur la stabilité globale de renversement:**

Le rapport entre les moments stabilisants dus aux poids propres et les moments déstabilisants dus aux efforts horizontaux engendrés par le vent et le séisme traduit la stabilité de la structure, vis-à-vis du renversement. Les règles parasismiques algériennes prescrivent comme stabilité minimale acceptable celle pour laquelle le coefficient de sécurité est égal au moins à 1.5

Les tableaux III-4 et la figure III-4 ci-dessous présente la variation du coefficient de sécurité vis à vis du renversement dans le sens x-x en fonction de la position des éléments de contreventement

**Sens x-x :**

variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
$F_s$	4.01	5.15	5.10	5.11	5.02	5

**Tableau.III.4- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens x-x)**

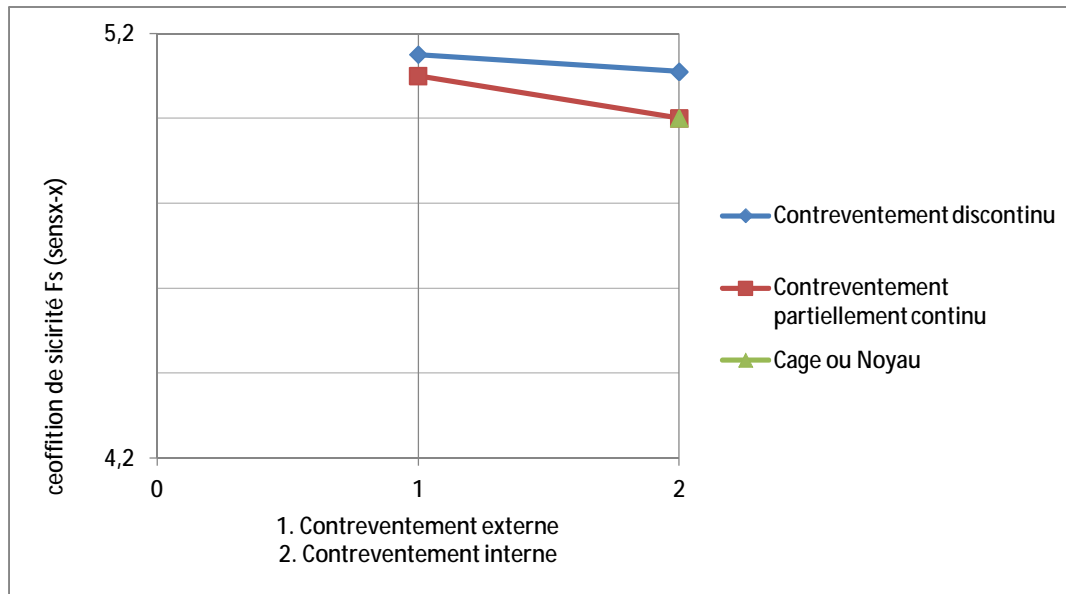


Figure .III.4- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens x-x)

Le tableaux III-5 et la figure III-5 ci-dessous présentent la variation de ce coefficient de sécurité vis à vis du renversement dans le sens y-y en fonction de la position des éléments de contreventements

**Sens y-y :**

variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
$F_s$	3.86	4.70	4.50	4.60	4.40	4.30

Tableau.III.5- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens y-y)

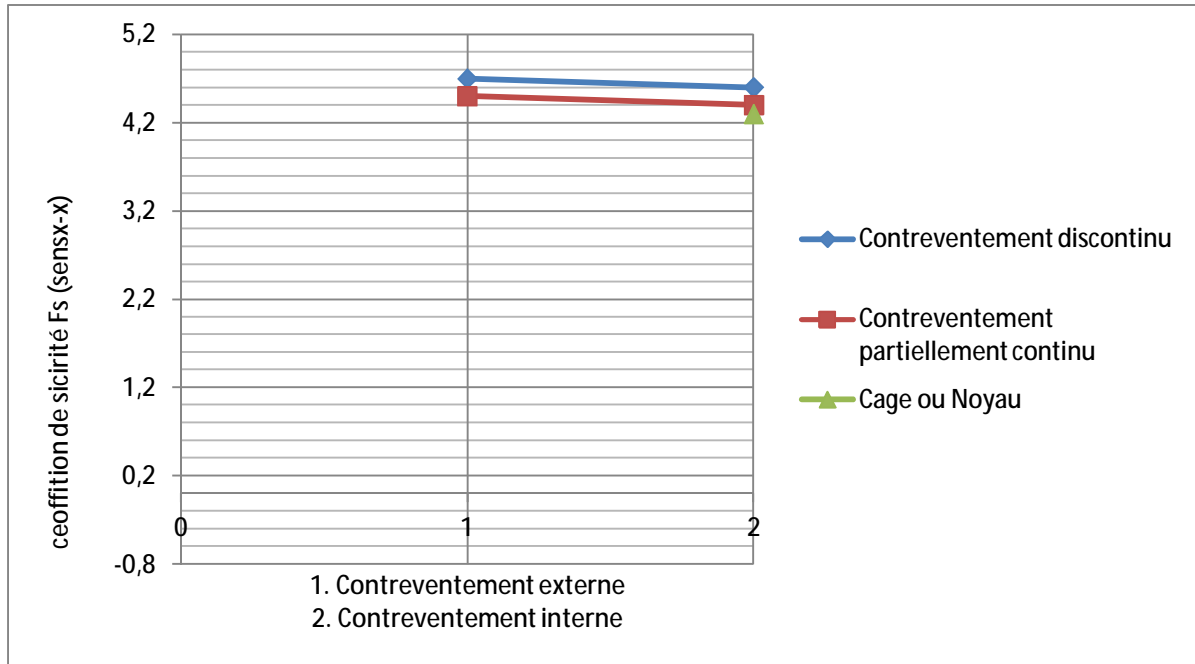


Figure .III.5- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes (sens y-y)

Pour le coefficient de sécurité vis-à-vis du renversement On remarque à partir des tableaux et des figures ci-dessus que la coefficient de sécurité vis-vis à du renversement varies dans sens (x-x) de 5.15 à 5.10 pour le contreventement externe et de 5.11 et 5.02 pour le contreventement interne et se réduit à 5 pour le cas de la cage ou noyau

Ce coefficient varie dans les sens y-y varie de 4.70 à 4.50 et pour le contreventement externe et de 4.60 à 4.40 pour le contreventement interne et se réduit jusqu'à 4.30 pour le cas de la cage ou noyau.

Ceci montre que le contreventement discontinu est mieux que celui du contreventement continu pour la stabilité au renversement

L'analyse du tableau et de la figure montre aussi une certaine influence de l'emplacement externe du contreventement pour le cas discontinu, cette influence devient plus marquée pour l'emplacement interne.

#### Résultant :

En conclusion pour une structure présentant une symétrie dans les deux directions comme celle de notre structure et pour obtenir une stabilité optimale avec la même longueur de contreventement il est préférable de disposer ce contreventement en discontinu et à l'extérieur de la structure,

### III-2-effet des dimensions du contreventement sur les différents facteurs

#### III-2-1-Effet des dimensions du contreventement sur les effets du deuxième ordre (Effet P-D) :

Le tableau III-6 et figure III-6 ci-dessous présente la variation de  $\theta$  dans le sens x-x et en fonction de la position des élément de contreventement

Sensx-x :

étage	V0	V1	V2	V3	V4	V5
5	0.035	0.013	0.013	0.021	0.012	0.010
4	0.044	0.015	0.015	0.020	0.014	0.012
3	0.054	0.017	0.017	0.019	0.015	0.013
2	0.061	0.024	0.019	0.018	0.016	0.014
1	0.068	0.021	0.022	0	0.022	0.022
RDC	0.059	0	0	0	0	0

Tableau.III.6- la variation de  $q$  dans les différentes variantes même rigidité (sens x-x)

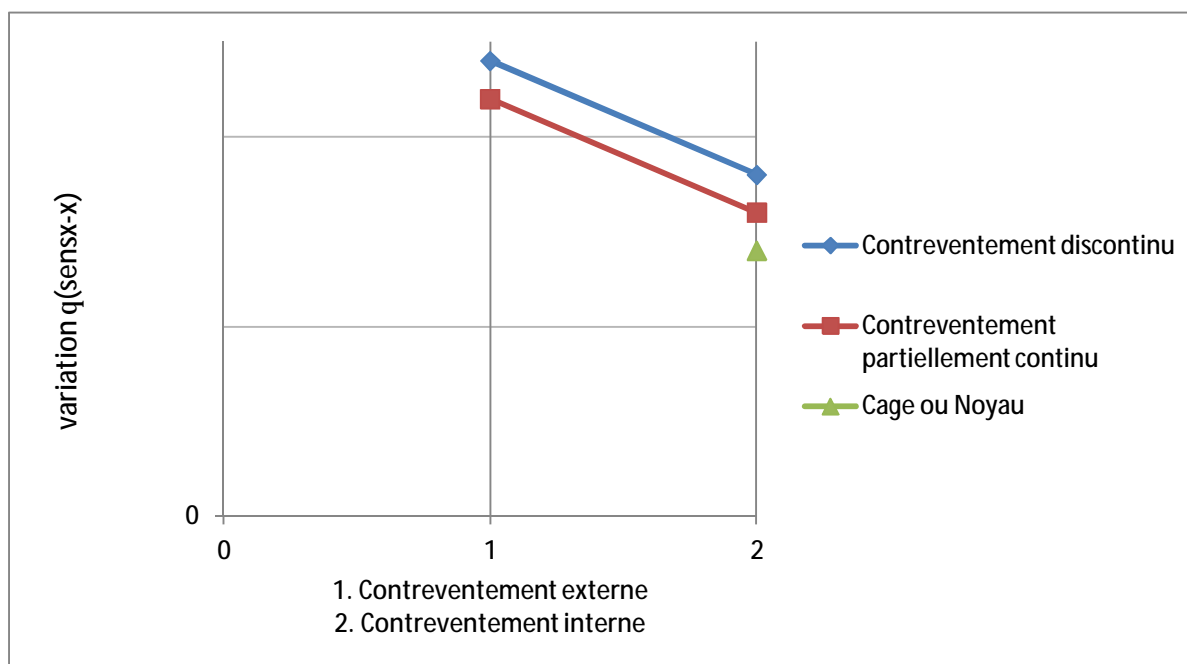


Figure .III.6- la variation de  $q$  dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)

### Chapitre III : effet de la position et des dimensions sur les différents facteurs

Le tableau III-7 et figure III-7 ci-dessous présente la variation de ce même facteur dans le sens y-y et on fonction de la position des éléments de contreventement

Sens y-y :

étage	V0	V1	V2	V3	V4	V5
5	0,031	0.012	0,012	0.010	0.011	0.023
4	0,046	0.014	0,014	0.014	0,014	0.021
3	0,052	0.016	0,015	0.015	0,015	0.019
2	0,058	0.018	0,016	0.018	0,016	0.014
1	0,066	0.020	0,021	0.022	0,021	0.012
RDC	0,056	0	0	0	0	0

Tableau.III.7- la variation de q dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)

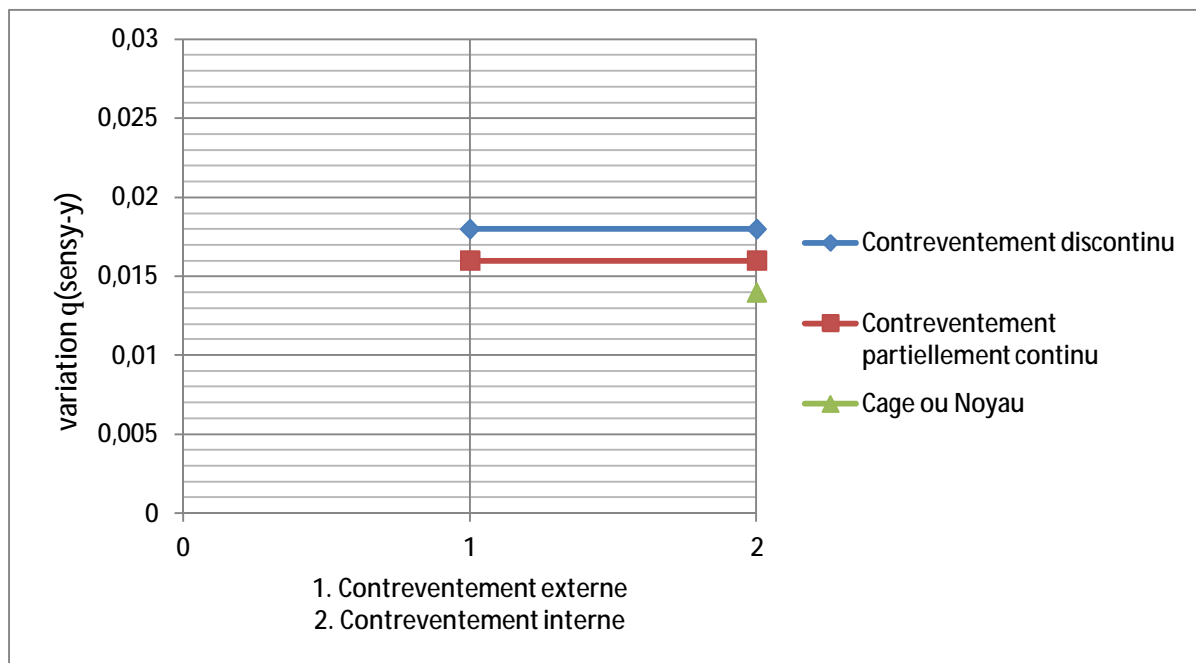


Figure .III.7- la variation de q dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)

### III-2-2-Effet des dimensions du contreventement sur la stabilité globale de la structure (Sécurité vis à vis du renversement) :

Le tableau III-8 et le figures III-8 ci-dessous présente la variation du coefficient de sécurité vis à vis du renversement sens x-x en fonction de la position des éléments de contreventement

Sensx-x :

variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
F <sub>S</sub>	4.01	5.15	4.50	5.02	4.60	4.40

Tableau.III.8 - Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sens x-x)

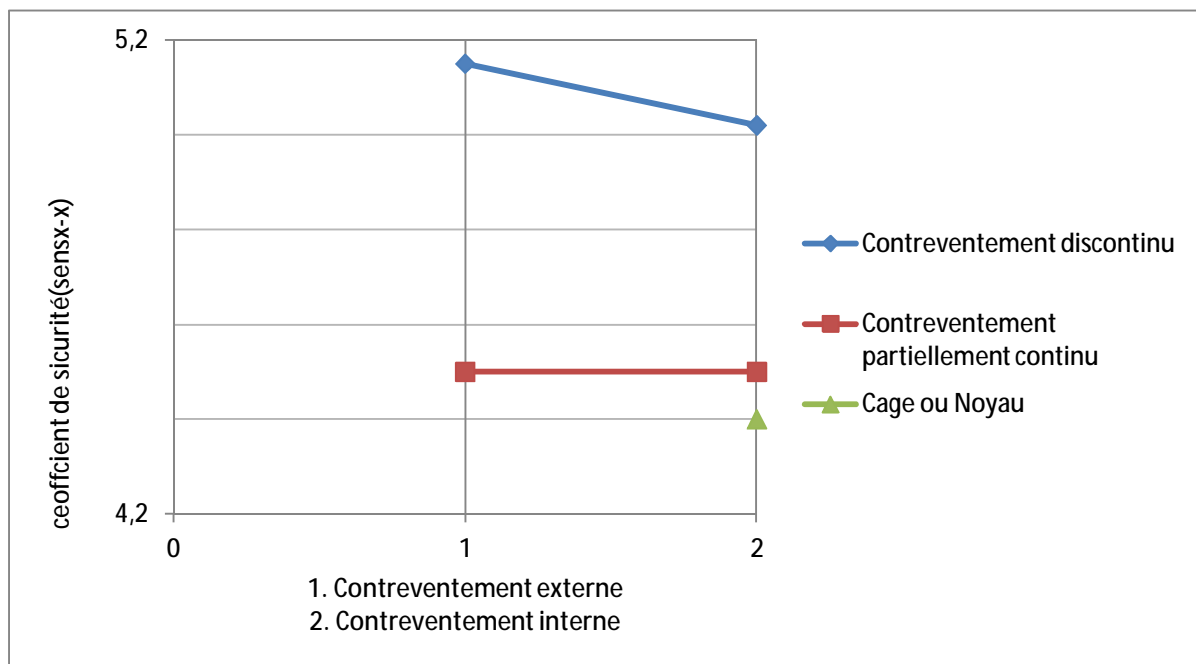


Figure .III.8- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensx-x)

Sens y-y :

Les tableau III-9 et les figures III-9 ci-dessous présente la variation de la coefficient de sécurité vis à vis du renversement sens x-x on fonction de la position des éléments de contreventement

variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
F <sub>s</sub>	3.86	4.85	4.60	4.60	4.35	4.25

Tableau.III.9- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)

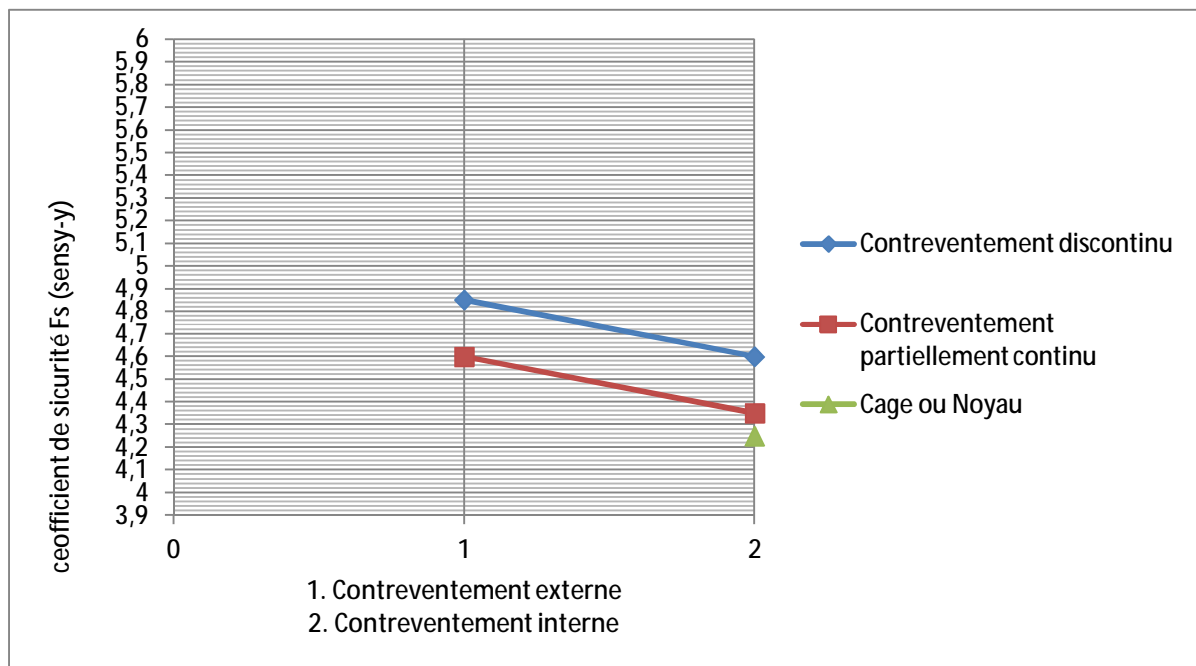


Figure .III.9- Sécurité vis à vis du renversement dans les différentes variantes même rigidité (sensy-y)

On observe à partir des résultats des tableaux et des figures la dimension des continuités des éléments de contreventement a une influence nette sur la valeur de l'effet P- $\Delta$  pour les deux sens et par suite sur la stabilité globale de la structure .

$\theta$  varie de 0.024 à 0.019 pour le contreventement externe et de 0.018 à 0.016 pour le contreventement interne et diminue jusqu'à 0.014 pour le cas de la cage ou noyau.

$\theta$  varie dans le sens y-y de 0.018 à 0.016 pour le contreventement externe et de 0.018 à 0.016 pour le contreventement interne et se réduit à 0.014 pour le cas de la cage ou noyau.

On remarque que le contreventement en continu diminue l'effet P- $\Delta$  sur la structure et donc augmente sa stabilité de niveau. Et la même remarque peut être faite sur le positionnement interne

la coefficient de sécurité sens x-x varie de 5.15 à 4.50 pour le contreventement externe et de 5.02 à 4.60 pour le contreventement interne et se réduit jusqu'à 4.40 pour le cas de la cage ou noyau.

la coefficient de sécurité sens y-y varie de 4.85 à 4.60 pour le contreventement externe et de 4.60 à 4.35 pour le contreventement interne et se élève jusqu'à 5.25 pour le cas de la cage ou noyau.

#### Résultant :

Donc pour une structure présentant une symétrie dans les deux directions comme celle de notre structure longueur le positionnement externe et en discontinu donne une meilleure solution pour augmenter la stabilité de la structure vis-à-vis du renversement

#### III-2-3-Effet des dimensions du contreventement sur son coût global

Les volumes du béton traduit l'influence des dimensions du contreventement sur son coût global

Le tableau III-10 et la figure III-10 ci-dessous présente la variation de volume du béton et le coût des éléments de contreventements en fonction de leur position

Variante	V0	V1	V2	V3	V4	V5
Volume en m <sup>3</sup>	0	132.9	93.96	132.9	82.2	75.11
Coût en DA	0	4252800	3006720	4252800	2652800	2403520

Tableau.III.10-volume des béton et le coût des contreventement les différentes variantes même rigidité

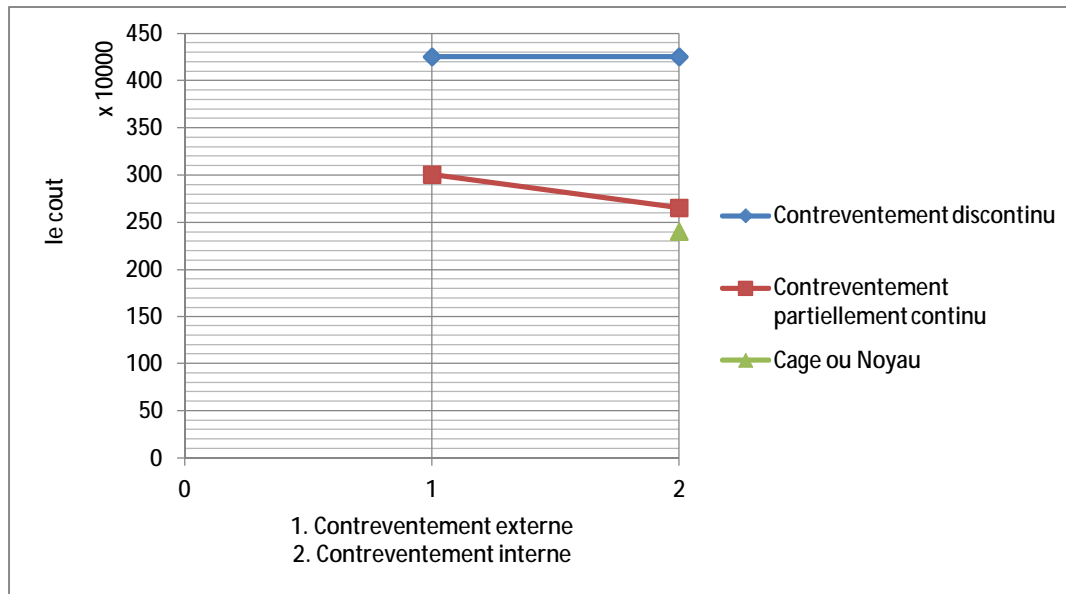


Figure.III.10-volume des béton et le coût des contreventement les différentes variantes même rigidité

On remarque, à partir des résultats des tableaux et des figures que la continuité dans la disposition des éléments de contreventement a une influence nette sur la valeur du coût global et par suite sur celui de la structure

Le coût varie 4252800DA et 3006720DA (30%) pour le contreventement externe et de 4252800 DA à 2652800 DA (38 %) le contreventement interne et se réduit jusqu'à 2403520 DA (44%) pour le cas de la cage ou noyau

L'analyse du tableau et de la figure montre aussi une faible influence de l'emplacement interne du contreventement pour le cas discontinu, cette influence devient plus marquée pour l'emplacement interne.

### Conclusion :

pour une structure présentant une symétrie dans les deux directions comme celle de notre structure pour obtenir une rigidité on doit positionner les éléments de contreventement en continu et à l'intérieur, cette solution n'affecte pas ni la stabilité par niveau c'est-à-dire n'influe pas l'effet P- $\Delta$  ni le coût global de la structure mais diminue un peu la stabilité globale vis-à-vis du renversement

Pour diminuer le coût global tout en maintenant une rigidité suffisante on doit placer les éléments de contreventement en discontinu et à l'extérieur de la structure, cette solution aussi diminue un peu la stabilité vis-à-vis du renversement.

---

## CONCLUSION GENERALE

---

Le travail que nous avons mené nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

La quantité de voile n'implique pas un bon comportement de la structure, mais la disposition optimale de ces derniers, c'est-à-dire le rapprochement maximal du centre des masses avec le centre d'inertie donne des résultats satisfaisants et qui se traduit par une économie sur l'utilisation du béton, en infrastructure et en superstructure, tout en respectant la réglementation en vigueur, comme c'est le cas dans notre projet.

En satisfaisant cela le choix de la disposition et de la distribution des voiles de contreventement est un facteur important pour une bonne conception d'un ouvrage de bâtiment donnant un comportement optimal de la structure (Sécurité – coût).

Ainsi pour une structure présentant une symétrie dans les deux directions comme celle de notre structure et pour obtenir une rigidité optimale avec un coût minimal il faut disposer ce contreventement en continu et à l'intérieur de la structure, la cage ou le noyau présente la meilleure solution. Cette solution diminue un peu le facteur de sécurité vis-à-vis du renversement, mais vu les grandes valeurs trouvées pour ce coefficient cette diminution n'affecte pas la stabilité générale de l'ouvrage.

---

## LES REFIRENCES

---

### Les ouvrages :

- [1] **Renaud Favre et Jean Paul et....**, Dimensionnement des structures en béton armé,  
. Presses polytechnique et universitaires Romande,1997
- [2] **André Plumier et Hervi Degrée** , Calcul des structure pour leur résistance aux séisme ,  
université de Liège.Bruxelle . 22 juin 2010

### Les règlements :

**Ministère de L'habitat**, Charges permanentes et charges d'exploitation, CGS,1988,

**Ministère de L'habitat**, Règle de conception et de calcul des structures en béton armé  
C.B.A 93, CGS ,1994.

**Ministère de L'habitat**, Règles parasismiques Algérienne RPA 99/Version 2003, .  
CGS, 2003

### Les logiciels :

AutoCAD 2012

ROBOT 2011