

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE CIVIL

OPTION : STRUCTURES

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par : Barkat Rachida

Nouri Inase

Thème

**Effet du contreventement continu et discontinu sur
la stabilité et la résistance des éléments porteurs
d'un bâtiment**

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. HAMITOUCHE Amar

Université de M'sila

Encadreur

Mr. BOULAOUED abderracid

Université de M'sila

Président

Mr. GURRAICHE ammar

Université de M'sila

Examineur

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

DEDICAE

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail

- ✓ *A mes très chers parents qui m'ont guidé durant les moments les plus pénibles de ce long chemin , ma mère qui a été à mes côtés et ma soutenue durant toute ma vie, et mon père qui a sacrifié toute sa vie afin de me voir devenir ce que je suis, merci mes parents*
- ✓ *A mes frères*
- ✓ *A tous mes amis*
- ✓ *En fin, je remercie mon ami mon binôme Nouri Inase qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.*

Rachida

DEDICAE

Rien n'est aussi beau à offrir que le fruit d'un labeur qu'on dédie du fond du cœur à ceux qu'on remercie en exprimant la gratitude et la reconnaissance durant toute notre existence.

Je dédie ce modeste travail

- ✓ *A mes très chers parents que ont consacrés toute leurs vie pour mon éducation et mes études, je leurs souhaite tout le bonheur*
- ✓ *A toute ma famille*
- ✓ *A mon binôme et sa famille*
- ✓ *A mes frère*
- ✓ *A tous mes amis*

Inase

REMRCIEMENT

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, de nous avoir donné le courage de mener à bien ce modeste travail de fin d'étude.

Un grand merci à notre promoteur Mr. HAMOTOUBOU AMAR qui nous a guidés pour la réalisation de cette étude et le soutien scientifique et moral qu'il nous a apporté

Et nous remercions les membres de jury qui ont accepté de juger avec sagesse et honnêteté le présent travail de fin d'étude

Résumé :

La présence efficace des voiles de contreventement était et demeure un souci des concepteurs et constitue un domaine de recherche qui ne cesse de s'élargir et de se multiplier.

Dans ce travail, nous avons étudié l'effet de la conception de chacune des deux dispositions des voiles de contreventement : disposition continue et disposition distribuée le long des portiques sur la stabilité et la résistance globale et celles des éléments porteurs du bâtiment.

Les résultats obtenus ont montré que la disposition continue offre un comportement meilleur vis-à-vis de l'action sismique.

Ces résultats nécessitant enrichissements et vérifications pour d'autres cas peuvent fournir aux concepteurs des lignes directrices les aidant dans la conception correcte de leurs contreventements.

Mots clés : Voile, contreventement, tremblement de terre, disposition continue, disposition distribuée.

المخلص :

إن التواجد الفعال للجدران الداعمة كان ولا يزال محل اهتمام المصممين ويشكل مجالاً مستمرا للبحث دائم التوسع والتعدد.

في هذا العمل ، درسنا تأثير تصميم كل من الوضعيتين للجدران الداعمة: الوضعية المستمرة والوضعية الموزعة على طول على الثبات والمقاومة الشاملة للمبنى وتلك الخاصة بالعناصر الحاملة له.

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الوضعية المستمرة توفر سلوكاً أفضل تجاه الفعل الزلزالي.

يمكن لهذه النتائج – التي تتطلب الإثراء والتحقق في حالات أخرى – أن توفر للمصممين إرشادات لمساعدتهم في التصميم الصحيح للتدعيم الذي يقومون به.

الكلمات المفتاحية: جدران خرسانية، تدعيم ، زلزال ، وضعية مستمرة ، وضعية موزعة

Abstract:

The effective presence of bracing walls was and remains a concern of designers and constitutes an area of research which continues to expand and multiply.

In this work, we studied the effect of the design of each of the two layouts of the bracing walls: continuous layout and distributed layout along the frames on the overall stability and resistance and those of the load-bearing elements of the building.

The results obtained showed that the continuous arrangement offers a better behavior for the seismic action.

These results requiring enrichment and verification for other cases can provide designers with guidelines to help them in the correct design of their braces.

Keywords : concrete wall, bracing, earthquake, continuous layout, distributed layout.

SOMMAIRE

Introduction générale

Introduction.....	1
Problématique.....	1
Plan de travail.....	2

CHAPITRE I : Etude bibliographique

Introduction.....	3
I.1.classification des contreventement.....	3
I.2.Apport des contreventements aux structures.....	4
I.3.Absence de voiles et mauvaise conception et son impact sur les bâtiments.....	4
I.3.1. Création de rotules plastiques aux nœuds poteaux-poutres.....	4
I.3.2. Étages flexibles.....	5
I.3.3. Etage mou ou étage souple.....	6
I.3.4. Les poteaux courts.....	8
I.3.5. Les remplissages partiels.....	9
I.4. Défauts de conception.....	10
I.4.1. Distributions asymétriques des voiles.....	10
a. Centre de masse CM_j	12
b. Centre de torsion CT_j	12
c. Rigidités des voiles K	13
I.4.2. contreventement non efficace.....	13

Chapitre II : Présentation du bâtiment étudié, des variantes des contreventements, et des réponses étudiées

Introduction.....	14
II.1.Description de la structure étudiée.....	14
II .2. Choix des dispositions des voiles à étudier.....	16
II.3 Règles utilisées.....	17
II .4 Présentation des réponses étudiées.....	17

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

Introduction.....	18
-------------------	----

III.1. Analyse de la structure.....	18
III.1.1. Considérations générales liées à l'analyse.....	18
a. Logiciel utilisé.....	18
b. Cas de charges prises en considération.....	19
c. Type de calcul effectué.....	20
III.1.2. Considérations générales liées aux charges horizontales.....	20
o Satisfaction des exigences parasismiques du RPA.....	20
III.2.Présentation des résultats.....	22
III.2.1.Résultats d'analyse linéaire.....	22
III.2.2.1.La structure sans voiles de contreventement	22
a. La période fondamentale.....	22
b. La masse modale.....	22
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y.....	22
d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	23
e. La force sismique à la base.....	23
f. Vérification vis-à-vis P.....	23
g. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres.....	24
III.2.2.2.Etude des variantes.....	25
III.2.2.2.1.Variante1.....	25
a. La période fondamentale.....	25
b. La masse modale.....	25
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y.....	25
d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	26
e. La force sismique à la base.....	26
f. Vérification vis-à-vis P- Δ	26
g. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres.....	27
III.2.2.2.2.Variante2.....	27
a. La période fondamentale.....	27
b. La masse modale.....	28
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y.....	28

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux	29
e. La force sismique à la base	29
f. Vérification vis-à-vis P- Δ	29
g. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres	30
III.2.2.Résultats d'analyse non linéaire	31
III.2.2.1.La structure sans voiles de contreventement	31
a. La période fondamentale	31
b. La masse modale	31
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y	32
d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux	32
e. La force sismique à la base	32
g. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres	33
III.2.2.2.Etude des variantes	33
III.2.2.2.1.Variante1	33
a. La période fondamentale	33
b. La masse modale	34
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y	34
d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux	35
e. La force sismique à la base	35
f. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres	35
III.2.2.2.2.Variante2	36
a. La période fondamentale	36
b. La masse modale	36
c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y	36
d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux	37
e. La force sismique à la base	37
f. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres	37
Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats	
Introduction	38
IV.1.Récapitulation des résultats	38

IV.1.1.Résultats d'analyse linéaire.....	38
IV.1.1.1. Présentation des résultats en graphs.....	40
a. Période	40
b. La masse modale	40
c. Déplacement inter-étage max.....	42
d. Déplacement total.....	42
e. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	43
f. La force sismique à la base	44
IV.1.2.Résultats d'analyse non linéaire.....	45
IV.1.2.1. Présentation des résultats en graphs.....	47
a. Période	47
b. La masse modale	47
c. Déplacement inter-étage max.....	49
d. Déplacement total.....	49
e. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	50
f. La force sismique à la base	51
IV.2. Apports des voiles de contreventement à la structure du bâtiment étudié.....	51
IV.2.1.Les périodes.....	51
IV.2.2. Les masses modales en %.....	51
IV.2.3. Les masses modales cumulées en %.....	51
IV.2.4. Les déplacements relatifs.....	51
IV.2.5. Les déplacements totaux.....	51
IV.2.6. Répartition des charges horizontales en %	52
IV.2.7. Force sismique à la base.....	52
IV.3. Influence de la prise en compte dans l'analyse des efforts et déplacements non linéaires Dus l'effet P-Delta.....	52
IV.4.Choix des variantes plus parasismiques.....	52
IV.4.1.Période.....	52
IV.4.2.Les masses modales.....	52

IV.4.3.Les déplacements inter étages.....	53
IV.4.4.Les déplacements totaux.....	53
IV.4.5.La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	53
IV.4.6.La force sismique à la base.....	54
IV.5. Conclusion.....	54
Conclusions Générales	
Conclusions.....	55
Références bibliographiques.....	56
Annexe	
Vue en plan RDC.....	57
Vue en plan EC.....	58
Vue en plan Terrasse.....	59
Façade Principale.....	60
Façade Postérieur.....	61
COUPE A-A.....	62

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1 : Rotule dans le poteau (Comportement éviter)	5
Figure I. 2 : Rotule dans la poutre (Comportement recherché)	5
Figure I. 3 : Cisaillement des poteaux d'une construction à Bordj el bahri . Séisme de 2003, Boumerdes , Algérie.....	5
Figure I. 4 : Perte d'un étage de la mairie de Kobe (Séisme de Kobe (Japon) en 1995). Cet étage marquait une transition entre des poteaux métalliques (remplis de béton) et des poteaux en Béton Armé.....	6
Figure I. 5 : Bâtiment d'habitation de 3 étages, (EL Asnam, Algérie), est endommagé par le séisme de 1980 d'EL Asnam.....	7
Figure I. 6 : Effet de niveau souple.....	7
Figure I. 7 : Dommages aux rez-de-chaussée souple.....	7
Figure I. 8 : Le rez-de-chaussée s'est effondré entièrement Murs en béton armé- Great Hanshin, Japon 1995 / Kobe	8
Figure I. 9 : disparition du rez de chaussée (RDC est effondré complètement (étage souple)), Zemmouri ville – Séisme de 2003, Boumerdes, Algérie	8
Figure I. 10 : Poteau court.....	8
Figure I. 11 : Dommages dus à l'effet de poteau court en vide sanitaire	8
Figure I. 12 : les remplissages partiels dans les cadres	9
Figure I. 13 : Dislocation des remplissages de maçonnerie d'une ossature en béton armé.....	9
Figure I. 14 : Destruction des bâtiments par torsion du béton armé, Séisme de Gölcük, 17 août 1999 (Turquie)	10
Figure I. 15 : effondrement totale de la maçonnerie niveau du R.D.C.....	10
Figure I. 16 : eclatement du noed au niveau de la tête du poteau du R.D.C	10
Figure I. 17 : Bâtiment asymétrique	11
Figure I. 18 : Immeuble (R+4) ,140 logements à Dellys (Séisme de Boumerdes 2003), Algérie.....	13
Figure I. 19 : cage d'escalier en voiles séparée par des joints du reste est utilisée comme contreventement de la structure.....	13
Figure II. 1 : Vue en plan, Etage courant.....	15
Figure II .2 : Ven en perspective.....	15
Figure II.2: Vue en plan de la variante 0	16
Figure II. 3 : Vue en plan de la variante 1.....	16

Figure II. 4 : Vue en plan de la variante 2.....	17
Figure IV.1 : Graphique des résultats de la période.....	40
Figure IV.2 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 1.....	40
Figure IV.3 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 2.....	41
Figure IV.4 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 3.....	41
Figure IV.5 : Graphique des résultats de déplacement inter-étages.....	42
Figure IV.6 : Graphique des résultats de déplacement total.....	42
Figure IV.7 : Graphique des résultats de la répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens X-X.....	43
Figure IV.8 : Graphique des résultats de la répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens Y-Y.....	43
Figure IV.9 : Graphique des résultats de la force sismique à la base.....	44
Figure IV.10 : Graphique des résultats de la période.....	47
Figure IV.11 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 1.....	47
Figure IV.12 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 2.....	48
Figure IV.13 : Graphique des résultats de la masse modale, Mode 3.....	48
Figure IV.14 : Graphique des résultats de déplacement inter étages.....	49
Figure IV.15 :Graphique des résultats de déplacement total.....	49
Figure IV.16 : Graphique des résultats de la répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens X-X.....	50
Figure IV.17 : Graphique des résultats de la répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens Y-Y.....	50
Figure IV.18 : Graphique des résultats de la force sismique à la base.....	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II.1 : Les caractéristiques géométriques de la structure.....	14
Tableau III.1 : La période fondamentale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	22
Tableau III.2 : La masse modale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	22
Tableau III.3 : Le déplacement des étages, structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	22
Tableau III.4 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	23
Tableau III.5 : Vérification vis-à-vis P- Δ , structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	24
Tableau III.6 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)	24
Tableau III.7 : La période fondamentale V1 (Analyse linéaire)	25
Tableau III.8 : La masse modale V1 (Analyse linéaire)	25
Tableau III.9 : Le déplacement des étages V1 (Analyse linéaire).....	25
Tableau III.10 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux V1 (Analyse linéaire)	26
Tableau III.11 : Vérification vis-à-vis P- Δ V1 (Analyse linéaire)	26
Tableau III.12 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres V1 (Analyse linéaire)	27
Tableau III.13 : La période fondamentale V2 (Analyse linéaire)	27
Tableau III.14 : La masse modale V2 (Analyse linéaire)	28
Tableau III.15 : Le déplacement des étages V2 (Analyse linéaire)	28
Tableau III.16 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux V2 (Analyse linéaire)	29
Tableau III.17 : Vérification vis-à-vis P- Δ V2 (Analyse linéaire)	29

Tableau III.18 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres V2 (Analyse linéaire)	30
Tableau III.19 : La période fondamentale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse non-linéaire)	31
Tableau III.20 : La masse modale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)	31
Tableau III.21 : Le déplacement des étages, structure sans voiles de contreventement (Analyse non-linéaire)	32
Tableau III.22 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure sans voiles de contreventement (Analyse non-linéaire)	32
Tableau III.23 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure sans voiles de contreventement (Analyse non-linéaire)	33
Tableau III.24 : La période fondamentale V1 (Analyse non-linéaire).....	33
Tableau III.25 : La masse modale V1 (Analyse non-linéaire).....	34
Tableau III.26 : Le déplacement des étages V1 (Analyse non-linéaire)	34
Tableau III.27 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux V1 (Analyse non-linéaire)	35
Tableau III.28 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres V1 (Analyse non linéaire)	35
Tableau III.29 : La période fondamentale V2 (Analyse non-linéaire).....	36
Tableau III.30 : La masse modale V2 (Analyse non-linéaire)	36
Tableau III.31 : Le déplacement des étages V2 (Analyse non-linéaire)	36
Tableau III.32 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux V2 (Analyse non-linéaire)	37
Tableau III.33 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres V2 (Analyse non linéaire).....	37
Tableau IV.1 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des variantes (sans l'effet P- delta)	39
Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des variantes (avec l'effet P-delta)	46

Tableau IV.3 : Les périodes fondamentales.....	52
Tableau IV.4 : Les masses modales.....	52
Tableau IV.5 : Les déplacements inter-étages.....	53
Tableau IV.6 : Les déplacements totaux.....	53
Tableau IV.7 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux.....	53
Tableau IV.8 : La force sismique à la base.....	54

LISTE DES SYMBOLES

A : Coefficient d'accélération de zone.

C_T : Coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage.

CM_i : Centre de masse.

CR_i : Centre de cisaillement.

CT_i : Centre de torsion.

D : Facteur d'amplification dynamique moyen.

E : module de Young.

F : La force unitaire $F=1$.

h_N : Hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure.

h_K : La hauteur d'étage « k ».

I : Moment d'inertie.

K : Rigidités des voiles.

K_{xi} : Rigidité du bâtiment selon le sens x-x.

K_{yi} : Rigidité du bâtiment selon le sens y-y.

L_x : Longueur totale du la structure.

L_y : Largueur totale du la structure.

m_i : La masse sismique de l'étage.

P_K : Poids total de la structure et des charges d'exploitation associées au-dessus du niveau «k».

Q : Facteur de qualité de la structure.

R : Coefficient de comportement global de la structure.

T₂ : Périodes caractéristiques associées à la catégorie de site.

V : Effort tranchant.

V_k : Effort tranchant d'étage au niveau « k ».

V_x : La force sismique à la base selon X.

V_y : La force sismique à la base selon Y.

W : Poids total de la structure.

W_G: Poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure.

W_G : Charges d'exploitation.

x_{Gi} ; y_{Gi} : Les coordonnées de la position du centre de gravité CM_i de l'étage.

x_{Ti} ; y_{Ti}: Les coordonnées de la position du centre de torsion CT_i de l'étage.

β: Coefficient de pondération.

η : Facteur de correction d'amortissement.

Δ_k : **Déplacement relatif du niveau « k » par rapport au niveau « k-1 ».**

Δ_x : Le déplacement selon le sens x-x.

Δ_y: Le déplacement selon le sens y-y.

EC : Etage courant.

RDC : Rez-de-chaussée.

RPA99V2003 : Règles parasismiques algériennes 1999 version 2003.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction Générale

Les séismes font partie des cataclysmes naturels qui ont exercé une grande fascination sur l'humanité. Ils sont responsables de la destruction des villes entières, la cause de la mort de centaines de milles de personnes et souvent des conséquences économiques désastreuses pour les pays touchés. Cela pose un ultime défi aux spécialistes de génie parasismique et aux ingénieurs en génie civil de concevoir des bâtiments, des ponts des barrages capables de résister aux forces dévastatrices engendrées par les tremblements de terre.

Lors des tremblements de terre importants, il a été constaté que de nombreux bâtiments à voiles en béton armé ont bien résisté sans endommagements exagérés. Mis à part leurs rôles d'éléments porteurs vis-à-vis des charges verticales, les voiles en béton armé correctement dimensionnés, peuvent être particulièrement efficaces pour assurer la résistance aux forces horizontales, réduisant ainsi le risque.

La bonne conception des voiles pour avoir une exploitation optimale de la rigidité de la structure a été donc et restera toujours la préoccupation majeure pour ceux qui s'intéressent au domaine de la conception des ouvrages de bâtiments et de génie civil, ce qui justifie l'abondance et la diversité des études menées dans ce domaine.

Problématique :

Dans la pratique le projeteur se trouve affronté lors de la conception du contreventement d'un bâtiment à plusieurs choix : parmi lesquels, pour un axe de portique est-il préférable de le contreventer par un voile continu ou par des voiles distribués le long de ce portique.

Cependant il n'est muni que de son expérience et des seules directives générales des règlements parasismique sans aucune prescription spécifique à ce paramètre.

Objectifs

Cette étude vise d'analyser l'effet de chacun de ces deux choix sur la stabilité et la résistance globale et celles des éléments porteurs afin de mettre à la disposition des projeteurs certaines directives qui les aident à bien concevoir leurs contreventements.

Plan de travail :

Nous avons structuré notre travail comme suit :

Le **chapitre 1** : consiste en une étude bibliographique montrant le rôle des voiles de contreventement en présentant différents problèmes pathologiques affectant le bâtiment qui sont liés à leur absence ou à leur mauvaise conception

Le **chapitre 2** : Présente le bâtiment étudié, et son contreventement continu et distribué, ainsi que les réponses étudiées

Le **chapitre 3** : Concerne l'analyse des modèles en utilisant le logiciel Robot 2010, et la présentation des résultats

Le **chapitre 4** : discute et interprète l'ensemble des résultats obtenus

Conclusions Générales pour récapituler les résultats de l'ensemble de notre étude

.
.

CHAPITRE I

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction :

Le séisme est un phénomène naturel, Menaçant les vies et les biens à travers le monde entier. En effet l'Algérie par exemple a été, pendant ces dernières décennies, témoin de deux tremblements de terre catastrophiques ; celui de Chlef en 1981 et celui de Boumerdès en 2003, Les expertises faites en raison de ces deux tremblements ont révélé des défauts de conception et de réalisation dans des milliers de structures et on confirme les conséquences néfastes de l'absence des voiles de contreventement ou de leur mauvaise conception sur le comportement des structures lors des séismes., En effet il a été constaté dans ces expertises notamment ceux de Boumerdès) que les bâtiments endommagés sont ceux contreventés par portiques seuls .

Par conséquent les organismes concernés par le contrôle technique des constructions et ceux du génie parasismique ont été amenés à apporter des modifications et des améliorations successives aux règles parasismiques en vigueur, dont la dernière version porte le nom RPA99 version 2003.

Définition du contreventement :

En génie civil, un contreventement est un système statique destiné à assurer la stabilité globale d'un ouvrage vis-à-vis des effets horizontaux issus des éventuelles actions sur celui-ci (par exemple : vent, séisme, choc, freinage, etc.). Il sert également à stabiliser localement certaines parties de l'ouvrage (poutres, poteaux) relativement aux phénomènes d'instabilité (flambage ou déversement).[1]

I.1.classification des contreventement :

➤ **Système de contreventement constitué par des voiles porteurs en béton armé**

Le système est constitué de voiles uniquement ou de voiles et de portiques. Dans ce dernier cas les voiles reprennent plus de 20% des sollicitations dues aux charges verticales. On considère que la sollicitation horizontale est reprise uniquement par les voiles.

➤ **Structure à ossature en béton armé contreventée entièrement par noyau en BA**

Le bâtiment est dans ce cas-là contreventé entièrement par un noyau rigide en béton armé qui reprend la totalité de l'effort horizontal.

➤ **Système de contreventement mixte assuré par des voiles et des portiques avec justification d'interaction portiques -voiles**

Les voiles de contreventement doivent reprendre au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales. Les charges horizontales sont reprises conjointement par les voiles et les portiques proportionnellement à leurs rigidités relatives ainsi que les sollicitations résultant de leurs interactions à tous les niveaux ; Les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales, au moins 25% de l'effort tranchant d'étage

➤ **Système de contreventement de structures en portiques par des voiles en BA**

Dans ce cas les voiles reprennent au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales et la totalité des sollicitations dues aux charges horizontales. On considère que les portiques ne reprennent que les charges verticales. Toutefois, en zone sismique III, il y a lieu de vérifier les portiques sous un effort horizontal représentant 25% de l'effort horizontal global. Avec ce système de contreventement les bâtiments sont limités en hauteur à 10 niveaux ou 33 m au maximum.

I.2. Apport des contreventements aux structures :

Par rapport à d'autres systèmes constructifs tels que les portiques, les structures à voiles en béton armé présentent, particulièrement en zone sismique, plusieurs avantages :

- Leur présence limite les déformations latérales,
- Leur rigidité permet de protéger les éléments non-structuraux et quelques poteaux existants,
- Leur présence permet de s'affranchir du difficile problème posé par la réalisation des nœuds des portiques,
- Elles permettent de ne pas être pénalisé dans le choix du coefficient de comportement en cas de panneaux de remplissage.[3]

I.3. Absence de voiles et mauvaise conception et son impact sur les bâtiments :

I.3.1. Création de rotules plastiques aux nœuds poteaux-poutres :

Le danger d'effondrement est imminent si des « articulations » se forment en premier dans les éléments porteurs qui sont les poteaux. Cette situation serait fortement aggravée si la ductilité des éléments verticaux se trouve considérablement réduite par la seule action des charges verticales

L'article 7.6.2 du RPA 99/2003 exige la vérification de la somme des moments résistants ultimes dans les zones nodales poteau-poutre. Pour que la rotule plastique se forme dans les poutres plutôt que dans les poteaux, cet article recommande que les moments résistants des poteaux soient au moins 25% plus forts que ceux des poutres.[2]

Même si le poteau est suffisamment et correctement armé, tant en armatures longitudinales qu'en cadres (béton bien confiné), ceci reste insuffisant. En effet, lors d'un fort mouvement horizontal, le poteau « faible » va faire effondrer la structure [4].

Il a été constaté que ce mode de ruine par formation de rotules plastiques dans les poteaux était le plus courant et a constitué la cause principale d'effondrement total ou partiel de la majorité des constructions n'ayant pas résisté en 2003 [4]



Figure I. 1: Rotule dans le poteau (Comportement éviter) [4]

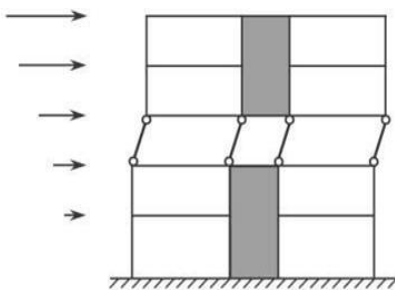


Figure I. 2: Rotule dans la poutre (Comportement recherché) [4]

I.3.3. Étages flexibles :

Un étage peut également être plus flexible que les autres s'il est équipé de contreventements moins résistants ou que ces dispositifs font totalement défaut. Il arrive aussi que la résistance ultime dans le plan horizontal soit fortement réduite à partir d'une certaine hauteur dans toute la partie supérieure du bâtiment. Un tel ouvrage est également exposé au redouté mécanisme de colonnes (ou d'étage). [6]

L'absence de cloisons de séparation et la maçonnerie extérieure dans un étage comparativement aux étages supérieurs, conduit aussi à une réduction de sa rigidité relative qui peut nuire d'une façon significative à la stabilité de l'ensemble de la structure. [7]



Eviter les étages supérieurs flexibles !



Figure I. 3: Cisaillement des poteaux d'une construction à Bordj el bahri .

Séisme de 2003, Boumerdes , Algérie.[5]



Figure I. 4: Perte d'un étage de la mairie de Kobe (Séisme de Kobe (Japon) en 1995). Cet étage marquait une transition entre des poteaux métalliques (remplis de béton) et des poteaux en Béton Armé. [5]

I.3.3. Etage mou ou étage souple:

D'autre effet néfaste concernant la régularité en élévation est l'étage mou ou étage souple. Le résultat de cette disposition est souvent l'effondrement de «l'étage mou», qui entraîne l'effondrement total du bâtiment. Cette situation est particulièrement observée dans les ossatures en béton armé. [5]

L'effondrement d'un bâtiment soumis à un tremblement de terre est souvent dû au fait que si les étages supérieurs sont bien contreventés, le rez-de-chaussée est transparent et ne comprend que des colonnes porteuses.[6]

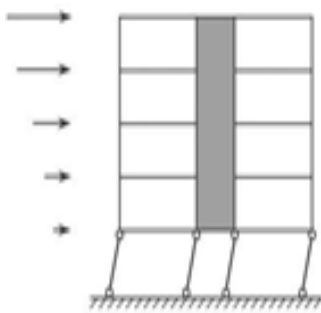
Or les colonnes sont souvent incapables de suivre sans dégâts les déplacements relatifs entre le sol qui oscille et la partie supérieure du bâtiment qui tend à rester sur place. Les déformations plastiques, dites rotules plastiques, qui apparaissent aux extrémités des colonnes déclenchent un mécanisme redouté dit «des colonnes» (ou «d'étage»), caractérisé par une concentration des déformations plastiques aux extrémités des colonnes [5]

L'effet de niveau souple se produit généralement en rez-de-chaussée d'immeubles, principalement pour deux raisons. D'une part, les rez-de-chaussée comportent souvent de vastes locaux sans cloisons, une façade vitrée ou de nombreuses ouvertures. D'autre part, leur hauteur est souvent plus grande que celle des autres niveaux (cas des locaux de commerces). [7]

Les dommages structuraux graves subis par plusieurs bâtiments modernes pendant des séismes récents illustrent l'importance d'éviter les changements soudains de la rigidité et des forces latérales. Un exemple typique des effets néfastes que ces discontinuités peuvent induire dans le cas des bâtiments avec un étage fragile. [5]



Figure I. 5: Bâtiment d’habitation de 3 étages, (EL Asnam, Algérie), est endommagé par le séisme de 1980 d’EL Asnam[5]



Eviter les rez-de-chaussée flexibles!



Figure I. 6: Effet de niveau souple. [4]

Figure I. 7: Dommages aux rez-de-chaussée souple [4]



Figure I. 8: Le rez-de-chaussée s'est effondré entièrement Murs en béton armé- Great Hanshin, Japon 1995 / Kobe[5]



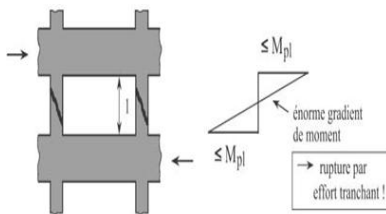
Figure I.9 : disparition du rez de chaussée (RDC est effondré complètement (étage souple)), Zemmouri ville – Séisme de 2003, Boumerdes, Algérie [5]

I.3.4. Les poteaux courts :

Les poteaux courts comme ceux du vide sanitaire, ils sont beaucoup plus rigides que les autres poteaux. Ils sont donc nettement plus sollicités et peuvent être détruits par cisaillement [7]

Domage en raison d'un effort de cisaillement cyclique avec un faible moment fléchissant sous un effort axial de compression très élevé conduit au phénomène des poteaux courts [5].

La forme finale ultime de ce type de dommages est l'éclatement de la surface extérieure du béton sans dommages des armatures ; puis l'écrasement du béton, rupture des cadres et flambement des armatures. Les poteaux courts mènent habituellement à l'effondrement total du bâtiment [5]



Eviter les colonnes courtes!

Figure I.10 : Poteau court [4]



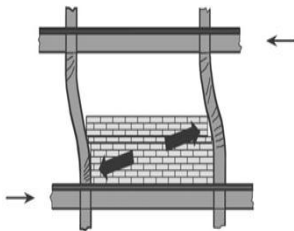
Figure I.11: Dommages dus à l'effet de poteau court en vide sanitaire [4]

I.3.5. Les remplissages partiels :

Les efforts de cisaillement dans les poteaux sont souvent plus importants lorsque l'élancement géométrique du poteau est faible, et on désigne par poteau court (ou pièce courte d'une manière générale), une pièce dont l'élancement géométrique est inférieur. [7]

Lors du calcul du ferrailage des éléments des structures, il faut tenir compte du remplissage partiel car ce dernier peut nous produire des ruptures par effort tranchant des sections courtes qui ne sont pas calculées pour résister cette sollicitation. [8]

L'endommagement des éléments structuraux par écrasement de béton et flambement des armatures longitudinales, ce poteau est sollicité par un effort normal très important et le remplissage applique des contraintes de confinement qui offre au poteau une résistance en compression importante sur la hauteur du mur et ça crée une section courte qui est moins résistante. [8]



Eviter les remplissages partiels dans les cadres!



Figure I.12 : les remplissages partiels dans les cadres [4]

Figure I.13 : Dislocation des remplissages de maçonnerie d'une ossature en béton armé[9]

I.4. Défauts de conception :

1.4.1 Distributions asymétriques des voiles

- La torsion d'ensemble est l'un des facteurs de dommages sismiques les plus destructeurs. Elle se produit lorsque le centre de rigidité d'une construction n'est pas confondu avec son centre de gravité. Elle a donc lieu quand les éléments des contreventements sont décentrés [7].



Figure I.14 : Destruction des bâtiments par torsion du béton armé, Séisme de Gölcük, 17 août 1999 (Turquie) [10].



Figure I.15 : effondrement totale de la maçonnerie niveau du R.D.C [4]



Figure I.16 : éclatement du noeud au niveau de la tête du poteau du R.D.C[4]

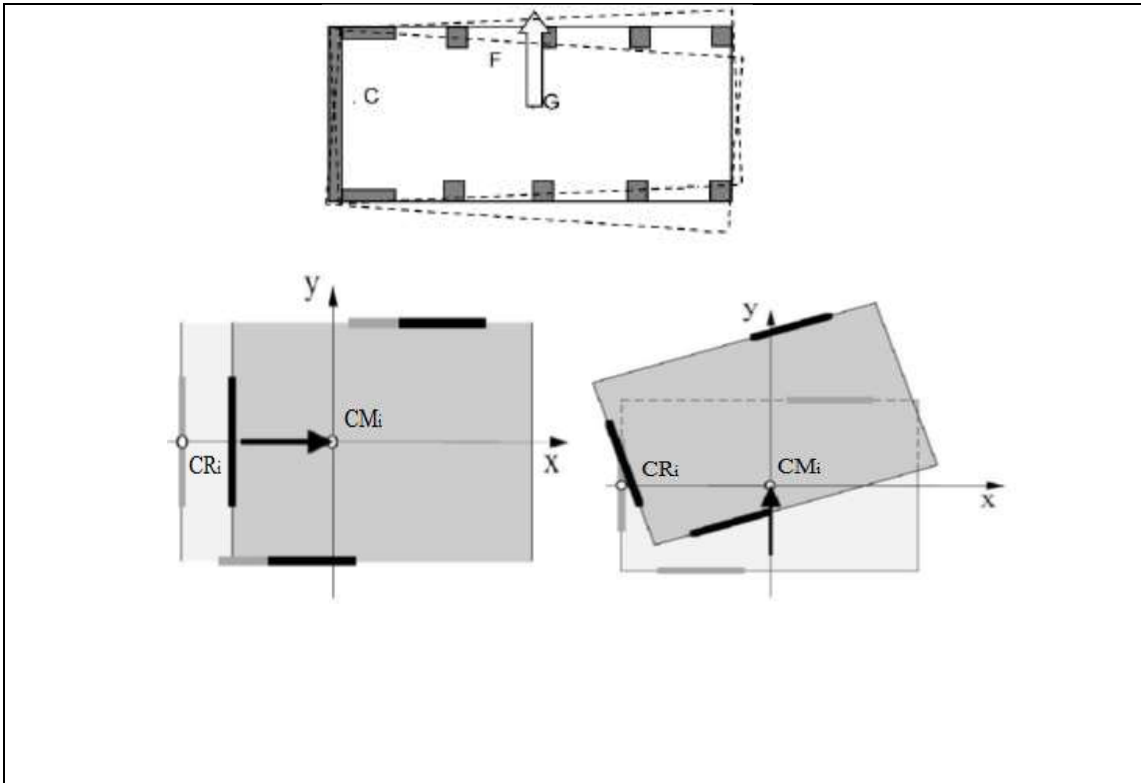


Figure I.17 : Bâtiment asymétrique [9].

Les composantes horizontales de l’action sismique induisent dans une structure, outre la flexion et le cisaillement, de la torsion, car le centre de gravité CM_i , point de passage de l’action sismique, n’est généralement pas confondu avec le centre de torsion CR_i de cet étage[7]

Les concepteurs doivent faire les vérifications nécessaires concernant ces torsions en tenant compte des excentricités additionnelles recommandées par le RPA.

La détermination des grandeurs suivantes est à la base de ces vérifications :

a-Centre de masse

Le centre de masse CM (X_G, Y_G) est donné par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_{cm} = \frac{\sum m_i \cdot x_{Gi}}{\sum m_i} \\ Y_{CM} = \frac{\sum m_i \cdot y_{Gi}}{\sum m_i} \end{cases}$$

Avec m_i : La masse sismique de l'étage.

$\begin{cases} x_{Gi} \\ y_{Gi} \end{cases}$: Les coordonnées de la position du centre de gravité C_{Mi} de l'étage

b-Centre de torsion :

Le centre de masse CR (X_t, Y_t) est donné par la formule suivante :

$$\begin{cases} X_{CT} = \frac{\sum K_{yi} * x_{Ti}}{\sum K_{yi}} \\ Y_{CT} = \frac{\sum K_{xi} * y_{Ti}}{\sum K_{xi}} \end{cases}$$

Avec K_{xi} : Rigidité du bâtiment selon le sens x-x.

K_{yi} : Rigidité du bâtiment selon le sens y-y.

$\begin{cases} x_{Ti} \\ y_{Ti} \end{cases}$: Les coordonnées de la position du centre de torsion CT_i de l'étage

c- Rigidités des voiles K :

La rigidité du voile est la caractéristique qui indique sa résistance à la déformation élastique [10]

$$\begin{cases} K_{xi} = \frac{12EI}{h^3} \\ K_{yi} = \frac{12EI}{h^3} \end{cases}$$

Avec : h : La hauteur d'étage.

E : module de Young.

I : Moment d'inertie

▪ Ou :

$$\begin{cases} K_{xi}x = \frac{F}{\Delta_x} \\ K_{yi}y = \frac{F}{\Delta_y} \end{cases}$$

Avec : F : la force unitaire $F= 1 \text{ t}$.

Δ_x : Le déplacement selon le sens $x - x$.

Δ_y : Le déplacement selon le sens $y - y$.

I.4.2. contreventement non efficace :

L'immeuble (R+4) présenté dans la figure ci-dessous qui a perdu son rez de chaussée et deux étages présentait un défaut grave de conception : les blocs d'habitation en poteaux-poutres n'étaient pas solidaires du bloc d'escalier en voile et son rez de chaussée était transparent. [7]

Les dommages auraient pu être évités s'ils avaient été solidarisés par un voile commun [7]



Figure I.18 : Immeuble (R+4) ,140 logements à Dellys (Séisme de Boumerdes 2003), Algérie [3].

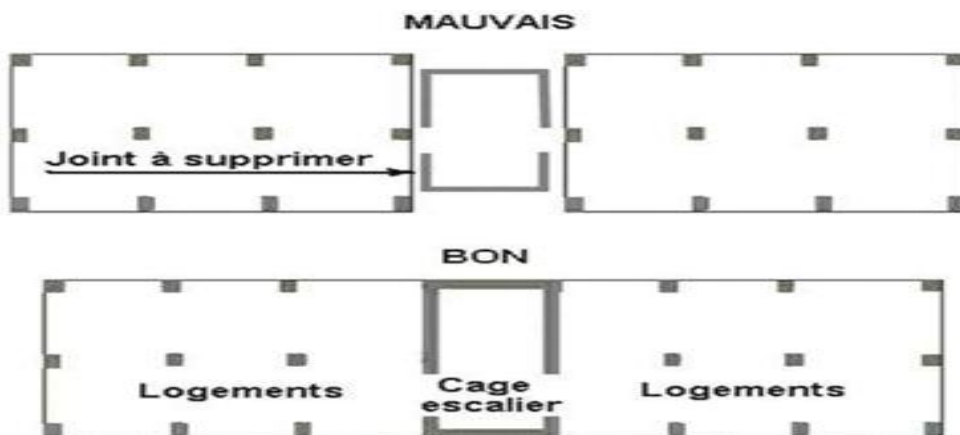


Figure I.19 : cage d'escalier en voiles séparée par des joints du reste est utilisée comme contreventement de la structure [4]

CHAPITRE II

**Présentation du
bâtiment étudié, des
variantes des
contreventements, et
des réponses étudiées**

Chapitre II : Présentation du bâtiment étudié, des variantes des contreventements, et des réponses étudiées

Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons d'abord le bâtiment en question du point de vue géométrique, structurelle et fonctionnelle, puis les dispositions de voiles choisies (cas des voiles continus et cas des voiles distribués), et en fin les réponses qui serviront de critères de comparaison pour déterminer la disposition la plus appropriée du voile.

II .1. Description de la structure étudiée :

La structure étudiée est un bâtiment en (R+5) d'une forme régulière à usage d'habitation. Cette structure est classée comme un ouvrage d'importance moyenne (Groupe 2) selon le RPA99 vs 2003 (Article 3.2). Le bâtiment est implanté à la commune de Khalil , Wilaya de Bordj Bou Arreridj qui est classée par le RPA99 "version 2003" comme une zone sismique "zone IIa" , le rapport du sol précise que le sol est meuble donc de catégorie (S_3)

Le bâtiment à étudier est constitué d'un seul bloc, de dimension suivant :

Les caractéristiques	Dimension en (m)
<i>Hauteur des étages courants</i>	3.23
<i>Hauteur du RDC</i>	3.23
<i>Hauteur totale du bâtiment</i>	19.38
<i>Longueur totale du bâtiment</i>	17.60
<i>Largeur totale du bâtiment</i>	25.30

Tableau II .1 : Les caractéristiques géométriques de la structure

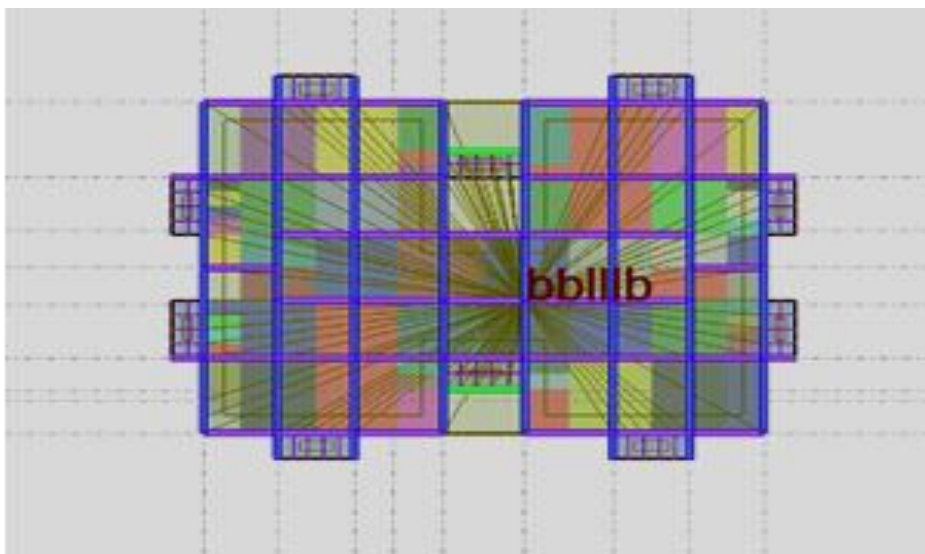


Figure II.1: vue en plan Etage courant

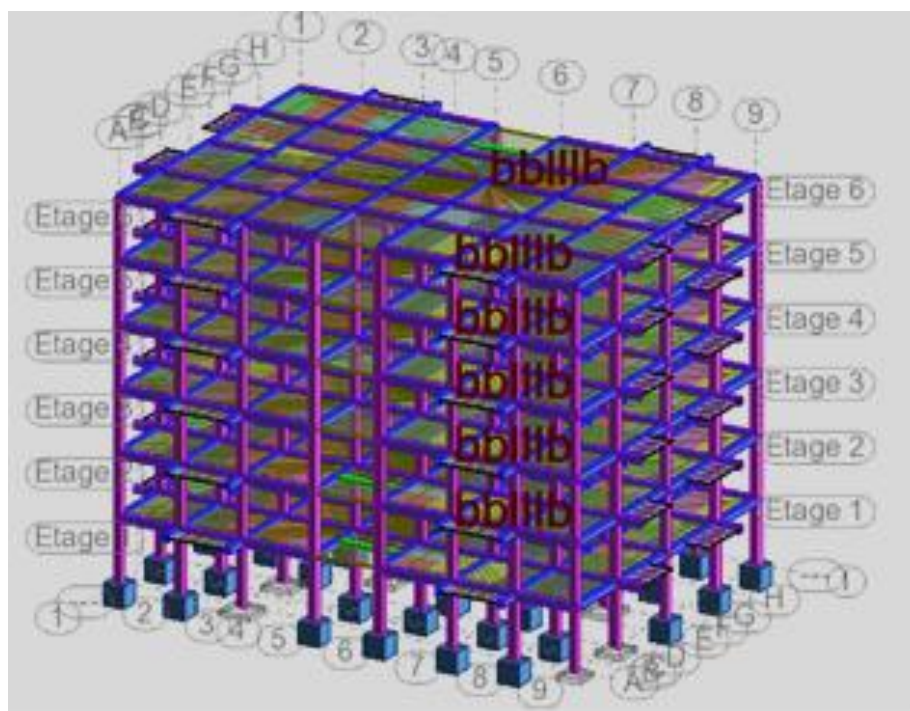


Figure II .2 : Ven en perspective

II .2. Choix des dispositions des voiles à étudier :

On a proposé deux (2) variantes ayant la même longueur totale des voiles pour contreventer le système initial.

Variante 0 : la structure sans voiles de contreventement

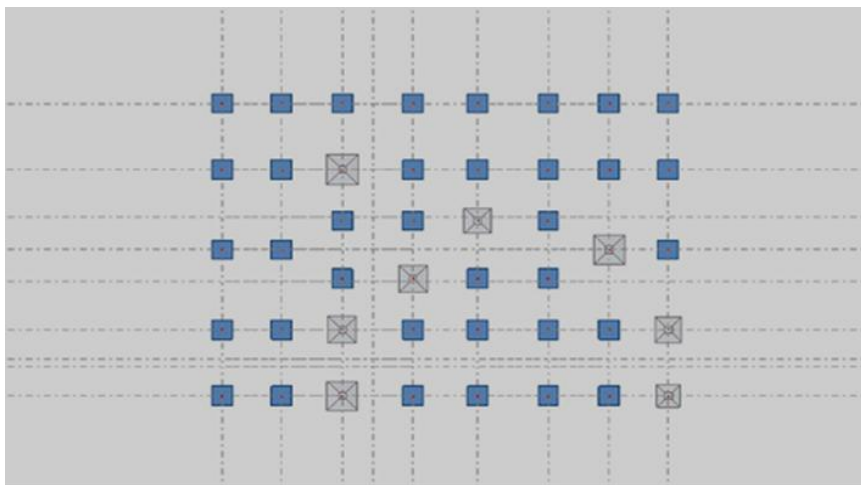


Figure II .3 : Ven en plan de la variante 0

Variante 1 : la structure à voiles continus

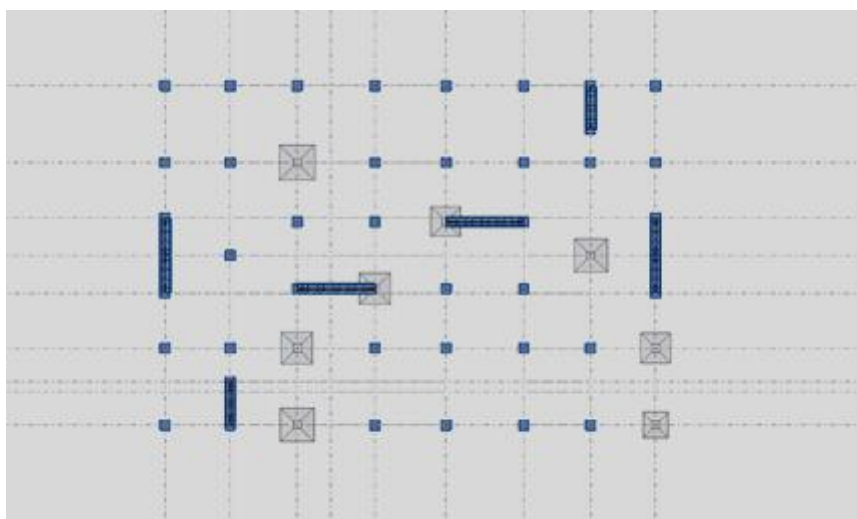


Figure II .4 : Ven en plan de la variante 1

Chapitre II : Présentation du bâtiment étudié, des variantes des contreventements, et des réponses étudiées

Variante 2 : la structure à voiles distribués

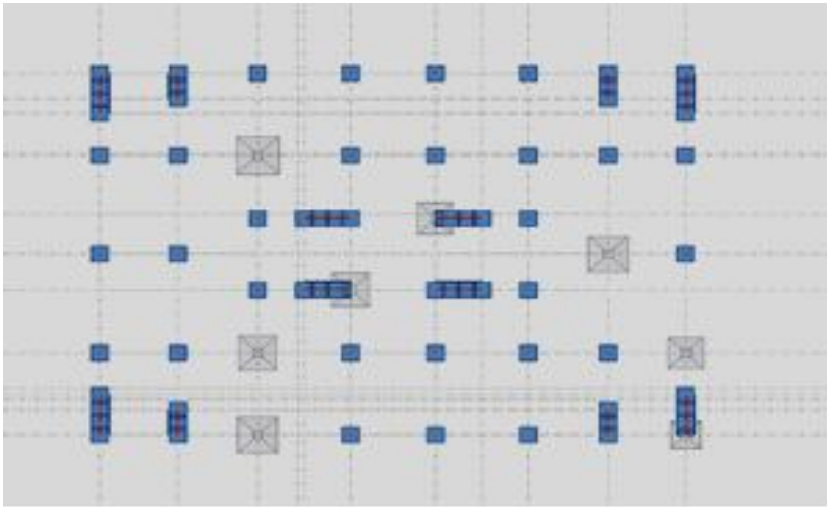


Figure II .5 : Ven en plan de la variante 2

II.3 Règles utilisées :

L'étude du projet est menée conformément aux règles en vigueur suivantes :

- BAEL 91 et l'EC2 et leur homologue algérien le CBA93
- RPA99 vs 2003

II .4 Présentation des réponses étudiées :

Les paramètres soumis à l'étude sont ceux liés aux réponses de la structure aux charges horizontales dynamiques (sismiques) énumérés comme suit :

- a. La période fondamentale
- b. La masse modale
- c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y
- d. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux
- e. La force sismique à la base
- f. Vérification vis-à-vis P- Δ
- g. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres

CHAPITRE III

Analyse et présentation des résultats

Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons le programme utilisé, le déroulement de l'analyse de variantes de structures adoptées et les résultats obtenus

III.1. Analyse de la structure :

III.1.1. Considérations générales liées à l'analyse :

a. Logiciel utilisé :

Le logiciel utilisé est le : Autodesk Robot Structure Analysis version 2010,

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

Structure Les caractéristiques principales du logiciel Robot millennium sont les suivantes :

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

1-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.

2-Généralité sur le ROBOT :

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

- La modélisation des planchers par le logiciel ROBOT ne présente aucune difficulté mêmes'ils sont conçus en corps creux
- 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.
- Le ROBOT permet de calculer la section d'acier pour chaque élément de structuresuivant le BAEL91.
- Possibilités d'utilisation des câbles de précontrainte dans le système Robot

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

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

2-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 :

- 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.
- La suppression d'une barre ne supprime pas ses nœuds.
- 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

b. Cas de charges prises en considération :

- ❖ Les charges permanentes G :
 - ✓ Le poids propre de la structure.
 - ✓ Les charges des planchers :
 - Plancher terrasse : Corps creux : $G=6.4 \text{ KN/ m}^2$
Dalle pleine : $G=3.6 \text{ KN/ m}^2$
 - Plancher EC : Corps creux : $G=5.4 \text{ KN/ m}^2$
Dalle pleine : $G=3.2 \text{ KN/ m}^2$
 - Balcon : $G= 3.2 \text{ KN/ m}^2$
 - ✓ Les murs :
 - Mur : $G=3.6 \text{ KN/ m}^2$
- ❖ Les charges d'exploitation Q :

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

- Plancher : Plancher terrasse : $Q=1 \text{ KN/ m}^2$
Plancher EC : $Q=1.5 \text{ KN/ m}^2$
- Balcon : $Q=2.5 \text{ KN/ m}^2$

❖ Les cas de charges sismiques selon X et selon Y.

b. Type de calcul effectué :

Une analyse linéaire en négligeant les efforts et déplacements du 2^{ème} ordre liés à l'effet P-Delta, et une analyse non linéaire en incluant dans les calculs les efforts et déplacements du 2^{ème} ordre dus à l'effet P-Delta.

III.1.2. Considérations générales liées aux charges horizontales :

• Satisfaction des exigences parasismiques du RPA :

Le RPA exige que la charge sismique à la base calculée par la méthode dynamique doit être $\geq 80\%$ de celle calculée par la méthode statique équivalente donnée par :

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

Ou :

A : Coefficient d'accélération de zone.

Q : Facteur de qualité.

D : Coefficient d'amplification dynamique donnée par les formules :

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3s \\ 2.5\eta(T_2/3)^{2/3} (3/T)^{5/3} & T \geq 3s \end{cases}$$

Avec T est la période fondamentale de la structure donnée par :

$$T = C_T h_N^{3/4} \quad \text{Ou} \quad T = 0.09 h_N / \sqrt{L}$$

W : Poids total de la structure, il est égal à la totalité du poids du au charges permanentes et une partie du poids du aux charges d'exploitation $W_i = W_G + \beta W_Q$, pour le bâtiment

$$\beta = 0.2$$

R : Coefficient de comportement global de la structure.

Pour notre cas :

$$C_T = 0.050 \quad h_N = 19.38 \text{ m} \quad L_x = 17.60 \text{ m} \quad L_y = 25.30 \text{ m}$$

$$\begin{cases} T_X = \min(C_T h_N^{3/4}, 0.09 h_N / \sqrt{L_x}) = 0.42s \\ T_Y = \min(C_T h_N^{3/4}, 0.09 h_N / \sqrt{L_y}) = 0.35s \end{cases}$$

$$A = 0.15 \quad (\text{Zone IIa})$$

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

$$Q= 1.20$$

R= 4 (Portiques contreventés par des voiles)

$$D=1.31$$

Alors pour la structure :

$$W= 29076.5\text{KN}$$

$$\text{Alors } V_x =1714.05\text{KN}$$

$$V_y =1714.05\text{KN}$$

Et pour les structures contreventées :

$$W= 31005.91\text{KN}$$

$$\text{Alors } V_x =1827.79\text{KN}$$

$$V_y =1827.79\text{KN}$$

III.2. Présentation des résultats :

III.2.1. Résultats d'analyse linéaire :

III.2.1.1. La structure sans voiles de contreventement :

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	0.90
2	0.90
3	0.90

Tableau III.1 : LA période fondamentale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0	81,91	0
2	0,75	0	0
3	81,17	0	0

Tableau III.2 : La masse modale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0.3	0.3	0.3	0.3
2	0.5	0.6	0.8	0.9
3	0.5	0.7	1.3	1.6
4	0.5	0.7	1.8	2.3
5	0.5	0.7	2.3	3
6	0.4	0.7	2.7	3.7

Tableau III .3 : Le déplacement des étages, structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	0.00	-1522.7	0.00	1529.6
2	0.00	-1434.7	0.00	1435.2
3	0.00	-1257.8	0.00	1261.5
4	0.00	-1041.8	0.00	1037.5
5	0.00	-761.4	0.00	755.3
6	0.00	-391.7	0.00	397.7

Tableau III.4 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 1816.9 \text{ KN} \\ V_y = 1765.8 \text{ KN} \end{cases}$$

f. Vérification de l'effet "P-Δ" :

Les effets du 2° ordre (ou effet "P- Δ") peuvent être négligés dans le cas des bâtiments si la condition suivante est satisfaite à tous les niveaux.

$$\theta = \frac{P_k \cdot \Delta_k}{V_k \cdot h_k} \leq 0,10$$

Avec :

P_k : Poids total de la structure et des charges d'exploitation associées au - dessus du niveau "k",

$$P_k = \sum_{i=k}^n (W_{gi} + \beta \cdot W_{qi})$$

Δ_k : Déplacement relatif du niveau " k " par rapport au niveau " k-1".

V_k : Effort tranchant d'étage au niveau " k"

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

$$V_k = \sum_{i=k}^n F_i$$

h_k : Hauteur de l'étage " k".

- ✓ Si: $0,10 \leq \theta_k \leq 0,20$ Les effets P- Δ peuvent être pris en compte de manière approximative en amplifiant les efforts de l'action sismique calculés au moyen d'une analyse élastique du 1er ordre par le facteur $\frac{1}{(1 - \theta_k)}$.
- ✓ Si: $\theta_k > 0,20$ La structure est potentiellement instable et doit être redimensionnée.

Etage	P_K [KN]	h_k [m]	Sens-X			Sens-Y		
			Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_x	Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_y
1	19493.2	3.23	0.3	1522.7	0.01	0.3	1529.6	0.01
2	16171.04	3.23	0.5	2957.4	0.008	0.6	2964.8	0.01
3	12848.78	3.23	0.5	4216.4	0.004	0.7	4226.3	0.006
4	9546.76	3.23	0.5	5257.9	0.002	0.7	5263.8	0.003
5	6244.74	3.23	0.5	6019.3	0.001	0.7	6019.1	0.002
6	2942.7	3.23	0.4	6411.0	0.0005	0.7	6416.8	0.0009

Tableau III.5 : Vérification vis-à-vis P- Δ , structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

g .Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteaux101	1057.9	33.7
	poutres 50	-64	-46.6
	poutres 51	69.9	87.2
	poutres 28	55.3	5.9
66	Poteaux109	789.6	30.3
	poutres 43	66.4	33.8
	poutres 42	21.8	-14.9
	poutres 56	52.3	80.2

Tableau III.6 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres , structure sans voiles de contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

III.2.1.2. Etude des variantes :

III.2.1.2.1. Variante 1 :

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	0,57
2	0.55
3	0.51

Tableau III.7 : La période fondamentale de la structure à voiles continus de contreventement (Analyse linéaire)

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0,00	72.45	0.00
2	71.49	0.00	0.00
3	0.02	0.00	0.00

Tableau III.8 : La masse modale de la structure à voiles continus de contreventement (Analyse linéaire)

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0,1	0,1	0.1	0.1
2	0.2	0.2	0.3	0.3
3	0.2	0.3	0.5	0.6
4	0.3	0.3	0.8	0.9
5	0.3	0.4	1.1	1.3
6	0.3	0.4	1.4	1.7

Tableau III.9: Le déplacement des étages, structure à voiles continus de contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	1631.9	-405.4	1272.3	494.6
2	1353.2	-583.0	992.3	683.0
3	1010.7	-712.7	753.3	769.0
4	691.6	-741.7	535.4	751.3
5	392.0	-700.6	316.2	666.3
6	312.8	-766.4	186.2	667.6

Tableau III.10: La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure à voiles continus de contreventement (Analyse linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 916.6 \text{ KN} \\ V_y = 855.3 \text{ KN} \end{cases}$$

f. Vérification de l'effet "P-Δ" :

Etage	P_K [KN]	h_k [m]	Sens-X			Sens-Y		
			Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_x	Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_y
1	22179.4	3.23	0,1	2037.3	0.003	0,1	1766.9	0.003
2	18321.4	3.23	0.2	3973.5	0.002	0.2	3442.2	0.003
3	14485.6	3.23	0.2	5696.9	0.001	0.3	4964.5	0.002
4	10674.2	3.23	0.3	7129.9	0.001	0.3	6251.2	0.001
5	6861	3.23	0.3	8222.5	0.0007	0.4	7233.7	0.001
6	3089.7	3.23	0.3	9301.7	0.0003	0.4	8087.5	0.0004

Tableau III.11 : Vérification vis-à-vis P-Δ, structure d à voiles continus e contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

g .Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteaux101	304.2	41.3
	poutres 50	-16.9	-14.9
	poutres 51	17.7	20
	poutres 28	23.8	9.6
66	Poteaux109	392.2	-7
	poutres 43	44	35.3
	poutres 42	-11.5	-18.8
	poutres 56	16.3	23.5

Tableau III.12 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure voiles continus de contreventement (Analyse linéaire)

III.2.1.2.2. Variante 2:

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	0,71
2	0.69
3	0.67

Tableau III.13 : LA période fondamentale de la structure à voiles distribués de contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0,00	75.48	0.00
2	76.72	0.00	0.00
3	0.07	0.01	0.00

Tableau III.14 : La masse modale de la structure à voiles distribués de contreventement (Analyse linéaire)

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0,1	0,1	0.1	0.1
2	0.3	0.4	0.4	0.5
3	0.3	0.4	0.7	0.9
4	0.3	0.5	1	1.4
5	0.3	0.5	1.3	1.9
6	0.3	0.5	1.6	2.4

Tableau III.15 : Le déplacement des étages, structure à voiles de distribués contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	1128.0	-699.3	1871.4	553.1
2	829.3	-912.6	671.8	1363.4
3	611.7	-871.0	572.4	997.1
4	450.4	-776.3	409.9	864.7
5	299.4	-615.1	242.6	659.1
6	142.9	-538.2	84	403.6

Tableau III.16 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure à voiles distribués de contreventement (Analyse linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 1827.3 \text{ KN} \\ V_y = 2424.5 \text{ KN} \end{cases}$$

f. Vérification de l'effet "P-Δ" :

Etage	P_K [KN]	h_k [m]	Sens-X			Sens-Y		
			Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_x	Δ_{rk} [cm]	V_K [KN]	θ_y
1	19605	3.23	0,1	1827.3	0.003	0,1	2424.5	0.002
2	16222.08	3.23	0.3	3569.2	0.004	0.4	4459.7	0.004
3	12802.86	3.23	0.3	5051.9	0.002	0.4	6029.2	0.002
4	9524.64	3.23	0.3	6278.6	0.001	0.5	7303.8	0.002
5	6246.28	3.23	0.3	7193.1	0.0008	0.5	8205.5	0.001
6	2959.24	3.23	0.3	7874.2	0.0003	0.5	8693.1	0.0005

Tableau III.17 : Vérification vis-à-vis P-Δ, structure d à voiles distribués de contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

g .Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteaux101	985.5	5.6
	poutres 50	-66.4	-59.6
	poutres 51	68.1	74.9
	poutres 28	28.2	6
66	Poteaux109	959.2	-22.7
	poutres 43	49.8	32.8
	poutres 42	-0.4	-19.8
	poutres 56	98.9	126.9

Tableau III.18 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure voiles de distribués contreventement (Analyse linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

III.2.Présentation des résultats :

III.2.1. Résultats d'analyse non linéaire :

III.2.1.1. La structure sans voiles de contreventement :

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	1.11
2	1.11
3	1.12

Tableau III.19 : LA période fondamentale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0.00	81.89	0.00
2	9.84	0.00	0.00
3	72.07	0.00	0.00

Tableau III.20 : La masse modale de la structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0.3	0,4	0.3	0.4
2	0.6	0.6	0.9	1
3	0.6	0.8	1.5	1.8
4	0.6	0.8	2.1	2.6
5	0.5	0.8	2.6	3.4
6	0.5	0.8	3.1	4.2

Tableau III .21 : Le déplacement des étages, structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	0.00	-1816.9	0.00	1765.8
2	0.00	-1714.4	0.00	1659.6
3	0.00	-1509.5	0.00	1463.0
4	0.00	-1235.1	0.00	1206.6
5	0.00	-899.1	0.00	883.5
6	0.00	-455.4	0.00	467.3

Tableau III.22 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 981 \text{ KN} \\ V_y = 1233.6 \text{ KN} \end{cases}$$

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

f .Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteau101	1057.9	33.7
	poutres50	-64	-46.6
	poutre 51	69.9	87.2
	poutres28	55.3	5.9
66	Poteau109	789.6	30.3
	poutres43	66.4	33.8
	poutre 42	21.8	-14.9
	poutre 56	52.3	80.2

Tableau III.23 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure sans voiles de contreventement (Analyse non linéaire)

III.2.1.2. Etude des variantes :

III.2.1.2.1. Variante 1 :

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	1,76
2	1.83
3	1.96

Tableau III.24 : La période fondamentale de la structure à voiles continus de contreventement (Analyse non linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0.00	72.45	0.00
2	71.49	0.00	0.00
3	0.02	0.00	0.00

Tableau III.25 : La masse modale de la structure à voiles continus de contreventement (Analyse non linéaire)

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.2	0.2	0.3	0.3
3	0.2	0.3	0.5	0.6
4	0.3	0.3	0.8	0.9
5	0.3	0.4	1.1	1.3
6	0.3	0.4	1.4	1.7

Tableau III.26: Le déplacement des étages, structure à voiles continus de contreventement (Analyse non linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	163,19	-40,54	127,23	49,46
2	135,32	-58.30	99.23	68.30
3	101,07	-71.27	75.33	76.90
4	69.16	-74.17	53.54	75.13
5	39.20	-70.06	31.62	66.63
6	31.28	-76.64	18.62	66.76

Tableau III.27: La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure à voiles continus de contreventement (Analyse non linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 916.6 \text{ KN} \\ V_y = 855.3 \text{ KN} \end{cases}$$

f. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteaux101	304.2	41.3
	poutres 50	-16.9	-14.9
	poutres 51	17.7	20
	poutres 28	23.8	9.6
66	Poteaux109	392.2	-7
	poutres 43	44	35.3
	poutres 42	-11.5	-18.8
	poutres 56	16.3	23.5

Tableau III.28 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure voiles continus de contreventement (Analyse non linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

III.2.1.2.2. Variante 2:

a. La période fondamentale :

Mode	Période[sec]
1	0,71
2	0.69
3	0.67

Tableau III.29 : LA période fondamentale de la structure à voiles distribués de contreventement (Analyse non linéaire)

b. La masse modale :

Mode	Masse Modale [%]		
	UX	UY	UZ
1	0.00	75.48	0.00
2	76.72	0.01	0.00
3	0.07	0.01	0.00

Tableau II.30 : La masse modale de la structure à voiles distribués de contreventement (Analyse non linéaire)

c. Le déplacement des étages dans les deux directions x et y :

Etage	Déplacement relatif [cm]		Déplacement total [cm]	
	Δ_{rx}	Δ_{ry}	Δ_{Tx}	Δ_{Ty}
1	0.1	0.1	0.1	0.1
2	0.3	0.4	0.4	0.5
3	0.3	0.4	0.7	0.9
4	0.3	0.5	1	1.4
5	0.3	0.5	1.3	1.9
6	0.3	0.5	1.6	2.4

Tableau II.31 : Le déplacement des étages, structure à voiles de distribués de contreventement (Analyse non linéaire)

Chapitre III : Analyse et présentation des résultats

d. La répartition des charges horizontales entre voiles et portique :

Etage	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
1	1128.0	-699.3	1871.4	553.1
2	829.3	-912.6	671.8	1363.4
3	611.7	-871	572.4	997.1
4	450.4	-776.3	409.9	864.7
5	299.4	-615.1	242.6	659.2
6	142.9	-538.2	840	403.6

Tableau III.32 : La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, structure à voiles distribués de contreventement (Analyse non linéaire)

e. La force sismique à la base :

$$\begin{cases} V_x = 981 \text{ KN} \\ V_y = 1233.6 \text{ KN} \end{cases}$$

F. Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres :

Nœud	Les barres	V_x [KN]	V_y [KN]
60	Poteaux101	985.5	5.6
	poutres 50	-66.4	-59.6
	poutres 51	68.1	74.9
	poutres 28	28.2	6
66	Poteaux109	959.2	-22.7
	poutres 43	49.8	32.8
	poutres 42	-0.4	-19.8
	poutres 56	98.9	126.9

Tableau III.33 : Les efforts tranchants sollicitant les poteaux et les poutres, structure voiles de distribués contreventement (Analyse non linéaire)

CHAPITRE IV

Discussion et interprétation des résultats

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons discuter et interpréter les résultats en comparant les deux dispositions adoptées des voiles pour déduire l'effet de chaque disposition sur chacun des réponses examinés.

IV.1. Récapitulation des résultats :

IV.1.1 Résultats d'analyse linéaire :

Les variantes		SV	V1	V2	
Période [sec]	Mode 1	0.90	0.57	0.71	
	Mode 2	0.90	0.55	0.69	
	Mode 3	0.9	0.51	0.67	
La masse modale [%]	Mode 1	UX	0.00	0.00	0.00
		UY	81.91	72.45	75.48
		UZ	0.00	0.00	0.00
	Mode 2	UX	0.75	71.49	76.72
		UY	0.00	0.00	0.00
		UZ	0.00	0.00	0.00
	Mode 3	UX	81.17	0.02	0.07
		UY	0.00	0.00	0.01
		UZ	0.00	0.00	0.00
n° de modes pour la masse cumulée > 90%		UX	6	12	9
		UY	4	9	10
Déplacement relatif [cm]	E1	Δ_{rx}	0.3	0.1	0.1
		Δ_{ry}	0.3	0.1	0.1
	E2	Δ_{rx}	0.5	0.2	0.3
		Δ_{ry}	0.6	0.2	0.4
	E3	Δ_{rx}	0.5	0.2	0.3
		Δ_{ry}	0.7	0.3	0.4
	E4	Δ_{rx}	0.5	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.7	0.3	0.5
	E5	Δ_{rx}	0.5	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.7	0.4	0.5
	E6	Δ_{rx}	0.4	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.7	0.4	0.5

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

Déplacement total [cm]		UX	2.7	1.4	1.6
		UY	3.7	1.7	2.4
Répartition des charges horizontales [%]	Se ns-X	Voiles	0	57.96	43.96
		Poteaux	100	42.03	56.03
	Se ns-Y	Voiles	0	50.14	44.31
		Poteaux	100	49.85	55.68
Force sismique à la base V_t		Sens-X	1816.9	916.6	981
		Sens-Y	1765.8	855.3	1233.6
Forces sismique (MSE) [KN]		$V_{MSEx} = V_{MSEy} =$	1714.05	1827.79	1822.19
		80% V_{MSE}	1371.24	1462.23	1457.75

Tableau IV.1 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des variantes (sans l'effet P-delta)

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

IV.1.1.1.Présentation des résultats en graphs :

a. Période

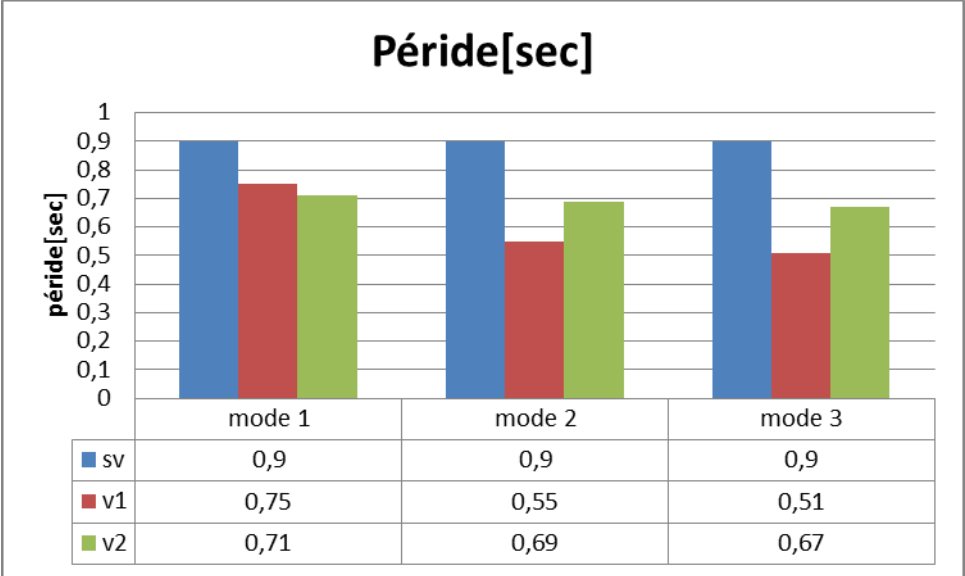


Figure IV.1 : Graphique des résultats de la période

b. La masse modale :

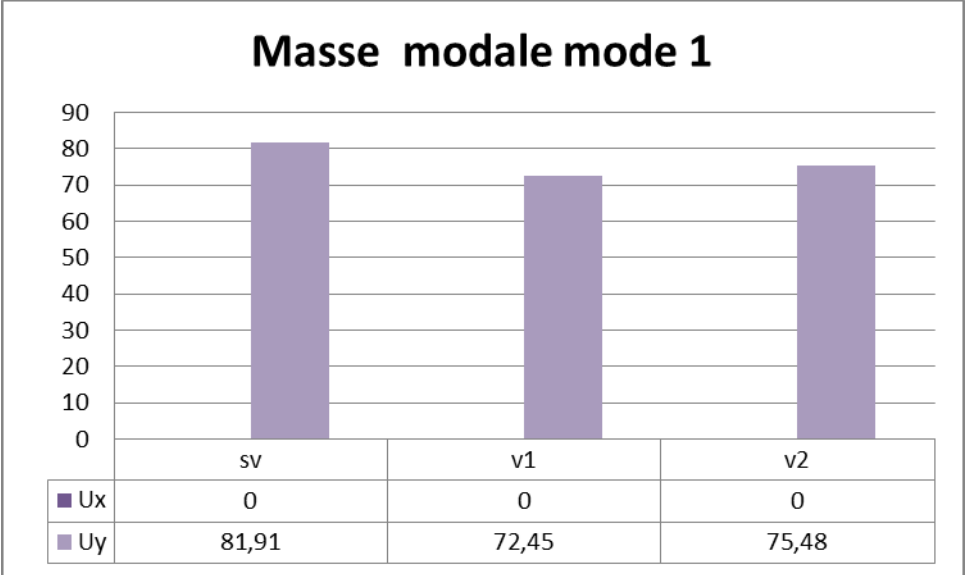


Figure IV.2 : Graphique des résultats de la masse modale mode 1

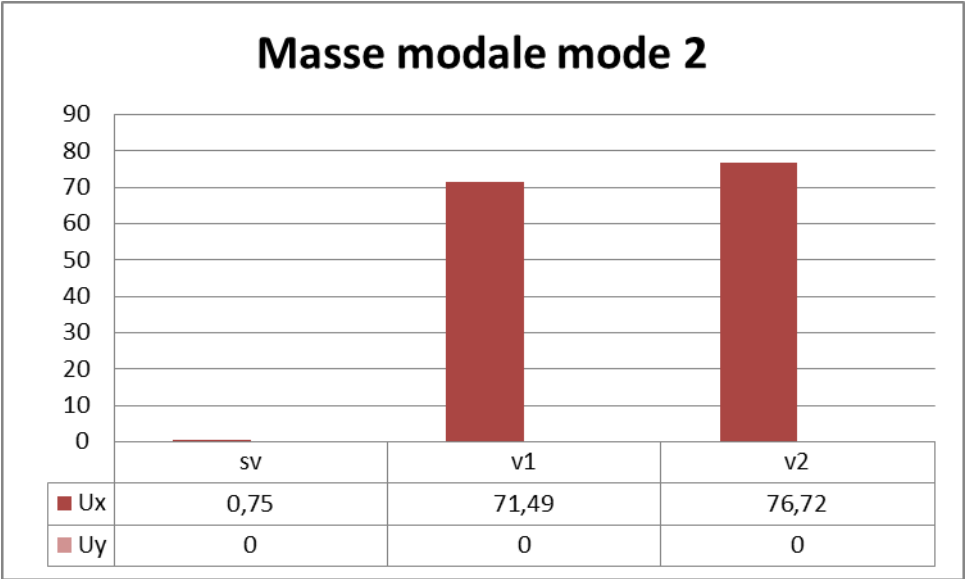


Figure IV.3 : Graphique des résultats de la masse modale mode 2

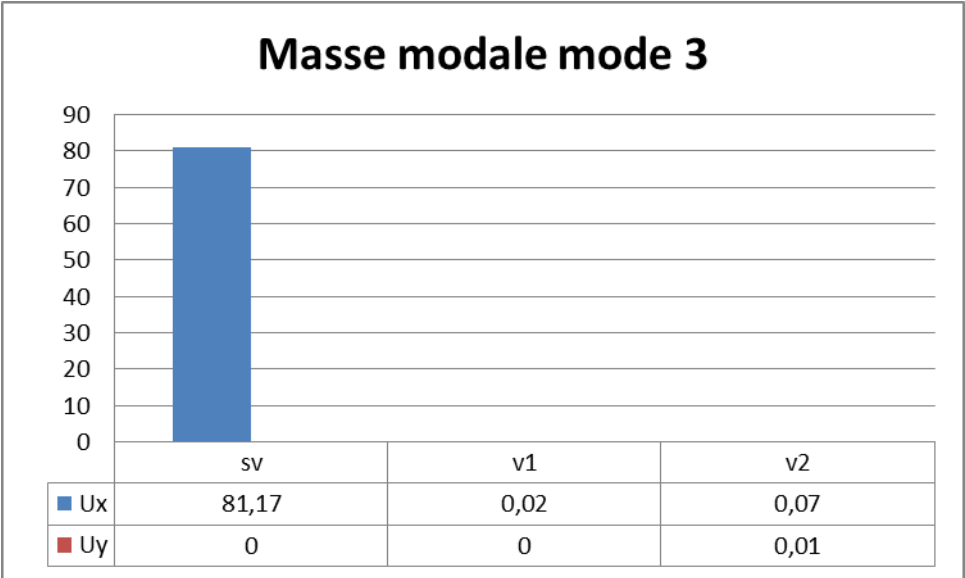


Figure IV.4 : Graphique des résultats de la masse modale mode 3

c. Déplacement inter-étages max :

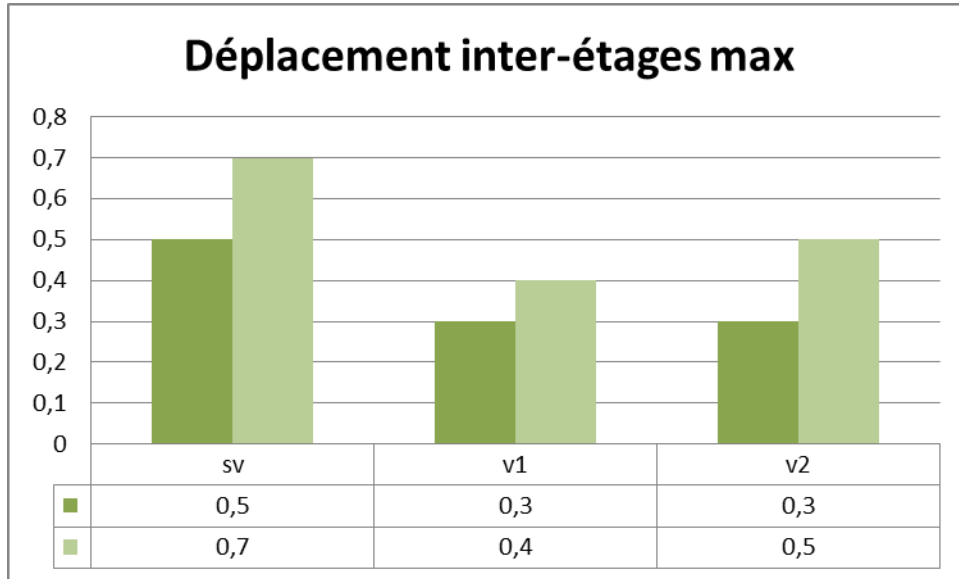


Figure IV.5 : Graphique des résultats de Déplacement inter-étages max

d. Déplacement total :

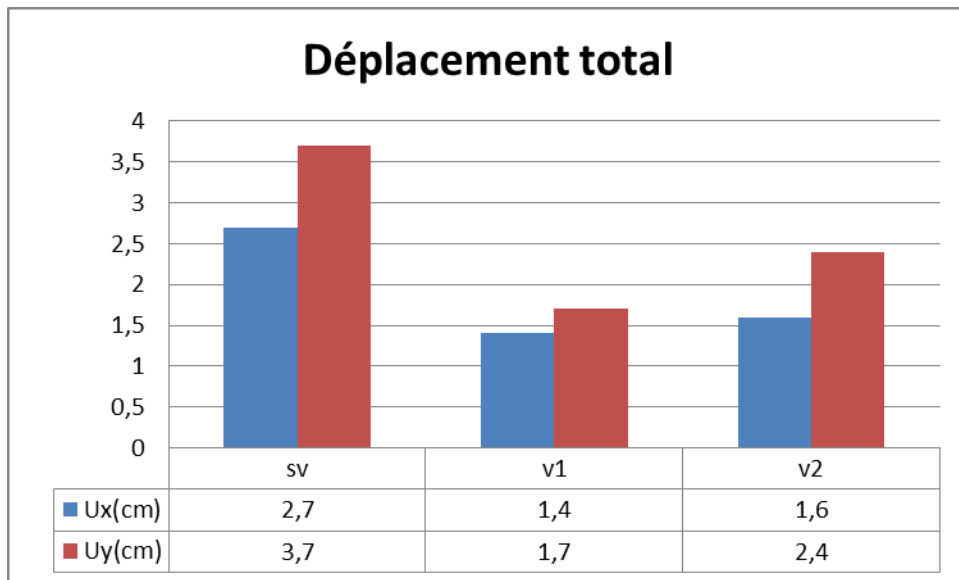


Figure IV.6: Graphique des résultats de Déplacement total

e. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux :

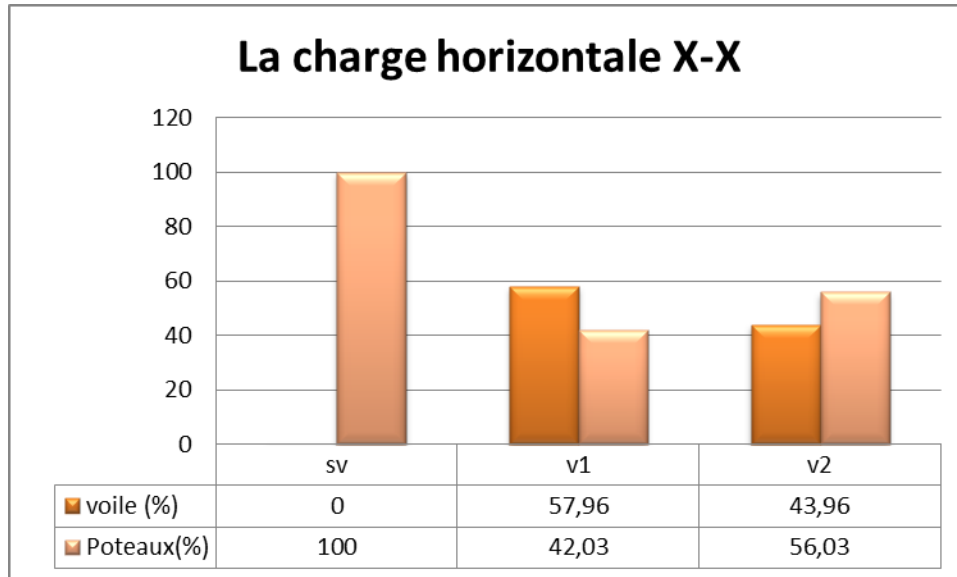


Figure IV.7: Graphique des résultats de La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens X-X

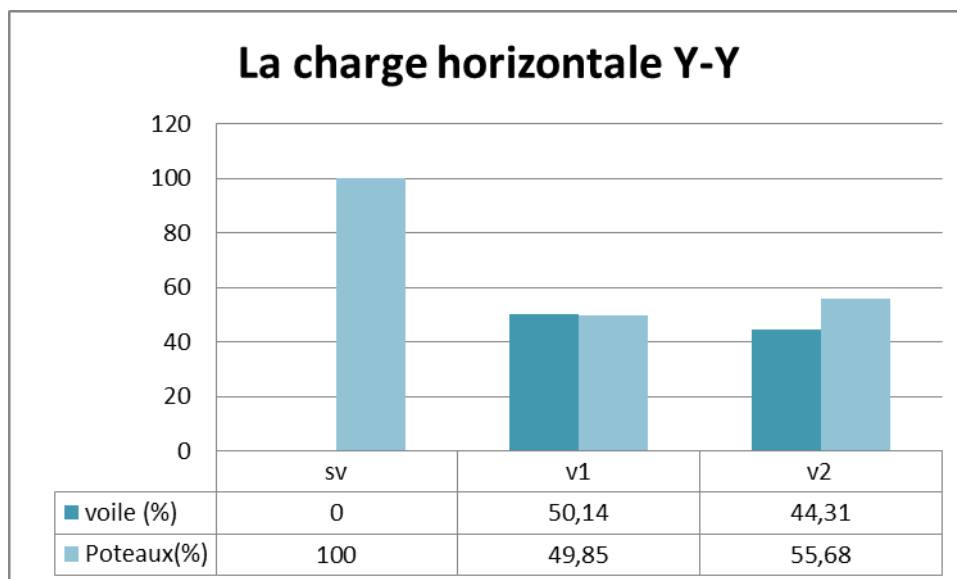


Figure IV.8: Graphique des résultats de La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens Y-Y

f. La force sismique à la base :

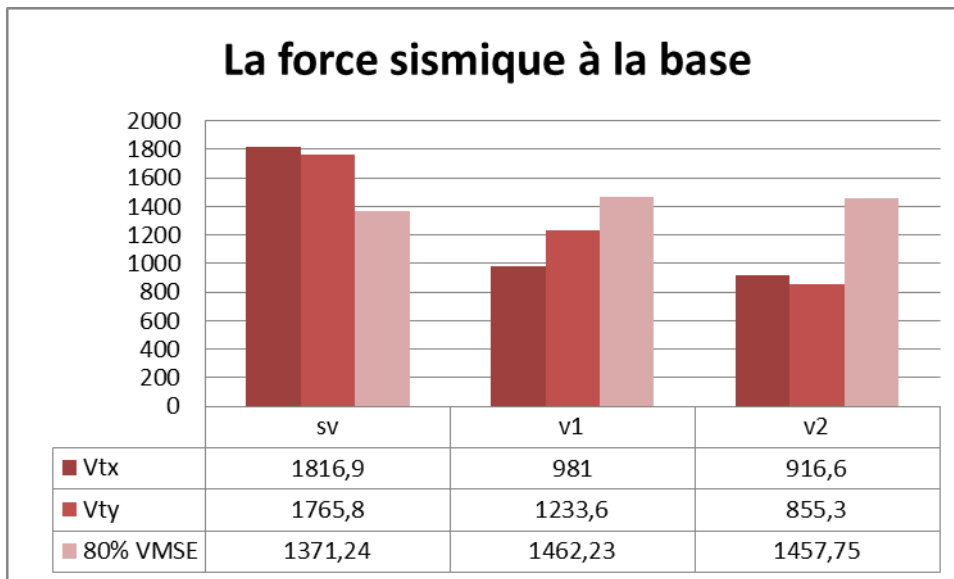


Figure IV.9: Graphique des résultats de La force sismique à la base

IV.1.2 .Résultats d'analyse non linéaire :

Les variantes		SV	V1	V2	
Période [sec]	Mode 1	1.11	1.76	0.71	
	Mode 2	1.11	1.83	0.69	
	Mode 3	1.12	1.96	0.67	
La masse modale [%]	Mode 1	UX	0.00	0.00	0.00
		UY	81.89	72.45	75.48
		UZ	0.00	0.00	0.00
	Mode 2	UX	9.84	71.49	76.72
		UY	0.00	0.00	0.01
		UZ	0.00	0.00	0.00
	Mode 3	UX	72.07	0.02	0.07
		UY	0.00	0.00	0.01
		UZ	0.00	0.00	0.00
n° de modes pour la masse cumulée > 90%		UX	6	12	9
		UY	4	9	10
Déplacement relatif [cm]	E1	Δ_{rx}	0.3	0.1	0.1
		Δ_{ry}	0.4	0.1	0.1
	E2	Δ_{rx}	0.6	0.2	0.3
		Δ_{ry}	0.6	0.2	0.4
	E3	Δ_{rx}	0.6	0.2	0.3
		Δ_{ry}	0.8	0.3	0.4
	E4	Δ_{rx}	0.6	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.8	0.3	0.5
	E5	Δ_{rx}	0.5	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.8	0.4	0.5
	E6	Δ_{rx}	0.5	0.3	0.3
		Δ_{ry}	0.8	0.4	0.5

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

Déplacement total [cm]		UX	3.1	1.4	1.6
		UY	4.2	1.7	2.4
Répartition des charges horizontales [%]	Se ns-X	Voiles	0	57.96	43.96
		Poteaux	100	42.03	56.03
	Se ns-Y	Voiles	0	50.14	48.79
		Poteaux	100	49.85	51.20
Force sismique à la base V_t		Sens-X	1825.6	999.5	916.6
		Sens-Y	1769.8	1252.1	855.3
Forces sismique (MSE) [KN]		$V_{MSEx} = V_{MSEy} =$	1714.05	1827.79	1822.19
		80% V_{MSE}	1371.24	1462.23	1457.75

Tableau IV.2 : Tableau récapitulatif des résultats de calcul des variantes (avec l'effet P-delta)

IV.1.2.1. Présentation des résultats en graphs :

a. Période :

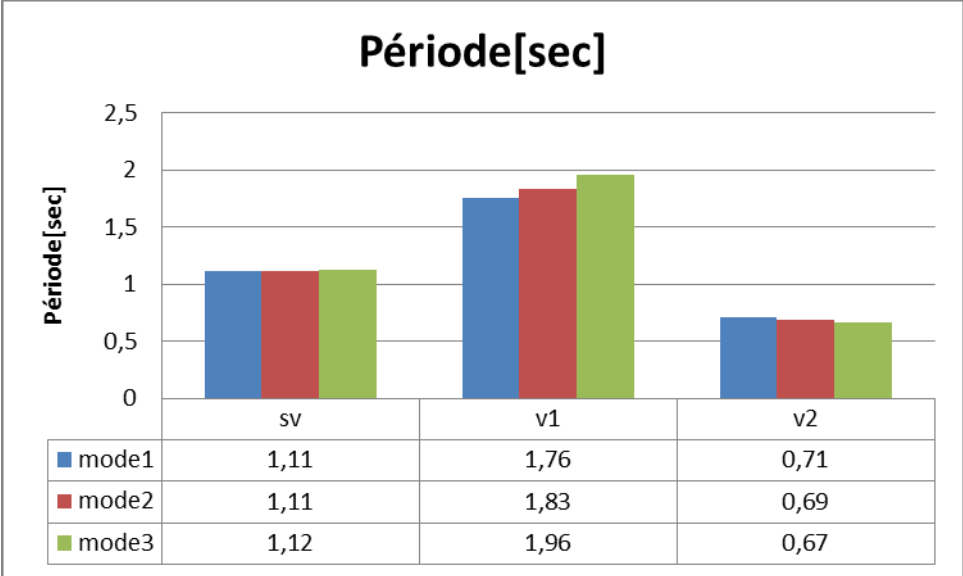


Figure IV.10 : Graphique des résultats de la période

b. La masse modale :

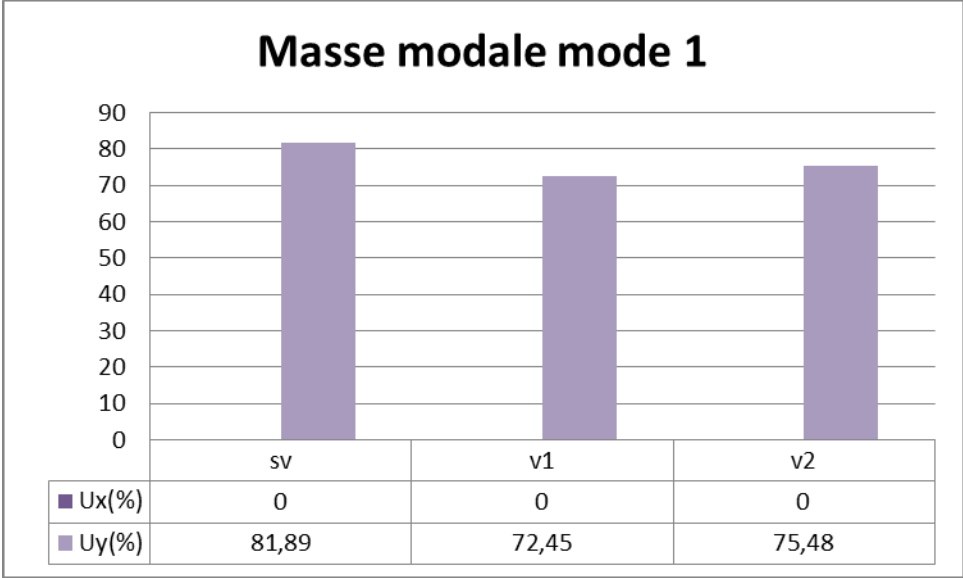


Figure IV.11 : Graphique des résultats de la masse modale mode 1

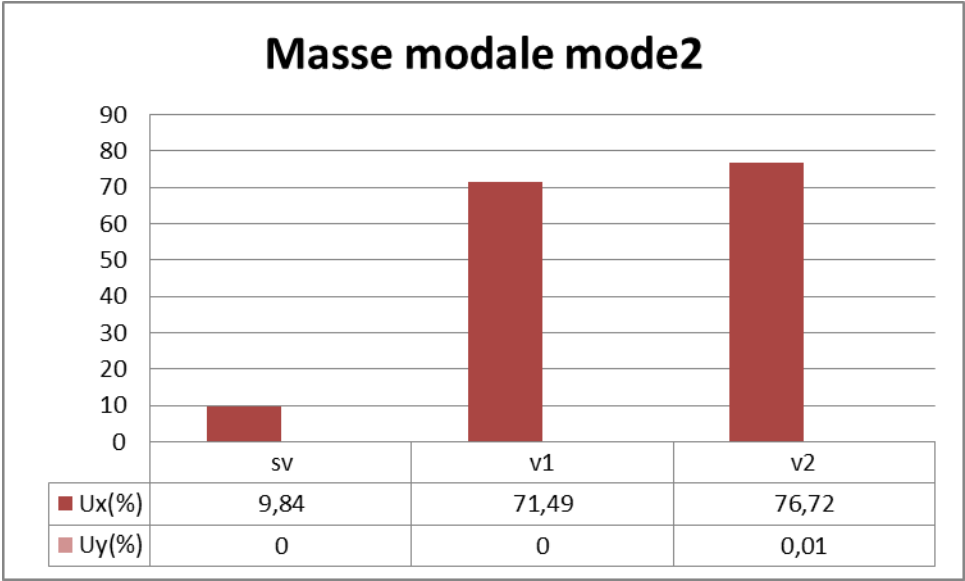


Figure IV.12 : Graphique des résultats de la masse modale mode 2

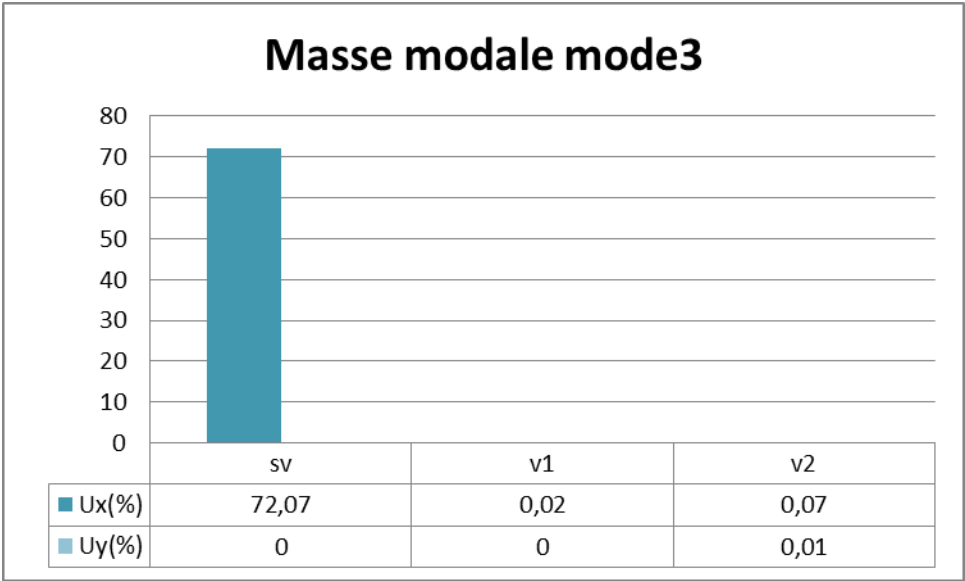


Figure IV.13 : Graphique des résultats de la masse modale mode 3

c. Déplacement inter-étages max :

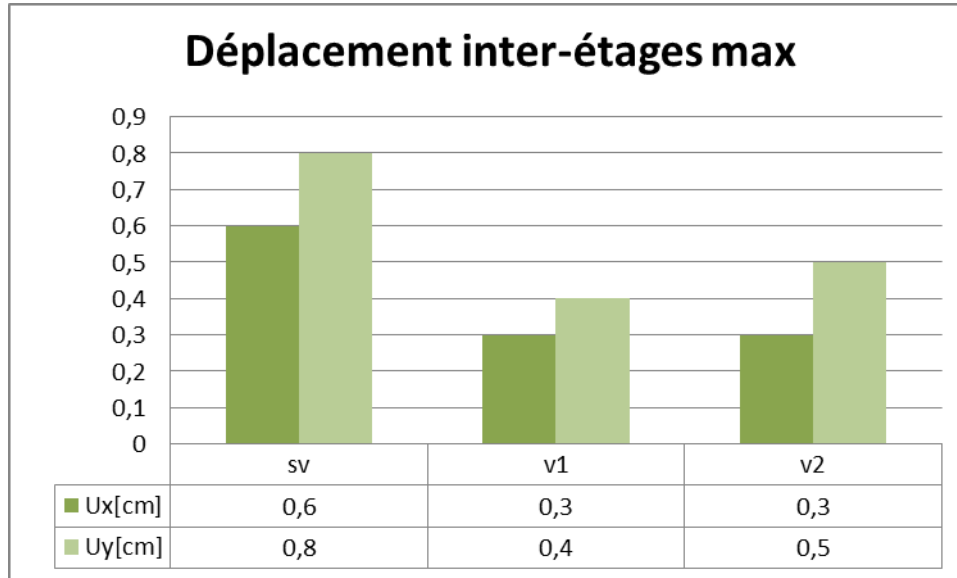


Figure IV.14 : Graphique des résultats de Déplacement inter-étages max

d. Déplacement total :

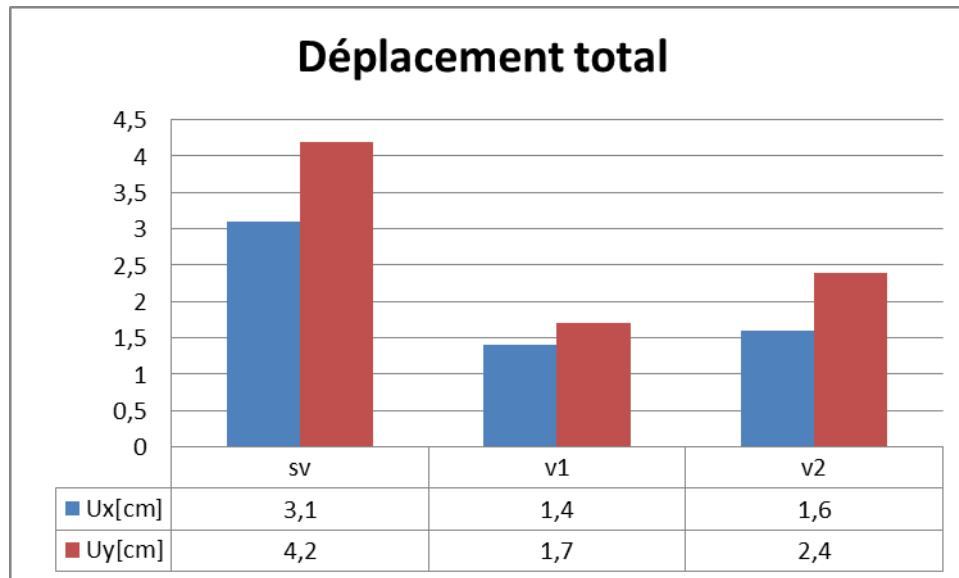


Figure IV.15: Graphique des résultats de Déplacement total

e. La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux :

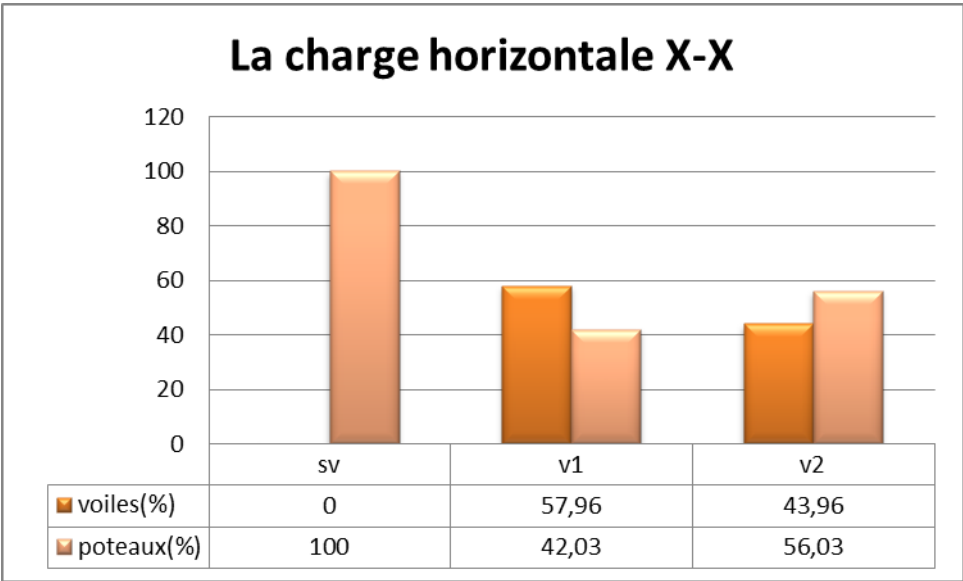


Figure IV.16: Graphique des résultats de La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens X-X

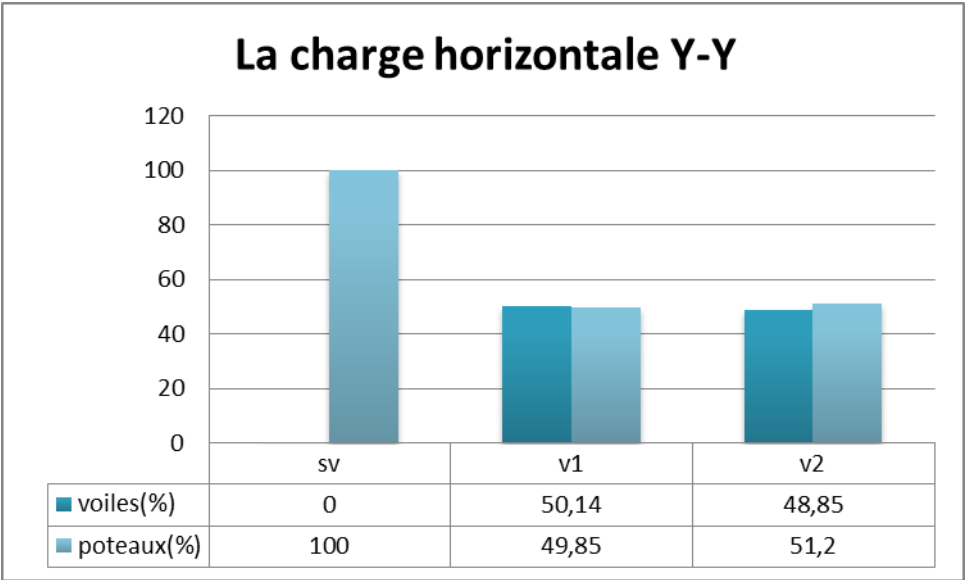


Figure IV.17: Graphique des résultats de La répartition des charges horizontales entre voiles et poteaux, sens Y-Y

f. La force sismique à la base :

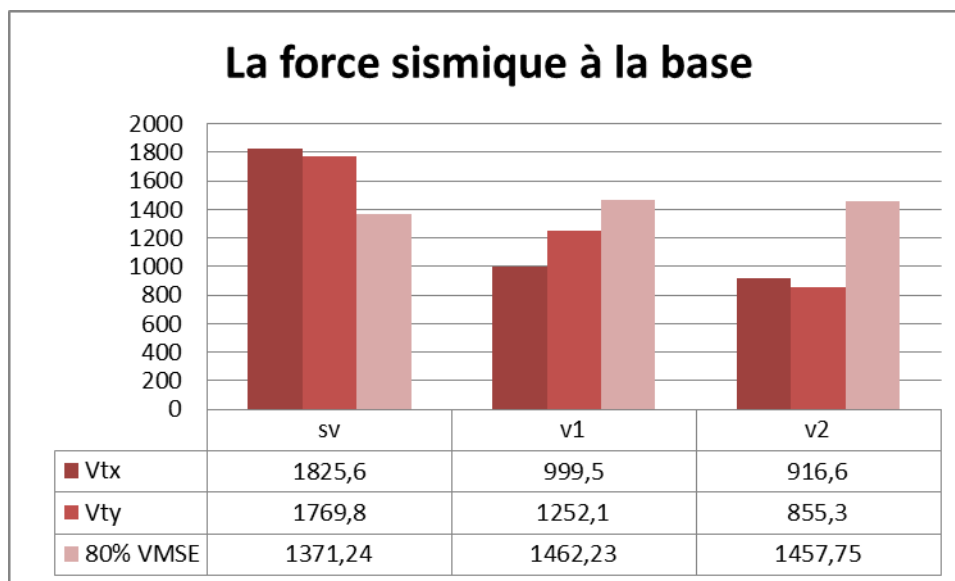


Figure IV.18: Graphique des résultats de La force sismique à la base

IV.2. Discussion et interprétation :

IV.2.1. les périodes : les deux variantes avec voiles donnent de périodes plus faibles que celles de la variante sans voile, ce qui confirme donc que les voiles augmentent la rigidité de la structure.

IV.2.2. les masses modales en % : pour la variante sans voiles la masse modale en % est dominante dans le sens y au premier mode (translation selon y), et est presque nulle dans le deuxième mode, tandis que le troisième mode est dominant dans le sens x (translations selon x), pour les variantes avec voiles on voit que le % de la masse modale est dominant dans le sens y au premier mode (translation selon y), et dans le sens x pour le deuxième mode (translation selon x), et grossièrement comparables pour le 3ème mode (torsion).

IV.2.3. les masses modales cumulées en % : le nombre de modes à prendre en compte dans les variantes avec voiles est très grand par rapport à celui de la variante sans voiles.

IV.2.4. les déplacements relatifs : les variantes avec voiles donnent des déplacements relatifs < à ceux de la variante sans voiles, ce que veut dire que la présence des voiles de contreventement améliore le comportement de la structure vis-à-vis des déplacements inter étages.

IV.2.5. les déplacements totaux : le déplacement dans les variantes avec voiles est inférieur à la variante sans voiles, ce qui augmente la sécurité vis-à-vis des déplacements admissibles et vis-à-vis des largeurs des joints sismiques s'ils sont nécessaires.

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

IV.2.6. Répartition des charges horizontales en % : dans le cas des voiles, les charges horizontales sont réparties entre les voiles et les poteaux, c'est ce qui a été observé à travers l'étude présentée, ainsi ces variantes sont classées (selon le système de structure) dans la classe 4.a système de contreventement mixte assuré par des voiles et des portiques avec justification d'interaction portiques-voiles.

IV.2.7. Force sismique à la base : les forces sismique à la base obtenus dans les variantes étudiées sont > à 80% de la forces sismique calculée par la méthode statique équivalent , C'est-à-dire la condition du RPA (article 4.3.6) est vérifiée.

IV.3. Influence de la prise en compte dans l'analyse des efforts et déplacements non linéaires dus l'effet P-Delta :

Après analyse des résultats, il a été constaté que le comportement de la structure générale (période, déplacement total, déplacement inter étages,...) en tenant compte l'effet P-Delta subit un très léger changement, ce qui confirme les prescriptions du RPA (article 5.9), notant que l'effet de P-Delta peut être négligé si la condition prescrite est justifiée.

IV.4. Choix de la disposition plus parasismiques :

IV.4.1. Période :

Variantes	V1	V2
T [sec]	0.57	0.71

Tableau IV.3 : Les périodes fondamentales

En cas de contreventement continu, la structure est plus rigidité car la période fondamentale est plus faible $T = 0.57$ donc cette disposition est meilleur en terme de résistance et de comportement vis-à-vis du séisme

IV.4.2. Les masses modales :

Variantes	Mode 1			Mode 2			Mode 3		
	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ	UX	UY	UZ
V1	0.00	72.45	0.00	71.49	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
V2	0.00	75.48	0.00	76.72	0.00	0.00	0.07	0.01	0.00

Tableau IV.4.: Les masses modales

Dans les deux cas, les résultats ont montré une résistante aux séismes et aucune torsion

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

IV.4.3. Les déplacements inter-étages :

Variantes	V1	V2
Δ_{rx} max [cm]	0.3	0.3
Δ_{ry} max [cm]	0.4	0.5

Tableau IV.5 : Les déplacements inter-étages

Dans la direction x, les deux variables donnent un déplacement relatif de 0.3 cm, et dans la direction y, la variable V2 donne un déplacement relatif maximum de 0.5 cm et V1= 0.4 cm. En général, on dit que le déplacement dans les deux les variables sont petites

IV.4.4. Les déplacements totaux :

Variantes	V1	V2
Δ_{rx} max [cm]	1.4	1.6
Δ_{ry} max [cm]	1.7	2.4

Tableau IV.6 : Les déplacements totaux

Dans la sens x, la variant V1 donne un déplacement total de 1.4 cm plus petit que la variant V2, qui donnait un déplacement de 1.6 cm. Quant à la sens y, le déplacement total est également petit dans la variant V1 ou il est égal à 1.7 cm , contrairement à la variant V2, qui donne un déplacement de 2.4 dents . On peut dire que la variant V1 est plus résistante aux séismes

IV.4.5. La répartition des charges horizontales entre voiles et portiques :

Les variantes	F_x sur les voiles [KN]	F_x sur les poteaux [KN]	F_y sur les voiles [KN]	F_y Sur les poteaux [KN]
V1	1631.9	-405.4	1272.3	494.6
V2	1128.0	-699.3	1871.4	553.1

Tableau IV.7: La répartition des charges horizontales entre voiles et portiques

Dans la sens x, les voiles de la variant V1 ont le pourcentage le plus élevé de charges horizontales estimées à 57.96% par rapport aux charges de l'autre variant ou les murs occupent le plus petit pourcentage des charges 43.96% dans la sens y, le pourcentage des

Chapitre IV : Discussion et interprétation des résultats

charges horizontales supportées par les murs dans la variant V1 50.14% est supérieur par rapport à l'autre variable 44.31% , on peut donc dire que la variant V1 est la meilleure en termes de résistance et de comportement vis-à-vis du séisme

IV.4.6. La force sismique à la base :

Les variantes	La force sismique à la base [KN]	
	V_{tx}	V_{ty}
V1	916.6	855.3
V2	981	1233.6

Tableau IV.8 : La force sismique à la base

La variant V1 apparait dans la sens x, moins de forces sismique ($v=916.6\text{KN}$) par rapport à l'autre variable ($v=981\text{KN}$) et idem pour la sens y, ou dans le cas d'appuis continus, les forces sismique sont moindres ($v=855.3\text{KN}$). On peut donc conclure que la variant V2 est moins résistante au séisme.

IV.5. Conclusion :

L'analyse comparative des résultats a montré que la présence de voiles continues augmente considérablement la rigidité et la stabilité de la structure, d'autre part il a été constaté que l'inclusion de l'effet de P-delta n'affectait en aucune façon les résultats, car la condition requis par RPA a été vérifié en général, l'effet de P-delta dans les variables étudiées. En conclusion, on peut dire que V est la solution idéale pour faire face et résister séisme.

CONCLUSION GENERALES

Conclusions générales :

L'étude bibliographique que nous avons menée nous a confirmé d'une part l'expérience cumulée sur le bon comportement sismique des structures contreventées par voiles vu leur grande rigidité qui permet de limiter les déplacements latéraux et assurer ainsi leur résistance aux forces horizontales, et elle nous a montré d'autre part que pour aboutir à une conception adéquate de ces voiles le projecteur est laissé à présent sans directives réglementaires autre que la recherche de la symétrie en rigidité prescrite par le (RPA2003).

Dans cette étude, nous avons étudié deux dispositions de voiles : voile continu et voiles distribués, par deux types d'analyse, l'analyse linéaire (en négligeant les efforts et déplacements dus à l'effet P-delta), et l'analyse non linéaire (en incluant dans les calculs ceux-ci).

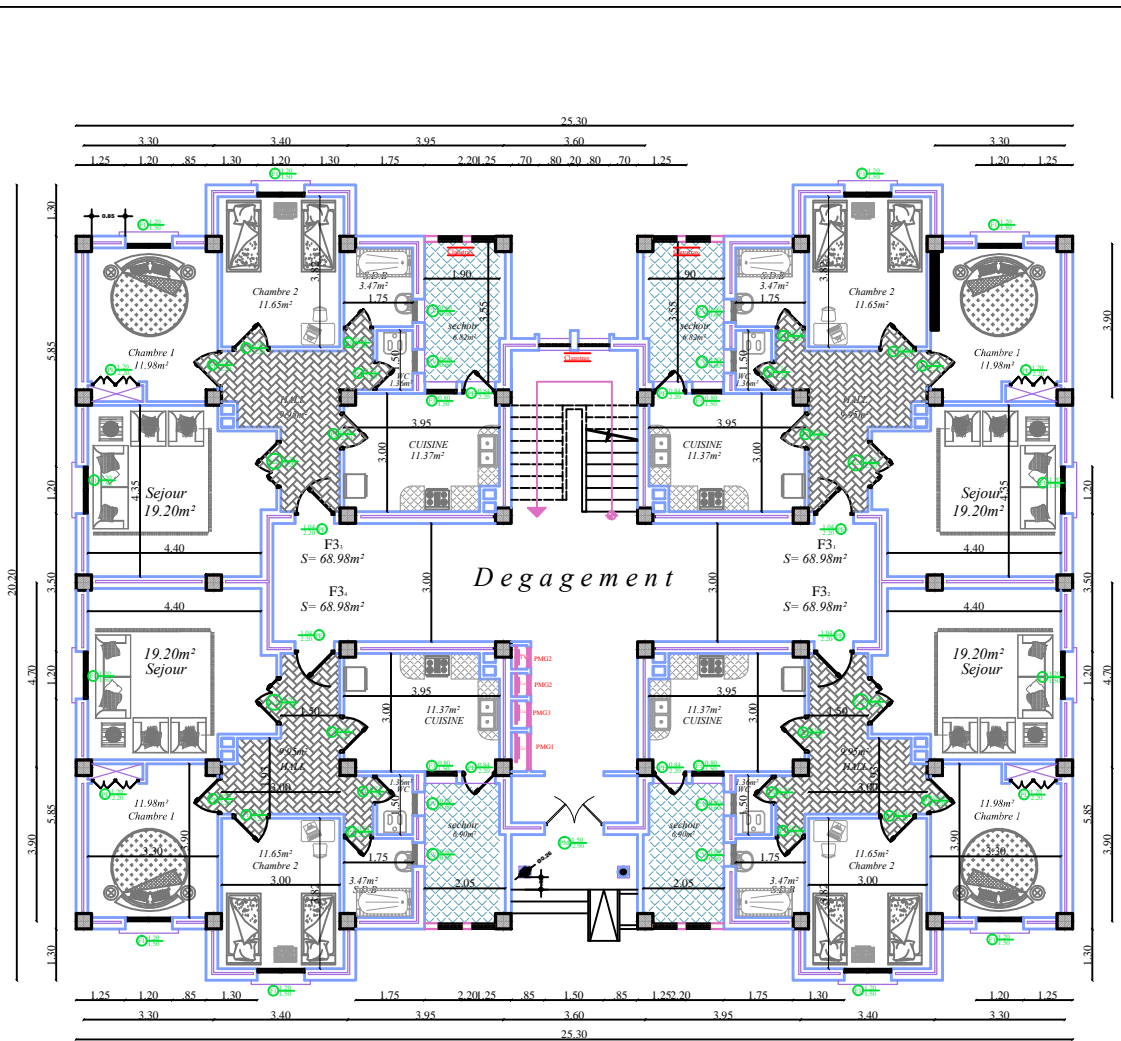
Des paramètres ont été utilisés comme critères de comparaison pour déterminer la disposition optimale des voiles, ces critères sont la période fondamentale, le déplacement inter étages, le déplacement total, la participation de masse, le pourcentage des efforts horizontaux repris par les voiles et poteaux et la force sismique à la base.

Les résultats de l'étude nous ont permis de conclure les points suivants :

- Les deux dispositions des voiles (continu et distribués le long de la file contreventée) ont considérablement amélioré la rigidité et la stabilité de la structure, ce qui confirme l'expérience cumulée sur le comportement des structures contreventées par voiles.
- L'analyse linéaire était suffisante, car la prise en compte de l'effet P-delta n'a pas affecté de manière significative les résultats, ce qui conforte la prescription du règlement RPA qui permet de négliger les effets du 2^{ème} ordre tant que la condition prescrite pour cela est vérifiée.
- Par l'analyse comparative, il a été constaté que la disposition en continue des voiles est meilleure en termes de résistance et de comportement face au séisme. En effet le déplacement total qu'elle présente au dernier niveau est plus faible, elle réduit la torsion de la structure ainsi elle allège les poteaux des efforts horizontaux vu que le pourcentage des efforts sismiques repris par les voiles est plus élevé.,

Références bibliographie

- [1] <https://www.univ-chlef.dz/CHAPITRE-3-LES-CONTREVENTEMENTS.pdf>.
- [2] Règles Parasismiques Algériennes, RPA 99 / Version 2003, Centre National De Recherche Appliquée En Génie Parasismique. Algérie.
- [3] AFPS 2003, Rapport préliminaire de la mission AFPS : Le séisme du 21Mai en Algérie.
- [4] Hadjaz Leila, Influence du nombre d'étages sur la performance sismique des structures auto-stables en B.A, Mémoire de Master 2018, Université de Tizi-Ouzou.
- [5] <https://www.univ-chlef.dz/fgca/Chapitre-2-Pathologie.pdf>
- [6] Mahdjouba Youssouf, Bouatia Boudjema, comparaison de la performance sismique d'une structure auto-stable en béton armée avec une structure mixte (portiques avec voiles), Mémoire de Master 2017, Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA.
- [7] Kouahla Chahinez, Influence De La Position Des Voiles Sur Le Comportement Les Structures En Béton Armé, Mémoire de Master 2014, Université 8 Mai 1945-Guelma.
- [8] Belkacemi Meliza, Influence des modèles de comportement non linéaire et le type de chargement sur le comportement global d'un portique en béton armé, Mémoire de Master, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
- [9] Kacimi Nacéra, Analyse numérique d'une structure auto stable et d'un structure mixte (Portiques + voiles), Mémoire de Master 09 Octobre 2013, Université de Tizi-Ouzou.



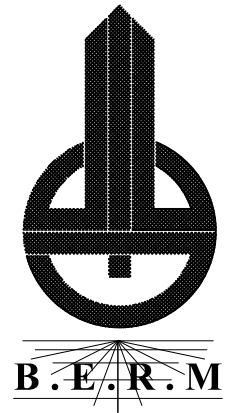
Plan RDC

Bloc C

SURFACE BLOC "C"

ESPACE	Unité	TYPE DE LOGEMENT				Surface
		F3.	F3.	F3.	F3.	
Sejour	m ²	19.20	19.20	19.20	19.20	20.00
Chambre 01	m ²	11.98	11.98	11.98	11.98	12.00
Chambre 02	m ²	11.65	11.65	11.65	11.65	12.00
Cuisine	m ²	11.37	11.37	11.37	11.37	11.00
Hall	m ²	9.95	9.95	9.95	9.95	6.00
S D B	m ²	3.47	3.47	3.47	3.47	3.50
WC	m ²	1.36	1.36	1.36	1.36	1.50
TOTAL	m²	68.98	68.98	68.98	68.98	

sechoir	m ²	6.82	6.90	6.82	6.90
balcon	m ²	00.00	00.00	00.00	00.00
S-TOTAL	m²	75.80	75.88	75.80	75.88



République Algérienne Démocratique et Populaire
 Société de Gestion Des Participants INJAB Alger
 Bureau d'Etudes et de Recherches M'SILA
 Capital Social: 41 000 000 DA
 R.C: 00 B 0562343 du 23/06/2008
 Siège Social: Rue CHERID Abdelhafid Bp 88 M'sila A.I: 280120 01 083
 NIF: 0 980 2801 0000159
 Tel: 035/55/05/51 Fax: 035/55/34/95 Mail: berm_msila@yahoo.fr

Projet : 300/700/4000 LOGEMENTS A KHELIL
 WILAYA DE BBA

Maître de l'Ouvrage : O.P.G.I DE BBA
Lieu : KHELIL Wilaya BBA

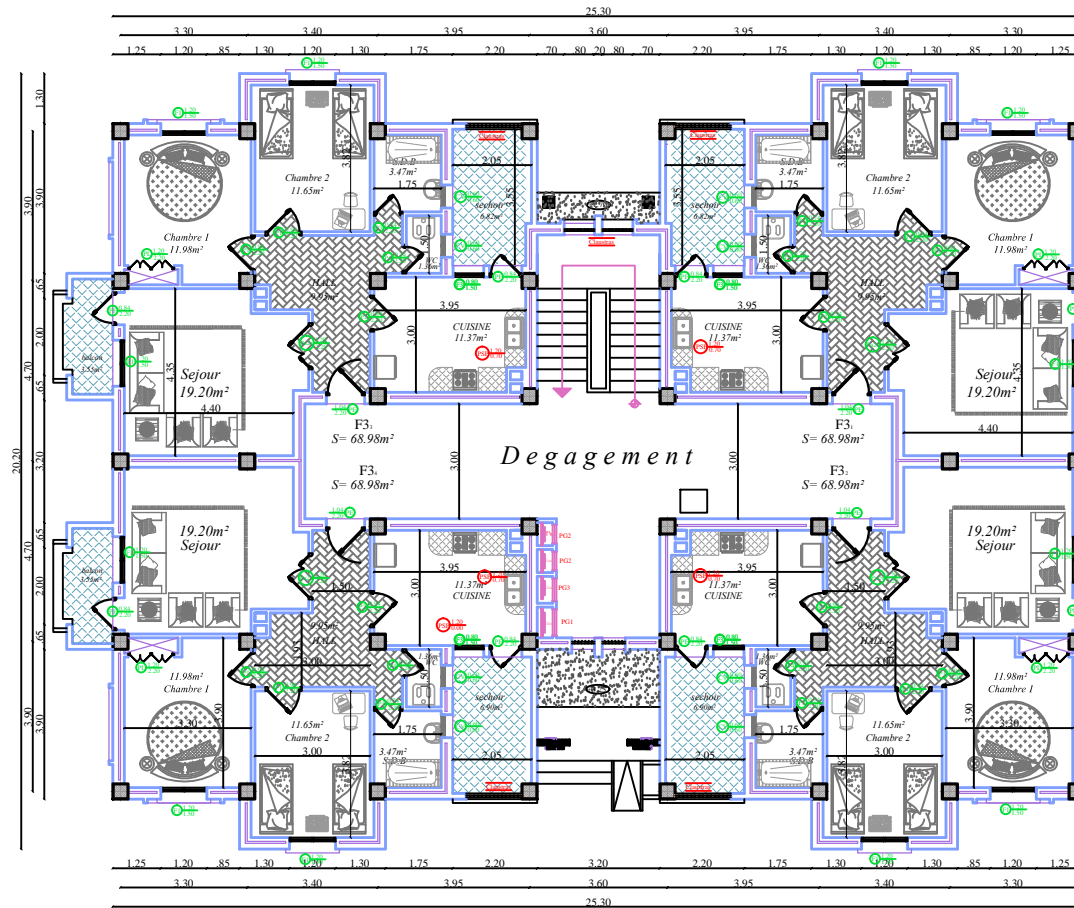
Plans :	Echelle :	Visa BET :
Vue en Plan du R.D.C	1 / 50	
Vue en Plan du 1 ^{er} Etage	1 / 50	
Vue en Plan du 2 ^{ème} Etage	1 / 50	
Vue en Plan de la Terrasse	1 / 50	
Façade Principale	1 / 50	
Façade Postérieure	1 / 50	Observations :
Façade Latérale Droite	1 / 50	Dossier :
Façade Latérale Gauche	1 / 50	BLOC C
Les Coupes	1 / 50	ARCHITECTURE
Plan de Masse	1 / 500	
Plan de Situation	1 / 1000	

Tableau de Menuiserie

Modifié le :
 Par :

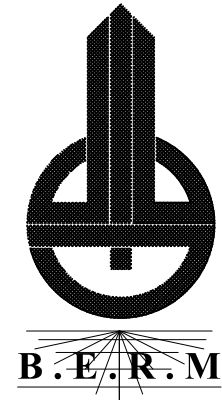
Visa :

Bloc C



ESPACE	Unité	TYPE DE LOGEMENT				Surface
		F3.	F3.	F3.	F3.	
Sejour	m²	19.20	19.20	19.20	19.20	20.00
Chambre 01	m²	11.98	11.98	11.98	11.98	12.00
Chambre 02	m²	11.65	11.65	11.65	11.65	12.00
Cuisine	m²	11.37	11.37	11.37	11.37	11.00
Hall	m²	9.95	9.95	9.95	9.95	6.00
S.D.B	m²	3.47	3.47	3.47	3.47	3.50
WC	m²	1.36	1.36	1.36	1.36	1.50
TOTAL	m²	68.98	68.98	68.98	68.98	

sechoir	m²	6.82	6.90	6.82	6.90
balcon	m²	3.55	3.55	3.55	3.55
S-TOTAL	m²	79.35	79.43	79.35	79.43



Assemblée Algérienne Démocratique et Populaire,
 Société de Gestion Des Participants INJAB Alger
 Bureau d'Etudes et de Recherches - MSILA
 R.C: 00 B 0562343 du 23/06/2008 Capital Social: 41 000 000 DA
 Siege Social: Rue CHERID Abdelhafid Bp 88 Msila A.I: 280120/01 083
 NIF: 0 980 2801 0000159
 Tel: 035/55/05/51 Fax: 035/55/34/95 Mail: bern_msila@yahoo.fr

Projet : 300/700/4000 LOGEMENTS A **KHELIL**
 WILAYA DE BBA

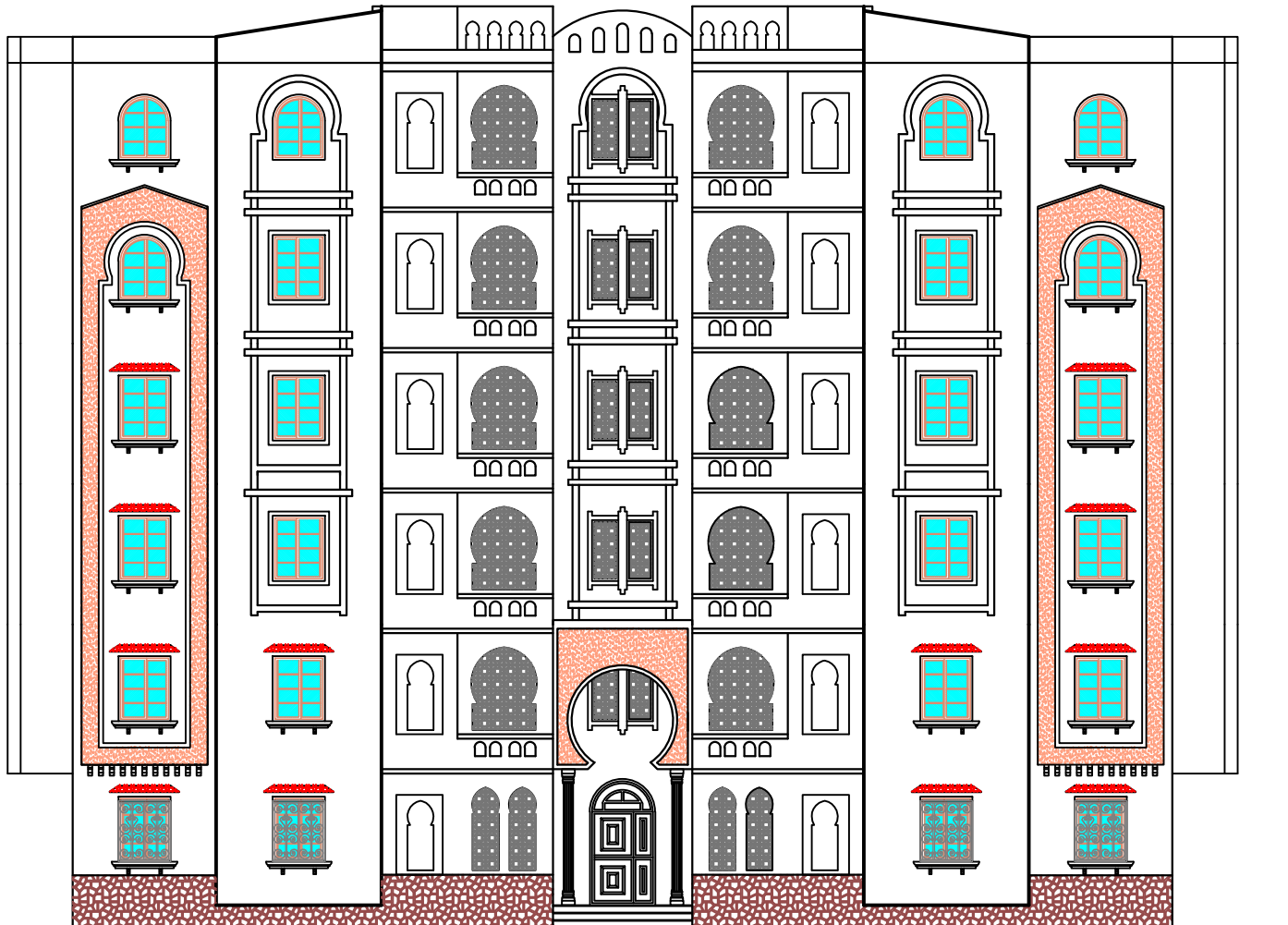
Maitre de l'Ouvrage : O.P.G.I DE BBA
Lieu : **KHELIL** **Wilaya BBA**

Plans :	Echelle :	Visa BET :
Vue en Plan du R.D.C	1/50	
Vue en Plan du 1er Etage	1/50	
Vue en Plan du 2me Etage	1/50	
Vue en Plan de la Terrasse	1/50	
Façade Principale	1/50	
Façade Postérieure	1/50	Observations : BLOC C
Façade Latérale Droite	1/50	
Façade Latérale Gauche	1/50	
Les Coupes	1/50	
Plan de Masse	1/500	
Plan de Situation	1/1000	Dossier : ARCHITECTURE
Tableau de Menuiserie		

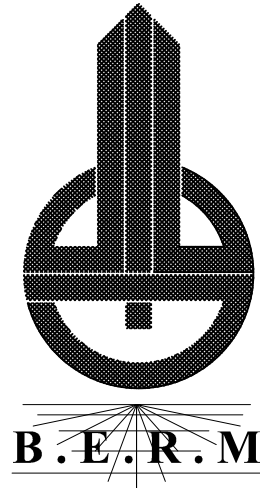
Modifié le : _____ Visa : _____
 Par : _____

Plan 1 ère Etage

BLOC "C"



Façade principale



République Algérienne Démocratique et Populaire
 Société de Gestion Des Participants INJAB Alger
 Bureau d'Etudes et de Recherches MSILA
 R.C: 00 B 0562343 du 23/06/2008 Capital Social: 41 000 000 DA
 Siège Social: Rue CHERIF Abdelhafid Bp 88 M'Sila A.F: 280120 01 083
 NIF: 0 980 2801 0000159
 Tel: 035/55/05/51 Fax: 035/55/34/95 Mail: berm_msila@yahoo.fr

Projet : 300/700/4000 LDGEMENTS A **KHELIL**
WILAYA DE BBA

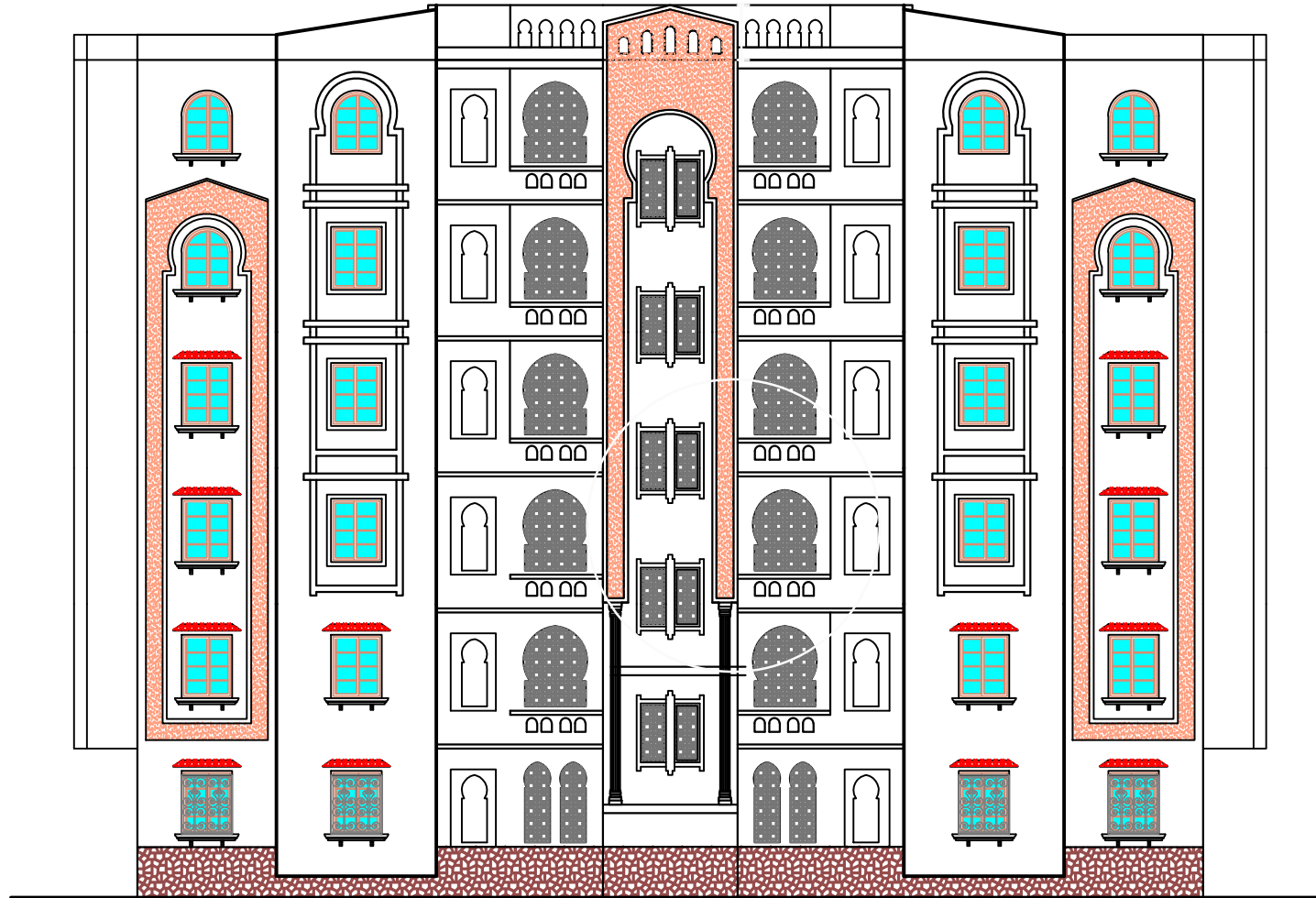
Maître de l'Ouvrage : O.P.G.I DE BBA
Lieu : KHELIL Wilaya BBA

Plans :	Echelle :	Visa BET :
Vue en Plan du R.D.C	1 / 50	
Vue en Plan du 1er Etage	1 / 50	
Vue en Plan du 2 ^{ème} Etage	1 / 50	
Vue en Plan de la Terrasse	1 / 50	
Façade Principale	1 / 50	
Façade Postérieure	1 / 50	Observations :
Façade Latérale Droite	1 / 50	
Façade Latérale Gauche	1 / 50	BLOC C
Les Coupes	1 / 50	
Plan de Masse	1 / 500	
Plan de Situation	1 / 1000	ARCHITECTURE
Tableau de Menuiserie		

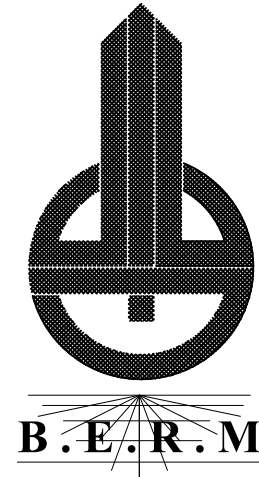
Architecte : _____ Dessinateur : _____ Date : 08/2011


Modifié le : _____ **Visa :** _____
Par : _____

BLOC "C"



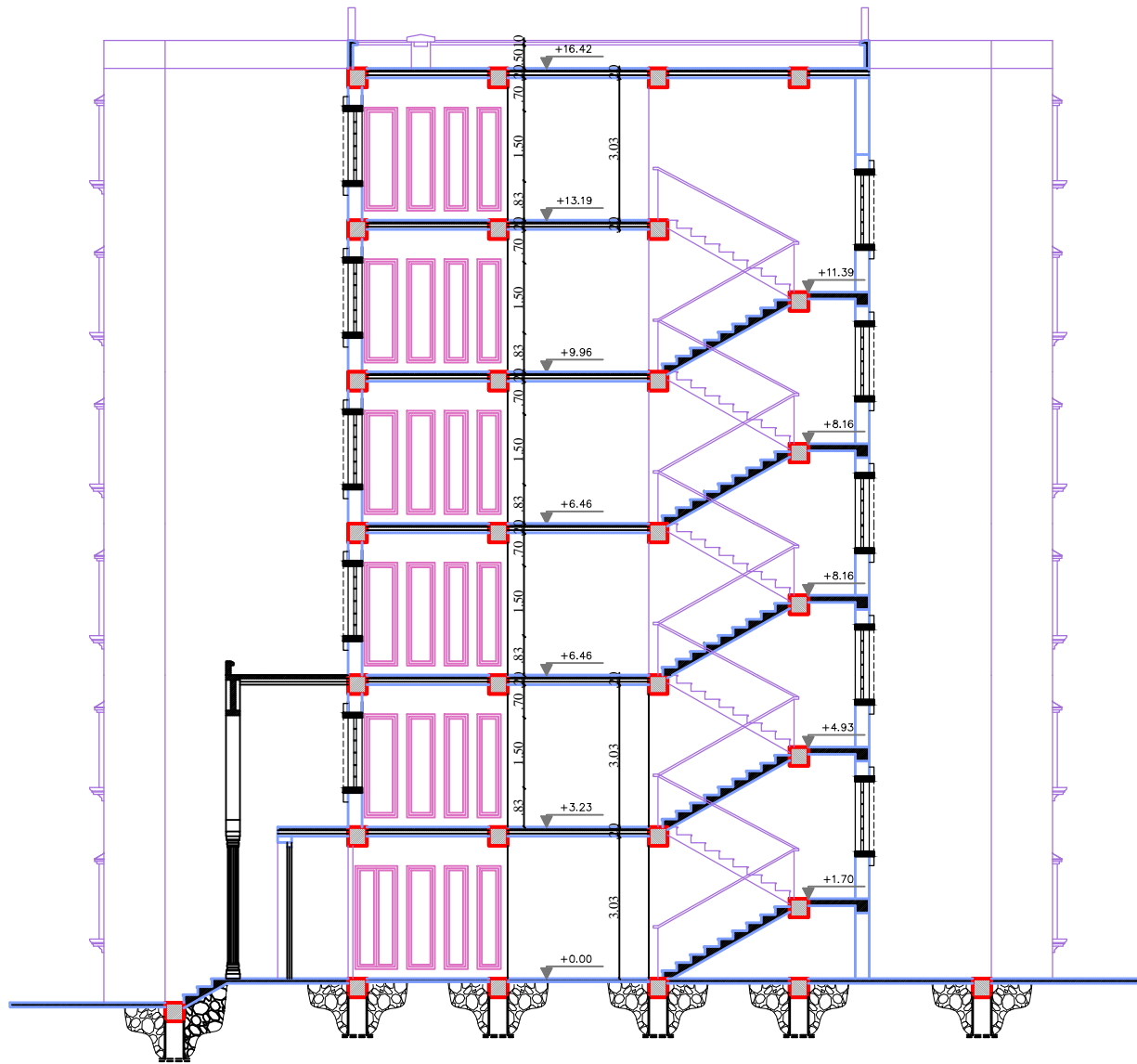
Façade posterieure



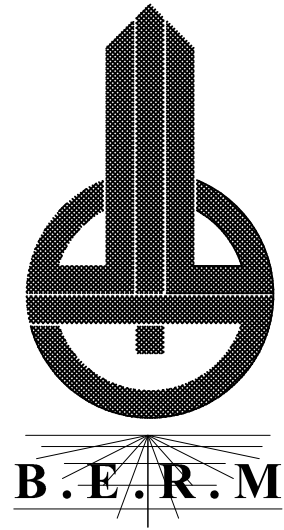

Republique Algérienne Démocratique et Populaire
 Société de Gestion Des Participants INJAB Alger
 Bureau d'Etudes et de Recherches MSILA
 R.C: 09 B 0562343 du 23/06/2008 Capital Social: 41 000 000 DA
 Siège Social: Rue CHERID Abdelhafid Bp 88 M'sila A.F: 280120 01 083
 NIF: 0 980 2801 0000159
 Tel: 035/55/05/51 Fax: 035/55/34/95 Mail: berm_msila@yahoo.fr

Projet :		300/700/4000 LOGEMENTS A KHELIL WILAYA DE BBA	
Maitre de l'Ouvrage :		O.P.G.I DE BBA	
Lieu :		Wllyaya BBA	
Plans :	Echelle :	Visa BET :	
Vue en Plan du R.D.C	1 / 50		
Vue en Plan du 1er Etage	1 / 50		
Vue en Plan du 2eme Etage	1 / 50		
Vue en Plan de la Terrasse	1 / 50		
Façade Principale	1 / 50		
● Façade Postérieure	1 / 50	Observations :	Dossier :
Façade Latérale Droite	1 / 50	BLOC C	ARCHITECTURE
Façade Latérale Gauche	1 / 50		
Les Coupes	1 / 50		
Plan de Masse	1 / 500		
Plan de Situation	1 / 1000		
Tableau de Menuiserie		Architecte :	Destinataire :
			Date : 08/2011

Modifié le : _____ **Visa :** _____
Par : _____



Coupe AA



République Algérienne Démocratique et Populaire
 Société de Gestion Des Participants INJAB Alger
 Bureau d'Etudes et de Recherches MSILA
 Capital Social: 41 000 000 DA
 R.C: 00 B 0562343 du 23/06/2008 A.I: 280120 01 083
 Siege Social Rue CHERID Abdelhafid Bp 88 M'sila
 NIF: 0 980 2801 0000159
 Tel: 035/55/05/51 Fax: 035/55/34/95 Mail: berm_msila@yahoo.fr

Projet : 300/700/4000 LOGEMENTS A **KHELIL**
 WILAYA DE BBA

Maitre de l'Ouvrage : O.P.G.I DE BBA
Lieu : KHELIL Wilaya BBA

Plans :	Echelle :	Visa BET :
Vue en Plan du R.D.C	1 / 50	
Vue en Plan du 1 ^{er} Etage	1 / 50	
Vue en Plan du 2 ^{ème} Etage	1 / 50	
Vue en Plan de la Terrasse	1 / 50	
Façade Principale	1 / 50	Observations : BLOC C ARCHITECTURE
Façade Postérieure	1 / 50	
Façade Latérale Droite	1 / 50	
Façade Latérale Gauche	1 / 50	
Les Coupes	1 / 50	
Plan de Masse	1 / 500	
Plan de Situation	1 / 1000	
Tableau de Menuiserie		Architecte : Dessinateur : Date : 08/2011

Modifié le :
Par :
Visa :