

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



## Mémoire de Master

Présenté à l'Université de Guelma

Faculté des Sciences et de la Technologie

Département de : Génie Civil et Hydraulique

Spécialité : Génie Civil

Option : Conception et Calcul des Constructions

Présenté par :

- Allel Meriem

- Ayad Amel

---

**Thème : Paramètres influençant la largeur du joint  
sismique pour les structures en béton armé**

---

Sous la direction de : **Dr. LAFIFI BRAHIM**

**Juin 2015**

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# REMERCIEMENTS

*Nous exprimons toute notre gratitude et sincère dévouement à Dieu  
Le Tout puissant qui grâce à son aide nous avons terminé ce modeste  
Travail.*

*Nous tenons à remercier chaleureusement notre promoteur  
Mr. LAFIFI*

*Pour son aide et son encadrement, ses encouragements et surtout sa  
Compréhension durant toute la période de préparation de ce mémoire.*

*Nous remercions également l'honorable jury qui a bien voulu  
Examiner notre travail.*

*Je tiens également à remercier tous mes amis et tous les étudiants de  
génie civil.*

*Nos professeurs qui nous ont enrichis de connaissances et tout le  
Département de génie civil.*

*Je saisis également cette opportunité pour remercier les membres de le*

*Bureau d'étude BIWIG et particulièrement M.SALHA et*

*Mr.YAAKOUB qui ont beaucoup m'aider pour élaborer ce travail.*

*Enfin, à tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour la réalisation*

*De ce projet de fin d'étude.*

*Meriem et Amel*



# *Dédicaces*

*Je dédie ce projet de fin d'étude en premier  
lieu à mes parents qui m'ont  
Aidé et soutenu durant toutes ces longues années  
d'étude*

*A mes belles sœurs*

*Asma, zahra, chaïma*

*A le mari de ma sœur djalef*

*a mes granulatí éma, icha, douđi*

*et mes cousines*

*A toute la famille*

*A toute la promotion LMD Génie Civil 2014-2015,  
Surtout mon binôme et je la remercie pour tout ses  
Efforts*

*A tantes et oncles*

*\*Meriem\**

# *Dédicaces*

*Je dédie ce projet de fin d'étude en premier  
lieu à mes parents qui m'ont  
Aidé et soutenu durant toutes ces longues années  
d'étude*

*A mes belles sœurs*

*Nabila, kelthoum, chaïma*

*a mes granulatí Méri, ícha, douđi*

*et mes cousines*

*A toute la famille*

*A toute la promotion LMD Génie Cívil 2014-2015,  
Surtout mon binôme et je la remercie pour tout ses*

*Efforts*

*A tantes et oncles*

*\*Amal\**

## Résumé :

La disposition des joints sismiques peut coïncider avec les joints de dilatation ou de rupture. Ils doivent assurer l'indépendance complète des blocs qu'ils délimitent. Dans ce projet, on s'intéresse au calcul de la largeur du joint sismique pour des constructions en béton armé avec différents systèmes de contreventement, en se basant dans nos calculs sur la formule donnée par le règlement parasismique algérien (RPA 99 Version 2003). La modélisation des structures et le calcul des déplacements seront effectués par le logiciel RobotBat. L'influence des paramètres sismiques sur la largeur du joint sera également étudiée. Enfin une comparaison sera faite pour déterminer le degré d'influence du système de contreventement et des paramètres étudiés sur la largeur des joints.

## Mots clés :

Joint sismique– RPA 2003 –système de contreventement– modélisation – RobotBat.

## ملخص

إن الأماكن المعينة لوضع الفواصل الزلزالية قد تتطابق مع أماكن فواصل التمدد أو فواصل القطع. و تعمل على الفصل التام للبنىات التي تحدها. بالنسبة للمشروع الذي قمنا بتحضيره, ركزنا اهتمامنا على حساب عرض الفاصل الزلزالي الخاص بالبنىات (مبنية بالخرسانة المسلحة) مع استعمال عدة أساليب دعم مختلفة, معتمدين في حساباتنا على الصيغ المدرجة في قانون الزلازل الجزائري. تشكيل الهياكل و حساب حركاتها سيكون باستعمال برنامج RobotBat. كما سنتم دراسة تأثير المعايير الزلزالية على عرض الفاصل. و في الأخير ستكون هناك مقارنة لتحديد درجة تأثير نظام الدعم المعتمد في البناية و المعايير المدروسة على عرض الفاصل.

## الكلمات المفتاحية:

الفاصل الزلزالي - قانون الزلازل الجزائري 2003 - نظام الدعم - النمذجة - RobotBat.

## Abstract

The provision of seismic seals may coincide with expansion joints or breaking. They must ensure the complete independence of the blocks they define. In this project, we are interested in calculating the width of the seismic joint for reinforced concrete structures with different bracing systems, based on our calculations on the formula given by the Algerian earthquake Regulation (RPA 99 Version 2003). Modeling structures and the calculation of displacements will be performed by the software RobotBat. The influence of seismic parameters over the width of the joint will also be studied. Finally, a comparison will be made to determine the degree of influence of the bracing system and the parameters studied on the joint width.

### Keywords:

Seismic joint - RPA 2003 - bracing system - modeling - RobotBat.



## Sommaire

Résumé.....	i
Sommaire .....	ii
Liste des figures .....	iii
Liste des tableaux.....	iv
<b>Introduction générale</b> .....	<b>p8</b>
 <b>Chapitre I : Différents types de joints</b> 	
I.1. Termes et définitions .....	p10
I.1.1 Joint .....	p10
I.2. Les joints dans le bâtiment .....	p11
I.2.1. Champ d'investigation .....	p11
I.2.2. Appellation des joints .....	p12
A. Joints de maçonnerie .....	p13
B. Joint en structures industrielles .....	p15
 <b>Chapitre II : Traitement des joints</b> 	
II.1. Introduction.....	p19
II.2. Profilés en bandes, à introduire dans une rainure .....	p20
II.3. Profilés comprimés et profilés tête de champignon .....	p22
II.4. Les profilés tampon.....	p24
II.5. Profilés enduits.....	p24
II.5.1. Profilés enduits avec ailes en métal déployé ou en métal léger .....	p24
II.5.2. Profilés enduits pour joints de murs ou planchers avec insertion de caoutchouc cellulaire.....	p26
II.6. Profilés de joints de dilatation pour planchers.....	p27
II.7. Profilés de joints de toiture .....	p28
 <b>Chapitre III : Les joints sismiques</b> 	
III.1. Introduction .....	p29
III.2. Utilisation traditionnelle des joints sismiques .....	p29
III.3. Joint sismique et joint de dilatation .....	p30
III.4. Utilisation des joints sismiques .....	p30
III.5. Largeur des joints sismiques.....	p30

## Chapitre IV : Présentation du logiciel de modélisation ROBOT

IV.1.Généralités.....	p33
IV.2.Définition des problèmes d'ingénierie.....	p35
IV.3.Système de bureaux.....	p36
IV.4.Notes de calculs.....	p36
IV.5.Présentation des données et résultats.....	p37
IV.6.Zoom dynamique.....	p38
IV.7.Outils d'aide.....	p39

## Chapitre V : Calcul du joint sismique pour des structures contreventées par portiques

V.1. Introduction.....	p42
V.2. Présentation de la structure.....	p42
V.2.1 Caractéristiques géométriques de la construction.....	p42
V.2.2. Description du système structurel.....	p44
V.2.3. Dimensions des éléments porteurs.....	p44
V.2.4. Evaluation des charges et des surcharges.....	p44
V.3. Modélisation.....	p44
V.3.1. Méthodologie de calcul.....	p45
V.4. Résultats.....	p46
V.4.1. Influence de la hauteur de la structure sur la largeur du joint.....	p47
V.4.2. Influence de la variation de la section des poteaux sur la largeur du joint.....	p51
V.4.3. Influence de la variation de la section des poutres sur la largeur du joint.....	p52
V.4.4. Influence de la variation de la section des chaînages sur la largeur du joint.....	p53
V.4.5. Influence de la variation des sections des éléments porteurs sur la largeur du joint.....	p54
V.4.6. Influence des paramètres sismiques sur la largeur du joint.....	p56
V.5. Conclusion.....	p60

## Chapitre VI : Calcul des joints pour des structures de contreventement mixte

VI.1. Introduction.....	p61
VI.2. Description du système structurel.....	p61
VI.2.1 Dimensions des éléments porteurs.....	p61
VI.3. Modélisation.....	p63
VI.3.1. Méthodologie de calcul.....	p63

VI.4. Résultats .....	p64
VI.4.1. Influence de la variation de l'épaisseur des voiles sur la largeur du joint .....	p65
VI.4.2. Influence de la position des voiles sur la largeur du joint .....	p66
VI.4.3. Influence du nombre de voiles sur la largeur du joint .....	p70
VI.4.4. Influence des paramètres sismiques sur la largeur du joint .....	p72
VI.5. Conclusion .....	p76
<b>Conclusion générale</b> .....	<b>p77</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>p79</b>

## Liste des figures

<i>Figure I.2.1 : Joint sec .....</i>	<i>p13</i>
<i>Figure I.2.2 : Joint garni.....</i>	<i>p13</i>
<i>Figure I.2.3 : Butée de maçon.....</i>	<i>p13</i>
<i>Figure I.2.4 : Joint à emboîtement.....</i>	<i>p14</i>
<i>Figure I.2.5 : Joint à feuillure.....</i>	<i>p14</i>
<i>Figure I.2.6 : Joint clavette.....</i>	<i>p14</i>
<i>Figure I.2.7 : Joint à clé en queue d'aronde ou à crampon.....</i>	<i>p15</i>
<i>Figure I.2.8 : Joint de dilatation.....</i>	<i>p16</i>
<i>Figure I.2.9 : Joint de tassement.....</i>	<i>p18</i>
<i>Figure I.2.10 : Joint de rupture.....</i>	<i>p19</i>
<i>Figure II .2: Bande d'élastomère placée dans un joint de dilatation .....</i>	<i>p22</i>
<i>Figure II .3.1: Bande profilé de recouvrement en PVC.....</i>	<i>p23</i>
<i>Figure II .3.2: Bande de joint encastrée en PVC ou en élastomère.....</i>	<i>p23</i>
<i>Figure II .3.3: Boudin plein ou cellulaire en élastomère résistant au vieillissement</i>	<i>p24</i>
<i>Figure II.3.4: Profils comprimés avec ou sans tête champignon.....</i>	<i>p24</i>
<i>Figure II .4: Profils tampons.....</i>	<i>p25</i>
<i>Figure II .5.1: profils enduits pour joints de mur et de plancher avec ailes en métal déployé.....</i>	<i>p26</i>
<i>Figure II .5.2: profils enduits pour joints de mur et de plancher avec ailes en métal léger et partie centrale en caoutchouc cellulaire.....</i>	<i>p27</i>
<i>Figure II .6 : profils de joint de dilatation pour planchers .....</i>	<i>p28</i>
<i>Figure II .7 : profils de joint de toitures .....</i>	<i>p29</i>
<i>Figure III.1: Largeur de joint sismique.....</i>	<i>p33</i>
<i>Figure IV .1 : Différentes applications du logiciel Robot Bat .....</i>	<i>p34</i>
<i>Figure IV .2 : Interface graphique du logiciel Robot Bat .....</i>	<i>p38</i>
<i>Figure IV .3 : génération automatique des notes de calculs.....</i>	<i>p39</i>
<i>Figure IV .4 : Représentation graphique des résultats .....</i>	<i>p40</i>
<i>Figure IV .5 : Visualisation d'une structure avec le zoom dynamique.....</i>	<i>p41</i>
<i>Figure IV .6 : Rubrique d'aide du logiciel .....</i>	<i>p41</i>

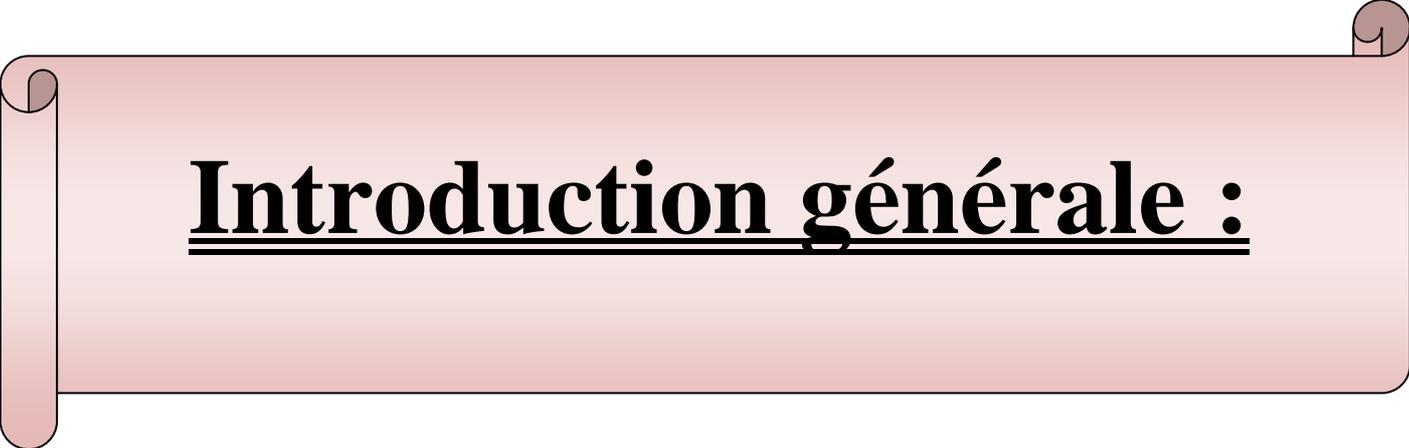
<i>Figure V.1 : Vue en plan de la structure d'étude</i> .....	p44
<i>Figure V.2 : Modèle numérique de la structure</i> .....	p46
<i>Figure V.3 : Paramètres de calcul de l'action sismique</i> .....	p47
<i>Figure V.4 : Déplacement maximal <math>U_x</math> au sommet de la structure</i> .....	p47
<i>Figure V.5: Modèle numérique de la structure à deux étages (R+1)</i> .....	p48
<i>Figure V.6 :Modèle numérique de la structure à trois étages (R+2)</i> .....	p48
<i>Figure V.7: Modèle numérique de la structure à quatre étages (R+3)</i> .....	p49
<i>Figure V.8 : Modèle numérique de la structure à cinq étages (R+4)</i> .....	p49
<i>Figure V.9 : Modèle numérique de la structure à six étages (R+5)</i> .....	p50
<i>Figure V.10 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour quatre hauteurs différentes</i> .....	p51
<i>Figure V.11 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour 3 sections différentes de poteaux</i> .....	p52
<i>Figure V.12 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour 3 sections différentes de poutres</i> ....	p53
<i>Figure V.13 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour 3 sections différentes de chainages</i> .	p54
<i>Figure V.14 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour 3 sections différentes de tous les éléments</i> .....	p55
<i>Figure V.15 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour les quatre cas de groupe d'usage</i> ....	p56
<i>Figure V.16 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour les quatre cas de zone sismique</i> .....	p58
<i>Figure V.17 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour les quatre cas de site</i> .....	p59
<i>Figure VI.1 : Vue en plan de la structure montrant le système de contreventement</i> .	p62
<i>Figure VI.2 : Modèle numérique de la structure</i> .....	p63
<i>Figure VI.3 : Paramètres de calcul de l'action sismique</i> .....	p64
<i>Figure VI.4 : Déplacement maximal <math>U_x</math> au sommet de la structure</i> .....	p65
<i>Figure VI.5 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour trois épaisseurs différentes</i> .....	p66
<i>Figure VI.6 : Différentes positions des voiles de contreventement</i> .....	p67
<i>Figure VI.7 : Modèles numériques des différentes positions des voiles de contreventement</i> .....	p68
<i>Figure VI.8 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour trois configurations différentes de voiles</i> .....	p69
<i>Figure VI.9 : Différentes configurations des voiles de contreventement</i> .....	p70
<i>Figure VI.10 : Modèles numériques des trois cas d'étude</i> .....	p71
<i>Figure VI.11 : Déplacement maximal <math>U_x</math> des trois cas d'étude</i> .....	p71
<i>Figure VI.12 : Déplacement maximal <math>U_x</math> pour les quatres cas de groupe d'usage</i> .	p73

*Figure VI.13 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de zone Sismique..... p74*

*Figure VI.14 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de site ..... p75*

## Liste des tableaux

<i>Tableau V.1 : Influence de la hauteur de la structure sur la largeur du joint .....</i>	<i>p51</i>
<i>Tableau V.2 : Influence de la variation de la section des poteaux sur la largeur du joint.....</i>	<i>p52</i>
<i>Tableau V.3 : Influence de la variation de la section des poutres sur la largeur du joint.....</i>	<i>p53</i>
<i>Tableau V.4 : Influence de la variation de la section des chainages sur la largeur du joint.....</i>	<i>p54</i>
<i>Tableau V.5 : Influence de la variation des sections des éléments porteurs sur la largeur du joint.....</i>	<i>p55</i>
<i>Tableau V.6 : Influence de groupe d'usage sur la largeur du joint.....</i>	<i>p57</i>
<i>Tableau V.7 : Influence de zone sismique sur la largeur du joint.....</i>	<i>p58</i>
<i>Tableau V.8 : Influence de site sur la largeur du joint.....</i>	<i>p60</i>
<i>Tableau VI.1 : Influence de différent système de contreventement sur la largeur du joint.....</i>	<i>p65</i>
<i>Tableau VI.2 : Influence de la variation de l'épaisseur des voiles sur la largeur du joint.....</i>	<i>p66</i>
<i>Tableau VI.3 : Influence de la position des voiles sur la largeur du joint.....</i>	<i>p70</i>
<i>Tableau VI.4 : Influence du nombre de voiles sur la largeur du joint.....</i>	<i>p72</i>
<i>Tableau VI.5 : Influence de groupe d'usage sur la largeur du joint.....</i>	<i>p73</i>
<i>Tableau VI.6 : Influence de zone sismique sur la largeur du joint.....</i>	<i>p74</i>
<i>Tableau VI.7 : Influence de site sur la largeur du joint.....</i>	<i>p76</i>



# **Introduction générale :**

## INTRODUCTION GENERALE :

Un joint est une coupure (qui peut s'étendre jusqu'aux fondations) réalisée dans un ouvrage pour le diviser en plusieurs parties, chaque partie pouvant se déplacer ou se déformer librement sans que les sollicitations auxquelles elle se trouve soumise n'influencent l'autre partie.

Un joint est donc une coupure artificielle dont l'emplacement, judicieusement choisi, évite l'apparition de fissures et leurs conséquences (perte d'étanchéité, infiltrations d'eau, chute de résistance, instabilité...).

Il est possible et certainement souhaitable que les joints dans la construction deviennent moins nombreux, plus simples et largement adoptés, mais à l'heure actuelle, pour atteindre éventuellement cet objectif, il est nécessaire de consigner le plus grand nombre possible de méthodes courantes d'assemblage afin de découvrir leur domaine d'application et la nature de leur diversité.

En construction industrielle, un certain nombre de joints sont définis d'après leur destination: joint de mouvement (pour permettre le mouvement, le déplacement), joint de dilatation (pour permettre la dilatation), joint de glissement (pour permettre une action relative de glissement), joint de retrait (pour permettre le retrait tel que la contraction)...etc.

Des joints séismiques sont également fréquemment utilisés pour séparer un bâtiment en plusieurs parties simple. Un joint séismique crée typiquement une séparation entre les bâtiments adjacents ou des parties d'un bâtiment produisant la séparation des murs, des planchers, toits...etc.

Au cours de ce mémoire, nous nous intéresserons particulièrement au calcul de la largeur du joint sismique entre deux bâtiments construits dans une zone sismique.

Le premier chapitre de ce mémoire, débute par une très brève synthèse des différentes définitions du terme joint dans le domaine du bâtiment. Par la suite un classement des différents types de joints selon le type de construction sera présenté.

Dans le deuxième chapitre, nous présenterons les différents types de matériaux de jonction, connus sous le nom couvre-joint. Différents profilés et matériaux, leurs méthodes de mise en œuvre ainsi les inconvénients et les avantages de chaque type de

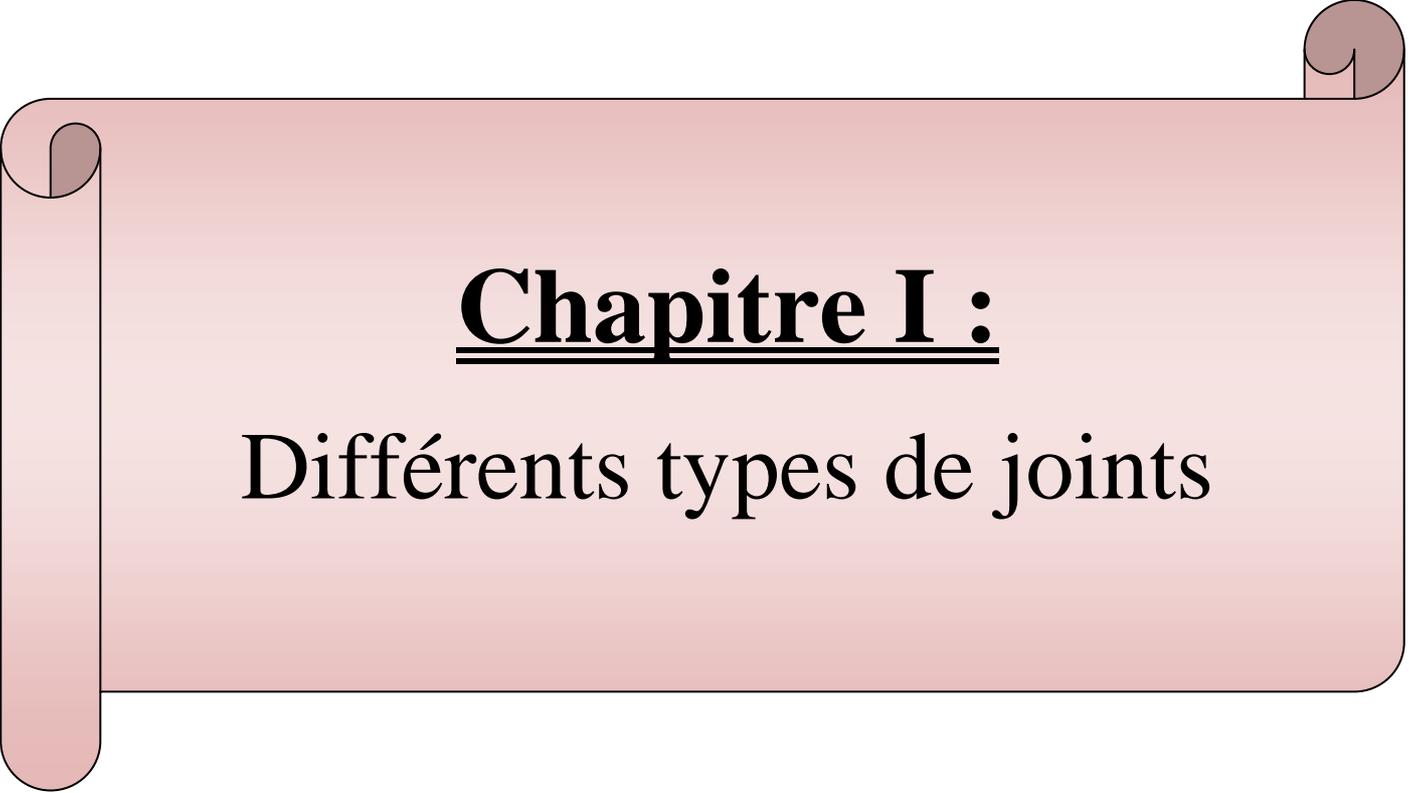
profilé seront également présentés.

Dans le chapitre trois, une attention particulière sera mise sur la notion de joint sismique, élément principal de ce mémoire. La différence entre un joint sismique et un joint de dilatation, ainsi les cas d'utilisation des joints sismiques dans les constructions seront présentés. Nous terminerons ce chapitre par la citation des formules proposées par les règlements parasismiques algérien pour le calcul de la largeur des joints sismiques.

Le quatrième chapitre présente brièvement le logiciel de calcul par éléments finis Robot Bat, ainsi les fonctionnalités et les outils de calculs offerts par ce logiciel.

Dans le cinquième chapitre, on entamera la phase de modélisation d'une structure en béton armé contreventée par portiques, qui a pour objet le calcul de la largeur du joint sismique par la suite. Ensuite, nous présenterons une étude paramétrique pour montrer l'influence de certains paramètres, tels que la variation de la hauteur de la construction, la variation de l'inertie des éléments porteurs sur la largeur du joint sismique. Nous terminerons ce chapitre par des conclusions sur les résultats trouvés.

L'objet du dernier chapitre, sera la modélisation d'une structure en béton armé contreventée par portiques et voiles. La comparaison des résultats en termes de largeur du joint sismique entre une structure contreventée par portique et la même structure avec contreventement mixte sera étudiée en premier lieu. Par la suite, nous présenterons une étude paramétrique afin d'étudier l'influence de certains paramètres tels que, l'épaisseur, la disposition et le nombre de voiles de contreventement sur la largeur du joint sismique. Enfin, nous terminerons par la comparaison des résultats et les conclusions.



# Chapitre I :

Différents types de joints

## I.1. Termes et définitions

C'est seulement au cours de ces dernières années que le problème des joints dans le bâtiment a été suffisamment étudié pour avoir une idée claire des parties principales de l'étude et pour établir un usage pratique des quelques termes dont on a besoin pour la cerner.

Le mot anglais joint est dérivé du vieux mot français joindre, qui à son tour vient du verbe latin jungere, substantif junctum, joindre. Il signifie lier, unir, associer, ajouter. Il implique deux ou plusieurs éléments qui doivent être joints, l'acte de jonction, une méthode d'exécution et une localisation.

Le mot anglais joint est directement dérivé de joint et en langage courant se rapporte à l'endroit où deux éléments séparés sont joints ou au mode de jonction des pièces dans une structure.

En maçonnerie traditionnelle, le sens du mot provenait de la surface de contact entre deux pierres maintenues ensemble au moyen de ciment ou de mortier ou par effet de gravité. Pour les ouvrages en brique, le terme se rapportait au mortier même qui était utilisé entre deux briques contiguës. Le mot utilisé en charpenterie se rapportait à la méthode de liaison des sections de bois (par exemple un joint de recouvrement) ou au point de rencontre d'une pièce de bois avec une autre (par exemple un joint d'angle).

### I.1.1 Joint

Aujourd'hui, en technologie de la construction, le terme de « joint » se rapporte à la façon dont les produits de construction se rencontrent et où ils se rencontrent. Deux définitions distinctes sont données par la norme internationale :

- 1- Construction formée par les parties contiguës de deux ou plusieurs produits, composants ou ensemble de composants réunis, fixés ou solidarisés avec ou sans l'utilisation d'un produit de jonction.
- 2- Endroit dans le bâtiment où un joint est situé. Le joint peut être formé sans produit de jonction, comme entre les pierres d'un mur appareillé à joint sec, ou avec un ou plusieurs produits de jonction qui sont utilisés pour sceller le joint, fournir une fixation ou répondre à d'autres exigences.

## I.2. Les joints dans le bâtiment

### I.2.1. Champ d'investigation

Au cours des deux derniers siècles, la révolution industrielle, et les révolutions sociales qui s'ensuivirent entraînent une diminution de l'habileté manuelle de nouvelles formes de construction sont apparues pour la première fois dans les annales de l'histoire, entraînant un accroissement considérable à la fois de la cadence de production et de l'importance du stock du parc bâti.

L'habileté à réaliser des joints efficaces d'une façon traditionnelle s'est progressivement perdue. De nouveaux matériaux, de nouvelles méthodes de production industrielle et de nouveaux besoins ont conduit à de nouvelles formes de construction; méthode d'assemblage et façon de réaliser des joints. Les rapports entre l'architecte et l'homme de chantier en ont été profondément modifiés.

Lorsque les joints sont correctement réalisés, les processus de conception sont fondés sur une description claire des fonctions en termes existentiels et exécutés méthodiquement à l'aide de spécifications et de dessins à grande échelle. Le bâtiment est conçu comme un ensemble d'éléments susceptible d'être reliés entre eux selon des modèles qui peuvent être prédéterminés. Les éléments sont étudiés de telle sorte qu'ils puissent être réalisés en usine et assemblés ultérieurement sur le chantier. Les détails de construction et en particulier, les joints compris entre les éléments, sont en petit nombre et sont soigneusement élaborés avant d'être standardisés pour une production en série, les prototypes sont réalisés et expérimentés au préalable pour garantir leur concordance avec les exigences prévues.

Généralement, les produits que fabrique l'homme présentent des propriétés nouvelles qui sont souvent particulièrement utiles pour le bâtiment, telles que la légèreté, l'isolation thermique, ou la résistance. Les machines façonnent les matériaux en produits et en éléments, rigoureusement réalisés selon les normes prescrites de toutes sortes et, en particulier, avec les dimensions normalisées respectant des tolérances spécifiques.

Il est possible et certainement souhaitable que les joints dans la construction deviennent moins nombreux, plus simples et largement adoptés, mais à l'heure actuelle, pour atteindre éventuellement cet objectif, il est nécessaire de consigner le plus grand

nombre possible de méthodes courantes d'assemblage afin de découvrir leur domaine d'application et la nature de leur diversité.

### **I.2.2. Appellation des joints**

Avec le développement de la science et de la technologie de nouveaux matériaux, de nouvelles formes et méthodes de construction ont engendré de nouvelles techniques de jonction et l'introduction de termes supplémentaires qui décrivent habituellement une simple qualité du joint. Ils sont d'ailleurs peu nombreux ainsi, le joint ouvert ou joint drainé est désigné en raison de la forme de son interstice, le joint scellé et le joint collé d'après le matériau de jonction qui est utilisé (un produit de scellement). de même, le joint en labyrinthe est appelé ainsi à cause de la forme générale du profil du joint.

En construction industrielle, un certain nombre de joints sont définis d'après leur destination: joint de mouvement (pour permettre le mouvement, le déplacement), joint de dilatation (pour permettre la dilatation), joint de glissement (pour permettre une action relative de glissement), joint de retrait (pour permettre le retrait tel que la contraction), joint de retrait induit, joint de retrait partiel. Le nom d'un de ces joints est dérivé de celui du composant de jonction utilisé: joint riveté rivet)

Toutefois, on peut dire qu'en général les joints n'ont plus de nom spécifique. Les matériaux, les produits de jonction, les fonctions, et caractéristiques d'exécution sont désignés, mais les joints en tant que tels ne sont pas identifiés. Par conséquent, un joint est décrit en fonction de l'élément de construction dont il fait partie, ou par sa situation dans l'élément, ou par le profil de parement du joint, ou par une qualité particulière, ou par quelque autre moyen descriptif. Comme il n'y a pas de description méthodique, une classification rigoureuse des joints n'est pas possible.

### **A. Joints de maçonnerie**

#### ***A.1. Joint sec***

Joint entre pierres de taille réalisé sans aucun matériau de jonction.



*Figure I.2.1 : Joint sec.*

#### A.2. Joint garni

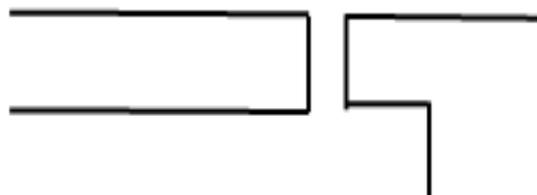
Joint entre pierres, garni d'un matériau de jonction.



*Figure I.2.2 : Joint garni.*

#### A.3. Butée de maçon

Joint d'équerre bout à bout formé par une pierre d'angle.



*Figure I.2.3 : Butée de maçon.*

#### A.4. Joint à emboîtement

Joint entre pierres de taille dont une pierre possède une saillie taillée pour s'adapter dans une rainure de la pierre adjacente.



*Figure I.2.4 : Joint à emboîtement.*

### A.5. Joint à feuillure

Joint qui possède une coupe en feuillure dans les cotés opposés de deux pierres associées.



*Figure I.2.5 : Joint à feuillure.*

### A.6. Joint clavette

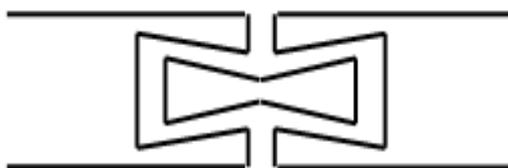
Joint connecté au moyen d'une ardoise ou d'une clé, en métal non ferreux, ou d'une pierre formant clavette, utilisé horizontalement entre les pierres d'un couronnement ou verticalement entre les pierres constituant le fût d'une colonne.



*Figure I.2.6 : Joint clavette.*

### A.7. Joint à clé en queue d'aronde ou à crampon

Joint qui possède une rainure taillée en queue d'aronde dans les pierres contiguës de façon à ce qu'un crampon d'ardoise, de plomb ou de métal non ferreux puisse y être ajusté pour former une clé.



*Figure I.2.7 : Joint à clé en queue d'aronde ou à crampon.*

## **B. Joint en structures industrielles**

### B.1. Joint de construction

Joint, particulièrement en ouvrage de béton, formé à un endroit d'interruption de l'ouvrage construit. Les opérations de bétonnage doivent être prévues, lorsque cela est possible, pour s'arrêter au niveau d'un joint de dilatation ou de retrait, mais lorsque cela n'est pas possible, un joint de construction est utilisé.

Il n'est pas conçu pour prendre en charge le mouvement, mais il constitue un plan de faiblesse et est donc une source potentielle de fissures.

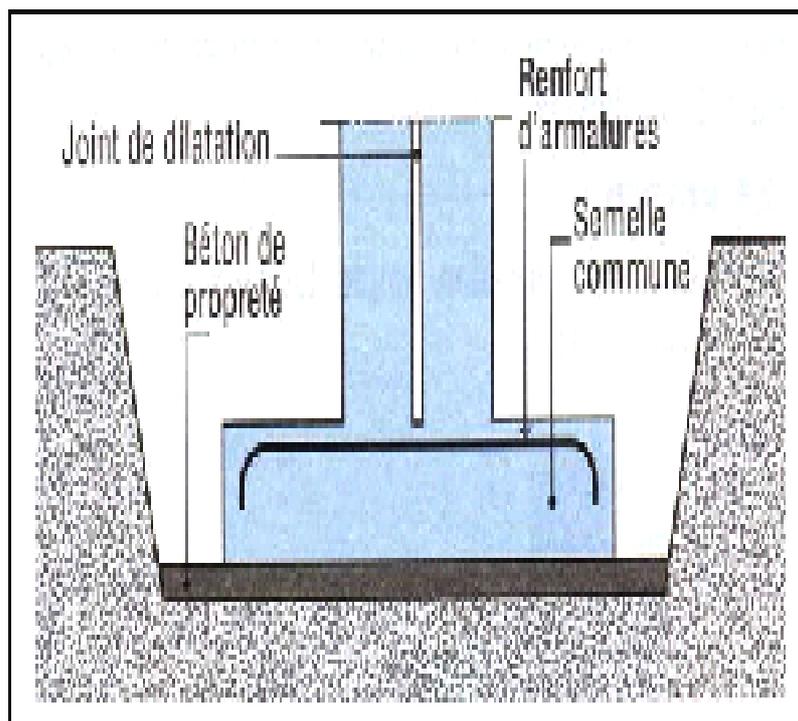
### B.2. Joint de retrait

Joint qui est formé pour prendre en charge les mouvements de retrait, particulièrement à la contraction du béton due à la perte d'humidité et à la contraction thermique associée à la perte de chaleur ou d'hydratation, cette dernière causant un retrait plus important. Les mouvements de retrait peuvent être considérés comme irréversibles bien que le joint soit toujours sujet à un mouvement cyclique dû aux variations d'hygrométrie et de température.

### B.3. Joint de dilatation

Joint formé pour prendre en charge à la fois les mouvements de dilatation et de contraction de la structure causés par les variations cycliques de température et d'hygrométrie. En ouvrage de béton, le joint de dilatation fournit une discontinuité à la fois dans le béton et l'armature. L'interstice formé entre les parties adjacentes de la structure est conçu pour prendre en compte le mouvement maximal de fermeture. Une limitation des longueurs des éléments limitera leur allongement (ou rétrécissement). C'est pourquoi les règlements imposent une distance entre joints, pour les constructions en béton armé, d'une façon générale :

- De 25m pour les régions à fortes variations thermiques ou très sèches (montagne, désert).
- De 50m dans les régions humides et tempérées.
- Ces distances sont doublées pour les constructions en acier (figure I. 2.8)



*Figure I.2.8 : joint de dilatation.*

#### B.4. Joint sismique

Pour éviter que 2 parties d'une construction susceptibles d'être mises en mouvement pendant un séisme avec des vibrations et des tassements différentiels importants ne se touchent, on prévoit des joints sismiques dont l'épaisseur devra être calculée conformément aux règles parasismiques en vigueur.

#### B.5. Joint de retrait induit

Joint de retrait constitué d'une rainure superficielle destinée à permettre la formation éventuelle d'une fissure régulière de retrait. Cette rainure, jointoyée en surface, reçoit un remplissage en milieu ou en fond de joint.

#### B.6. Joint de talon

Joint de construction horizontal entre le talon réalisé verticalement sur la dalle de fondation et le mur de béton coulé in situ au-dessus du talon.

### B.7. Joint de mouvement

Joint formé pour prendre en charge un mouvement relatif entre des parties contiguës de structure.

### B.8. Joint ouvert ou joint d'écoulement

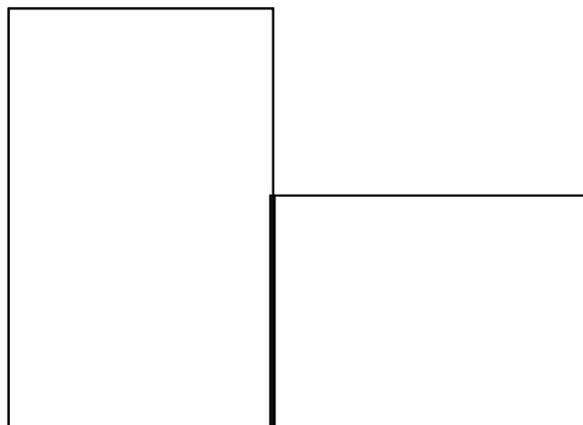
Joint entre deux composants de construction, particulièrement des panneaux de béton, entre lesquels l'interstice est conçu pour être laissé ouvert, avec éventuellement une protection par déflecteur.

### B.9. Joint de retrait partiel

Joint de retrait dans lequel une discontinuité intentionnelle est prévue dans le béton tout en maintenant la continuité de l'armature.

### B.10. Joint de tassement

Il est prévu lorsque le sol n'est pas homogène sous la construction ou lorsque les charges sont différentes. Le joint de tassement permet d'éviter les fissures et les dégâts que provoquerait un tassement différentiel du sol (figure I.2.9)



*Figure I.2.9 : joint de tassement.*

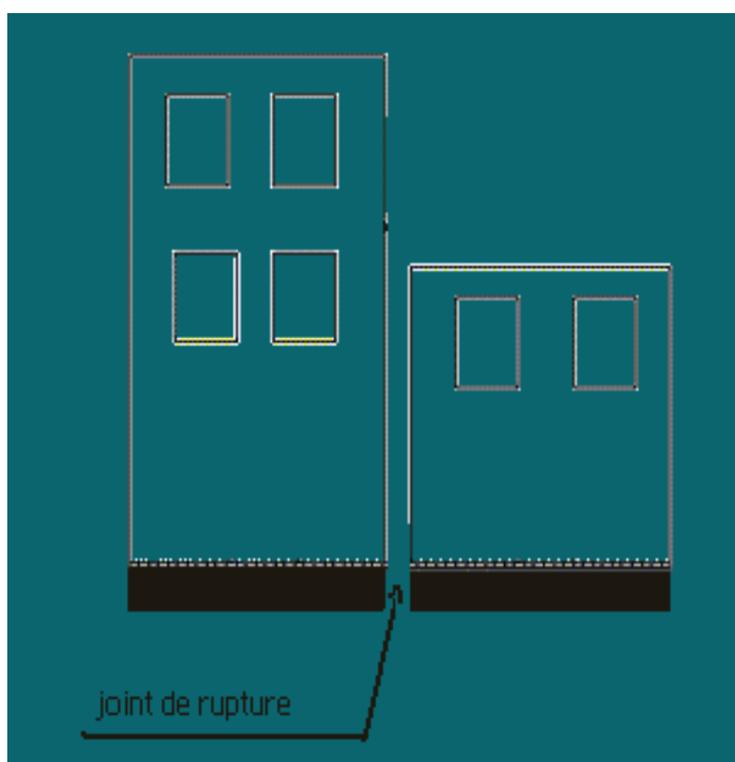
### B.11. Joint de rupture

Doit être prévu entre deux parties mitoyennes d'un ouvrage où entre deux ouvrages mitoyens quand il existe des risques de tassements différentiels pour des ouvrages de poids différents ou avec sol à changement brusque de compressibilité. Les joints de rupture sont eux aussi placés sur toute la hauteur et toute la largeur du bâtiment.

Un joint de rupture est indispensable entre un bâtiment ancien et un nouveau bâtiment mitoyen même si les charges sont sensiblement identiques, pour éviter les désordres dus au tassement ou à la consolidation du sol sous le bâtiment récent.

Dans le cas d'un joint de rupture, les semelles comme les porteurs verticaux, sont coupés en deux. Au droit du joint, il existe deux semelles. Distinctes sous chacun des deux porteurs verticaux.

Attention, chaque semelle est excentrée par rapport à la charge appliquée par le porteur vertical qu'elle reprend (voir semelles excentrées au figure 2.10).



*Figure 1.2.10 : joint de rupture.*



**Chapitre II :**  
Traitement des joints

## II.1. Introduction

Sous le nom de couvre-joints, sont compris les profilés qui sont collés ou introduits dans les joints. En font partie aussi les profilés à ailes en métal déployé ou en alliage léger aussi bien qu'en matière plastique et en caoutchouc, maintenus par clouage ou matage et enduits par la suite. Les couvre-joints représentent finalement toute une série de systèmes composites d'élastomères, matières plastiques et métaux qui doivent absorber les mouvements d'un bâtiment et permettre en même temps une étanchéité des joints.

Les matières premières employées sont presque exclusivement le polychlorure de vinyle (PVC), le chloroprène et le caoutchouc. Les matériaux de liaison, destinés à augmenter l'ancrage dans le mur sont le fer, galvanisé ou non, les alliages légers et dans certains cas particuliers, l'aluminium pur. Avant d'étudier de tels profilés ou systèmes de profilés, précisons bien qu'il est impossible de dénombrer le nombre de procédés ou d'assemblages rencontrés sur le marché. On devra se borner aux types principaux, ce qui finalement est la solution la plus valable car tous les profilés n'ont que des différences minimes les uns par rapport aux autres.

Chaque semaine, d'autres couvre-joints sont inventés et commercialisés mais de telles découvertes ne sont importantes que dans la mesure où il s'agit d'une nouvelle fabrication ou d'un matériau inédit. De tels progrès sont, comme dans d'autres domaines, très rares.

Le procédé de jointement pour les assemblages de couvre-joints est en général très différent de celui des remplissages de joint (en particulier avec des produits de joint souple); en effet, alors que ces derniers sont mis en place au cours de la fabrication de la façade, sont introduits lorsque la façade est terminée. On attend dans de ces profilés et assemblage qu'il atteint dans les façades, les dalles, les murs et les toits une grande durabilité vis-à-vis d'autres systèmes de joints ou de protection. Le maître d'ouvrage a finalement la possibilité de dépenser plus d'argent pour de tels couvre-joints. On ne peut dire que tous les problèmes soient résolus mais les déboires sont plus rares grâce au travail de spécialistes, au nombre très important de types de profilés aussi bien qu' une estimation valable des déplacements susceptibles de se produire dans un

bâtiment. On peut différencier entre :

- Les profilés en bandes
- Les profilés comprimés et les profilés champignon
- Les profilés tampons
- Les profilés enduits pour mur et joint de planchers
  - ✓ Les profilés enduits avec arêtes métalliques
  - ✓ Les profilés enduits avec élément central plié
  - ✓ Les profilés enduits avec insertion de caoutchouc cellulaire
- Les profilés de joints de dilatation pour planchers
- Les profilés de joints de dilatation avec assemblage métallique pour planchers
- Les profilés de joint de toiture
  - ✓ Les profilés de joint de toiture pour grands mouvements
- Les boucles de dilatations collées
- Le revêtement de joint arme avec des réactives.

## II.2. Profilés en bandes, à introduire dans une rainure

Des bandes plates en élastomères ou matières plastiques, à section rectangulaire sont placées dans des rainures pratiquées sur les lèvres latérales du joint. Les rainures sont prévues sur les arêtes du joint dans la plupart des éléments préfabriqués. La matière première de ces profilés est en général du PVC, ou un autre matériau résistant au vieillissement tel que le chloroprène ou le Buna. Les terpoly mères éthylène propylène pourraient être aussi indiqués.

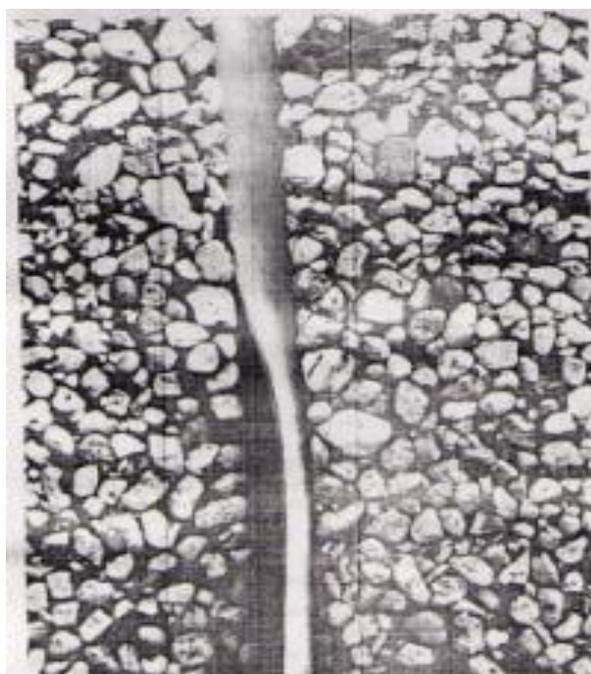
Mais, parce qu'aucune exigence de dilatation, d'élasticité permanente ou d'autres procédés mécanique ne sont exigées, si ce n'est une certaine souplesse et contraction sous l'action du froid, il suffira d'employer dans presque tous les cas du PVC. La bande introduite dans la rainure, sans aucune adhérence, n'est soumise de ce fait à aucune sollicitation mécanique, et constitue incontestablement un avantage du procédé

L'inconvénient de cette bande est qu'elle vieillit sous l'action de la lumière solaire, de l'ozone de l'air, bien que d'autres agents atmosphériques. Elle devient alors cassante et

elle se déchire. Pour le PVC ; pour les élastomères, on devra vérifier très soigneusement leur comportement. Les élastomères ne peuvent être découpés, ils peuvent au pire changer de ce sous l'action des stabilisants.

Les bandes de PVC subissent aussi un changement de couleur lorsque les stabilisateurs sont utilisés.

La figure 3.1 représente de telles bandes de joint insérées dans des rainures pratiquées dans des éléments en béton. Ce procédé de jointoiment, ou plutôt de recouvrement de joint, est remarquable, pour obtenir un joint techniquement sûr entre panneaux en béton de moyennes (2 - 4 m) et de grandes dimensions (4 - 7,5 m).



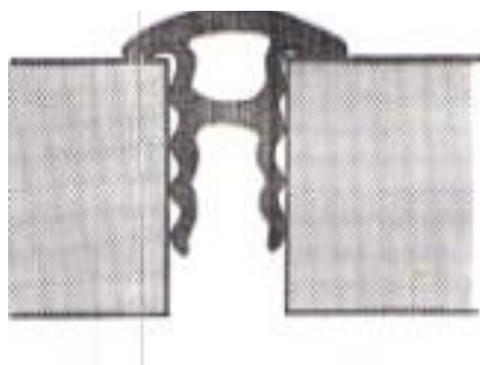
*Figure II.2 : Bande d'élastomère placée dans un joint de dilatation.*

On doit uniquement veiller à ce que la rainure soit suffisamment profonde et la bande bien introduite pour que les mouvements puissent être absorbés.

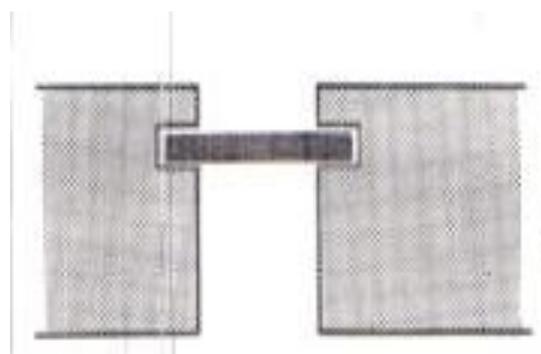
La figure 3.1 montre aussi un autre exemple de ce type de jointoiment. Il est cependant protégé les extrémités des bandes ou de les pousser vers l'intérieur afin qu'elles ne puissent être extraites de leur logement.

### II.3. Profilés comprimés et profilés tête de champignon

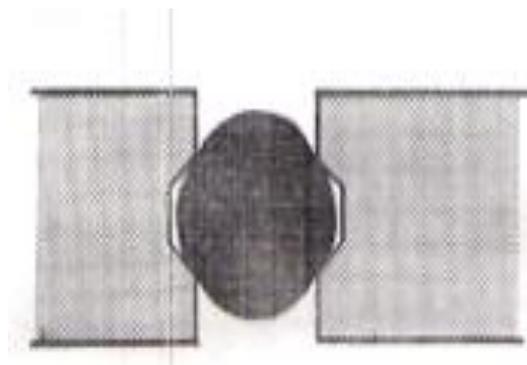
Les profilés comprimés sont très connus et utilisés couramment. En font partie, les profilés proprement dits avec ou sans tête champignon et les profilés extrudés en matériau plein, flexible et cellulaire. Les figures 2 à 4 représentent ces possibilités. Ils sont composés de PVC élastomères. De préférence chloroprène, mousse de chloroprène ou de polyuréthane. Si on utilise les élastomères, on doit toutefois veiller à, n'utiliser que des matériaux purs, non mélangés à des types de caoutchouc subissant un vieillissement j rapide. Ces complexes deviennent en effet cassants, fragiles et changent de couleur.



*Figure II.3.1 : Bande profilée de recouvrement en PVC.*



*Figure II.3.2 : Bande de joint encastrée en PVC ou en élastomère.*



*Figure II.3.3 : Boudin plein ou cellulaire en élastomère résistant au vieillissement.*

Les figures 5a à 5f, représentent des profilés comprimés avec ou sans tête champignon rencontrés dans le commerce. Ces quelques exemples doivent être représentés comme types du grand nombre de profilés utilisables en bâtiment. Ajoutons encore que les profilés comprimés procurent une étanchéité du joint très appréciable et sont techniquement capables de supporter des mouvements petits et moyens allant jusqu'à 5 % maximum de leur largeur lorsqu'il ne sont pas collés et 8 % environ lorsqu'ils le sont.



(a)



(b)



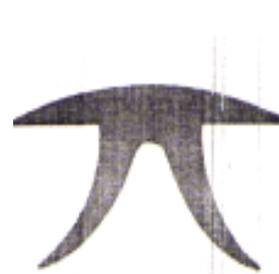
(c)



(d)



(e)

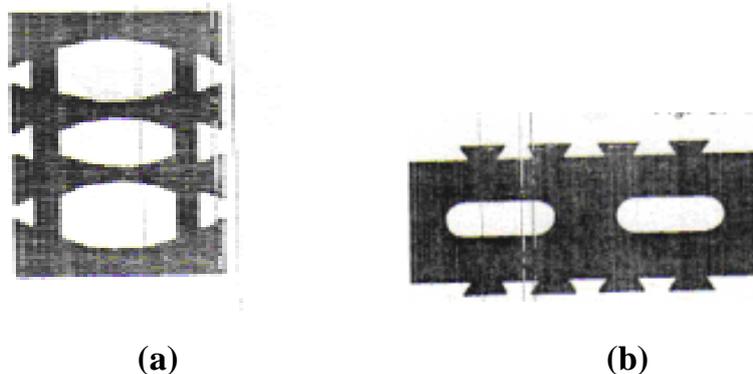


(f)

*Figure II.3.4 : Profilés comprimés avec ou sans tête champignon.*

## II.4. Les profilés tampon

Il s'agit de profilés d'étanchéité statique pure. Ils sont susceptibles d'absorber les compressions par rétrécissement du joint, ils ne peuvent suivre les variations dimensionnelles dues au froid et qui se manifestent par un étrécissement des éléments de construction. Les figures 6a et 6b sont des exemples de profilés tampon. On emploie ces éléments pour des joints entre carreaux et dalles dans le cas où ces derniers ne supportent que des compressions mais aucune traction. Il faut reconnaître que ce type de profilés est d'un emploi très limité, car s'ils supportent parfaitement une pression, leur application en traction est assez limitée.



*Figure II.4 : Profilés tampons.*

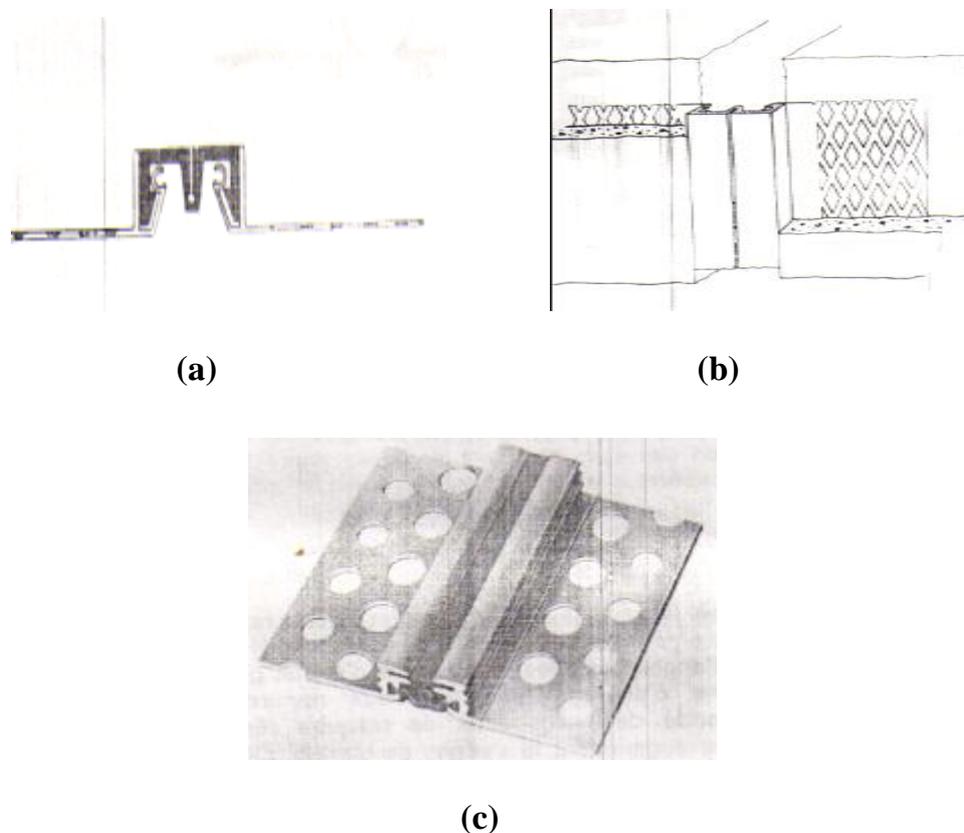
La matière première peut aussi bien être du PVC que du chloroprène ou d'autres élastomères stables au vieillissement. Les profilés tampon sont aussi utilisés pour l'étanchéité dans le cas de joints d'angles, ils ne doivent en aucun cas être introduits dans les joints terminés mais recouverts d'enduit ou posés avec le revêtement.

## II.5. Profilés enduits

### II.5.1. Profilés enduits avec ailes en métal déployé ou en métal léger

Ces éléments se composent de deux, ailes en métal étiré ou léger enserrant une partie centrale en élastomères non vieillissants ou en PVC. Les parties latérales sont destinées à l'ancrage dans le mur et l'élément central au recouvrement du joint et à l'interception des différents mouvements du bâtiment. On peut, comme pour les

profilés précédents, employer d'autres matériaux de joints tels que le terpolymère éthylène propylène.



**Figure II.5.1 :** profilés enduits pour joints de mur et de plancher avec ailes en métal déployé.

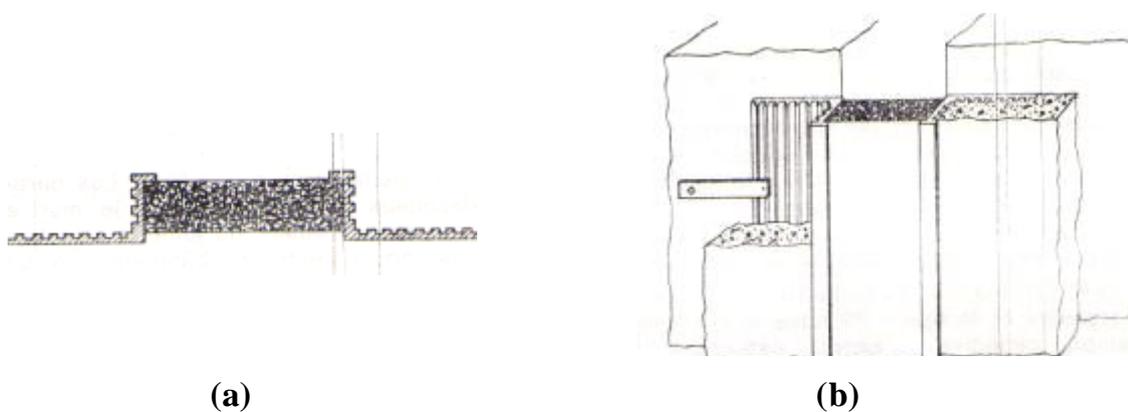
Le montage se fait par fixation des ailes métalliques en les clouant sur la maçonnerie ou l'enduit d'accrochage. Il est très important de recouvrir les ailes métalliques par une couche d'enduit suffisamment importante pour que, dans le cas d'éléments en acier, la rouille ne le décroche pas. La figure (7a) représente un profilé avec montants métalliques et la figure (7b) schématise sa mise en place. La figure (7c) montre, en coupe de détail, un montage très intéressant.

Le profilé se compose de deux ailes en alliage léger perforées avec un PVC intercalaire. La particularité de ce système de couvre-joint réside dans le fait que le PVC reste toujours lisse, il ne se forme aucun pli en dépit des multiples déplacements et autres raisons. Ce type de montage offre une double sécurité. En effet, la première

partie étanche est la surface lisse de l'élément central. Si comme cela peut se produire, de l'eau ou d'autres corps étrangers réussissent à franchir cette barrière, ils seraient retenus par la partie arrière de la boucle qui constitue une seconde protection et qui forme la liaison des deux ailes métalliques.

### II.5.2. Profilés enduits pour joints de murs ou planchers avec insertion de caoutchouc cellulaire

Ces types de couvre-joints constituent une variante des profilés décrits jusqu'ici. Ils comportent un élémi central en caoutchouc cellulaire. Cependant, au stade actuel de la technique du jointoiment, ils paraissent un peu dépassés. Les figures 8a et 8b représentent schématiquement un tel profilé avec le principe de montage correspondant. Le matériau latéral est de préférence du métal léger et le caoutchouc cellulaire base de chloroprène. Après la mise en place de la partie en caoutchouc cellulaire, il est possible de revêtir extérieurement d'une couche de peinture.



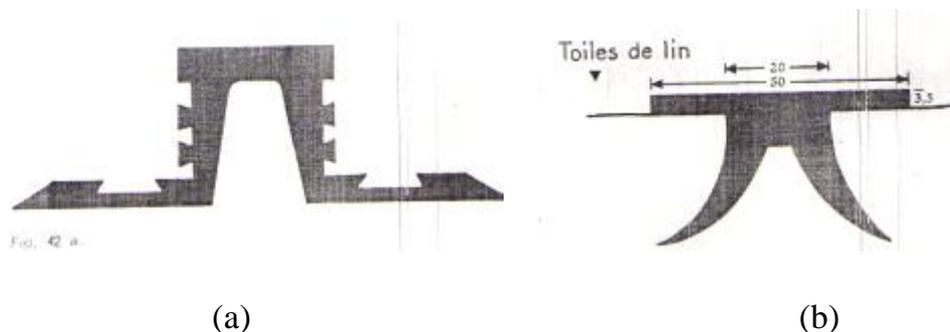
*Figure II.5.2 : profilés enduits pour joints de mur et de plancher avec ailes en métal léger et partie centrale en caoutchouc cellulaire.*

Les profilés ne peuvent jouer qu'un rôle de joint assez limité, car le collage du caoutchouc au métal léger aléatoire et malgré l'usage d'un bon caoutchouc cellulaire, ce collage peut être poreux et fissible. A leur mise en place les couvre-joints sont peu apparents et on peut les employer comme joints de dilatation lorsqu'un

jointolement discret et esthétique requis. Ils ne peuvent être utilisés pour les planchers car ils sont trop souples. Leur mise en place s'effectue lors du lissage d'enduit. On devra toujours tenir compte que ces procédés ne permettent qu'une dilatation limitée.

## II.6. Profilés de joints de dilatation pour planchers

Ils sont pratiquement semblables aux simples couvre-joints enduits. Le matériau pourra être du PVC ou un élastomère convenablement choisi comme le chloroprène. La figure 9a représente une telle réalisation. Ces profilés prouvent leur application dans les chapes et les planchers recouverts de dalles. Ils ne peuvent supporter des mouvements considérables sans que ces efforts se transmettent en traction sur les bords. Cependant leur emploi peut être très intéressant lorsqu'il s'agit de petits ou de moyens efforts de traction. Ils peuvent sans dommage accepter des dilatations de 5 à 7 % de leur largeur.



*Figure II.6 : profilés de joint de dilatation pour planchers.*

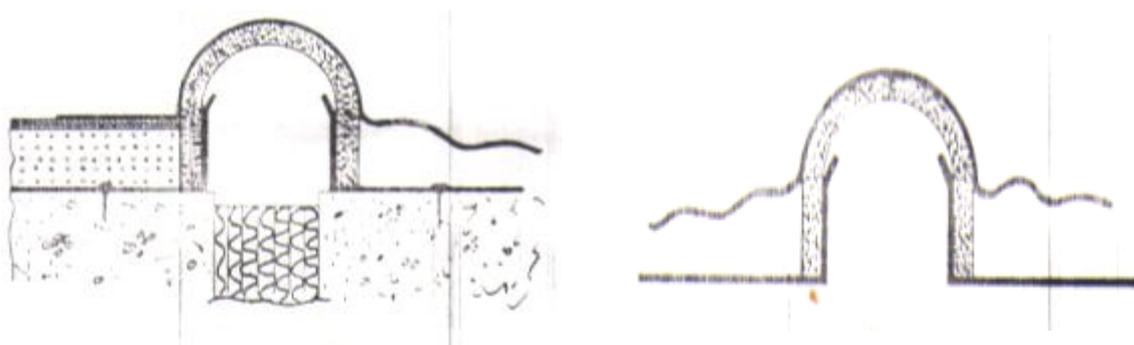
La mise en place des joints est identique à celle des profilés enduits, décrits précédemment. Le béton brut est lisse sur les deux parties du joint de dilatation. Les éléments sont ensuite soit collés au béton, soit insérés dans le mortier frais et à grain fin. Ils sont alors recouverts avec le produit de chape ou avec les dalles posées en surface. La partie supérieure visible dans le plancher doit être de niveau.

Nous devons encore insister sur l'importance de la liaison dans de tels procédés. Les ailes latérales doivent être solidement maintenues au mur. Cette liaison est dans la plupart des cas réalisée par collage et ici, le choix de la

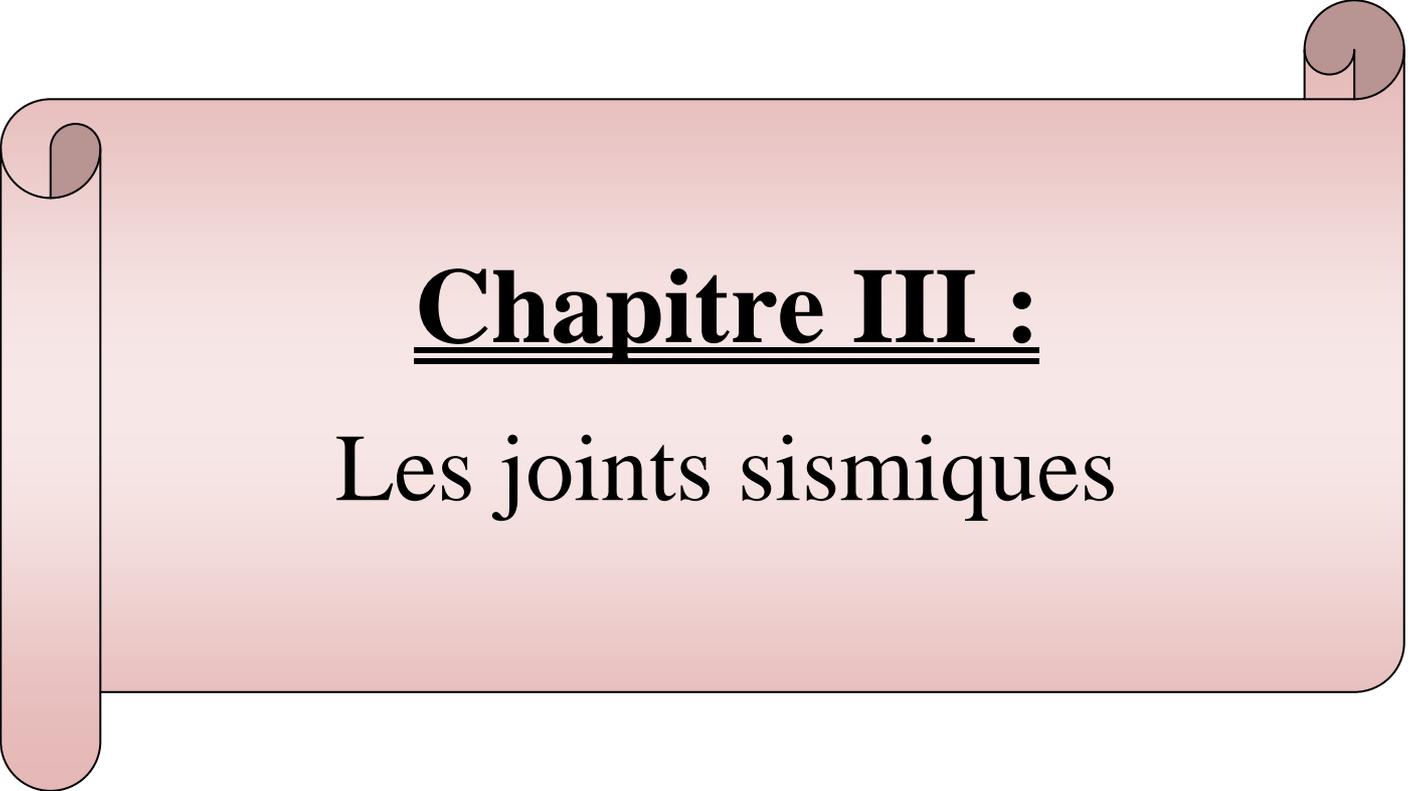
celle est déterminant pour la prise en charge des déplacements. Le bitume ne peut en aucun cas être employé.

### II.7. Profilés de joints de toiture

Ces profilés en chloroprène sont posés sur les toitures-terrasses aussi bien que sur les pistes de roulage. La liaison du joint est réalisée par recouvrement ou à l'aide d'éléments de recouvrement. Dans le cas de toitures, on opère comme suit : le profilé est introduit par pincement avec le corps du profilé dans le joint ; les montants latéraux sont ensuite collés sur l'isolation en liège avec un bitume chaud ou de préférence avec une colle spéciale. Le revêtement de toiture est alors collé sur les ailes jusqu'à l'arrondi du joint. Le conduit de profilé peut être rempli avec du bitume ou un mastic bitumineux. Il est important, dans le cas d'un collage au bitume, que le matériau constitutif du profilé soit stable au bitume chaud.



*Figure II.7 : profilés de joint de toitures.*



# **Chapitre III :**

## Les joints sismiques

### III.1. Introduction

Les joints sismiques se produisent naturellement quand un bâtiment est construit à côté des autres. Des joints sismiques sont également fréquemment utilisés pour séparer un bâtiment en plusieurs parties simple. Un joint sismique crée typiquement une séparation entre les bâtiments adjacents ou des parties d'un bâtiment produisant la séparation des murs, des planchers, toits....etc. La conception des joints sismiques est complexe et nécessite des efforts par tous les membres de l'équipe de conception de s'assurer que le joint est correctement placé. Les joints sont coûteux et structurellement indésirables, ainsi, ils devraient être incorporés avec discrétion.

### III.2. Utilisation traditionnelle des joints sismiques

Au passé la notion de joints sismiques n'était pas identifiée comme joints du tout. Ils étaient simplement défini comme l'espace entre des bâtiments adjacents. Par la suite, les ingénieurs ont commencé de penser aux mouvements latéraux des bâtiments pendant des tremblements de terres, ils ont commencé à développer des principes de base (tels que 2 pouces par plancher) pour estimer la largeur des joints sismiques. Ils ont étudié des dommages de tremblement de terre et ont commencé à voir l'évidence que les bâtiments s'étaient heurtés causant des dommages parfois très importants.

Avec l'évolution de l'analyse sismique par l'utilisation des méthodes d'analyses statiques au cour des années 50, les chercheurs ont commencé à identifier que certaines formes de bâtiment ont eu comme conséquence des effets potentiellement indésirables, tels que les effets de la torsion et que les méthodes d'analyse n'étaient pas encore adéquates pour les traiter. C'est pour cela que les joints sismiques ont devenu une pratique courante pour diviser un bâtiment de forme complexe en groupe de plus petits bâtiments de formes simple et facile à analyser.

Beaucoup de critères de définition et de conception applicables à de divers types d'irrégularités ont été présentés. Les critères de conception ont inclus des pénalités de force pour la conception de certains éléments quand des irrégularités en plan sont produites. Une fois que ces dispositions étaient adoptées, il y avait incitation additionnelle pour que les ingénieurs utilisent des analyses dynamiques

tridimensionnelles pour définir mieux les forces dues aux irrégularités, et l'utilisation des joints sismiques pour la facilité des analyses était moins fréquente.

### **III.3. Joint sismique et joint de dilatation**

Les joints sismiques sont semblables aux joints de dilatation, mais en même temps très différents. Des joints de dilatation sont présentés pour adapter à des mouvements de bâtiment provoqués par rétrécissement, fluage, ou changements de température. Ils sont souvent les joints à sens unique, c.-à-d., ils sont principalement prévus pour s'adapter à des mouvements dans la direction perpendiculaire au joint.

Des joints de dilatation sont généralement placés à un certain intervalle régulier de longueur basé sur le taux prévu de mouvement de rétrécissement ou de température au-dessus de la longueur de bâtiment. Les joints sismiques, d'autre part, doivent s'adapter au mouvement dans les deux directions orthogonales simultanément et leur espacement n'est pas typiquement affecté par la longueur ou la taille de la construction.

### **III.4. Utilisation des joints sismiques**

Des joints sismiques ou des séparations entre des bâtiments adjacents qui sont construits à différentes périodes, ou ne sont pas compatibles l'un avec l'autre sont nécessaires et généralement inévitables. Dans un bâtiment simple, cependant, il est souhaitable d'éviter les joints sismiques autant que possible. En revanche de l'utilisation habituelle des joints sismiques dans le passé, les méthodes d'analyse modernes peuvent souvent fournir à l'ingénieur l'information et la confiance suffisante pour éliminer ces joints. Parfois il est même possible et souhaitable d'éviter des joints entre les ailes d'un bâtiment qui doivent être construites en deux phases ou plus.

### **III.5. Largeur des joints sismiques**

La largeur des joints sismiques dans les bâtiments modernes peut changer juste de quelques millimètres à plusieurs centimètres, selon la taille et la rigidité du bâtiment. Les joints dans des bâtiments modernes tendent à être beaucoup plus larges, c'est dû à plusieurs facteurs principaux, en particulier les changements des codes de règles de

calcul. D'autres facteurs de contribution sont, la rigidité latérale des bâtiments et l'identification de l'importance de déformations latérales.

La largeur du joint entre deux blocs a connu une évolution après chaque séisme qui a donné naissance à un règlement ou à un addenda au règlement .Par exemple :

L'article 3.21 des règles PS69 définit la valeur du joint entre deux bâtiments mitoyen par :

Les déplacements  $d_1$  et  $d_2$  sont déterminés suivant les hypothèses des articles 3.21 et 3.22 des règles PS69. La condition à satisfaire est :

$e = 1.15 (d_1+d_2)$  : contreventement par voile ;

$e = 1.30 (d_1+d_2)$  : contreventement par ossature.

Avec :

$d_1$ : Déplacement du bloc 1 : mitoyen au bloc 2

$d_2$  : Déplacement du bloc 2

Selon les règles parasismiques algériennes RPA88, la valeur du joint est déterminée par :

$e = H_1/\alpha$

Avec :

$H_1$  : Hauteur du bâtiment mitoyen le moins haut

$\alpha = 300$  pour une construction en béton armé

$\alpha = 100$  pour une construction métallique

La largeur minimale est fixée à 2.00 cm

Dans les règles parasismiques algériennes RPA99, la largeur du joint est donnée par :

Deux blocs voisins doivent séparés par un joint de largeur telle que ;

$d_{min} = 15mm + (\delta_i + \delta_2)mm$  : supérieur ou égal à 40 mm

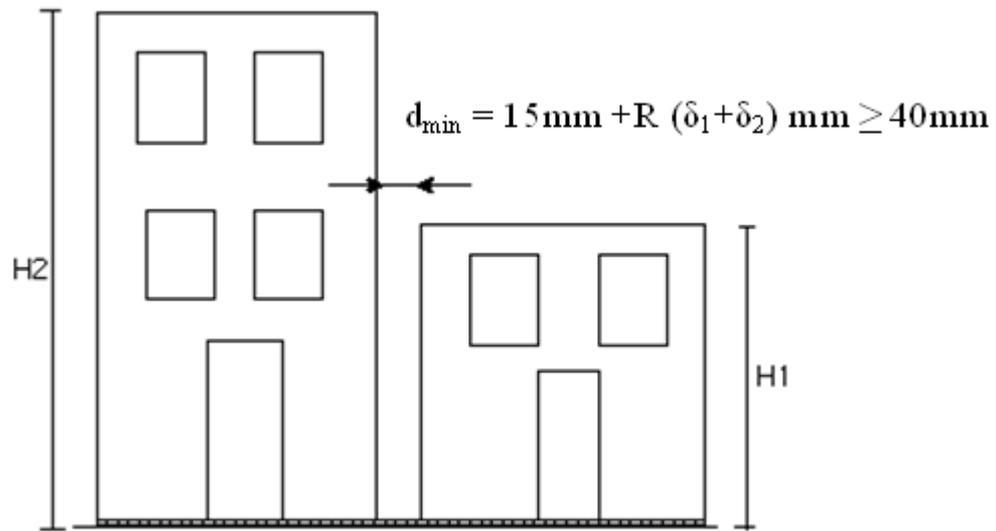
Où :

$\delta_i$  : Déplacement du niveau (i) dû à la translation+la rotation

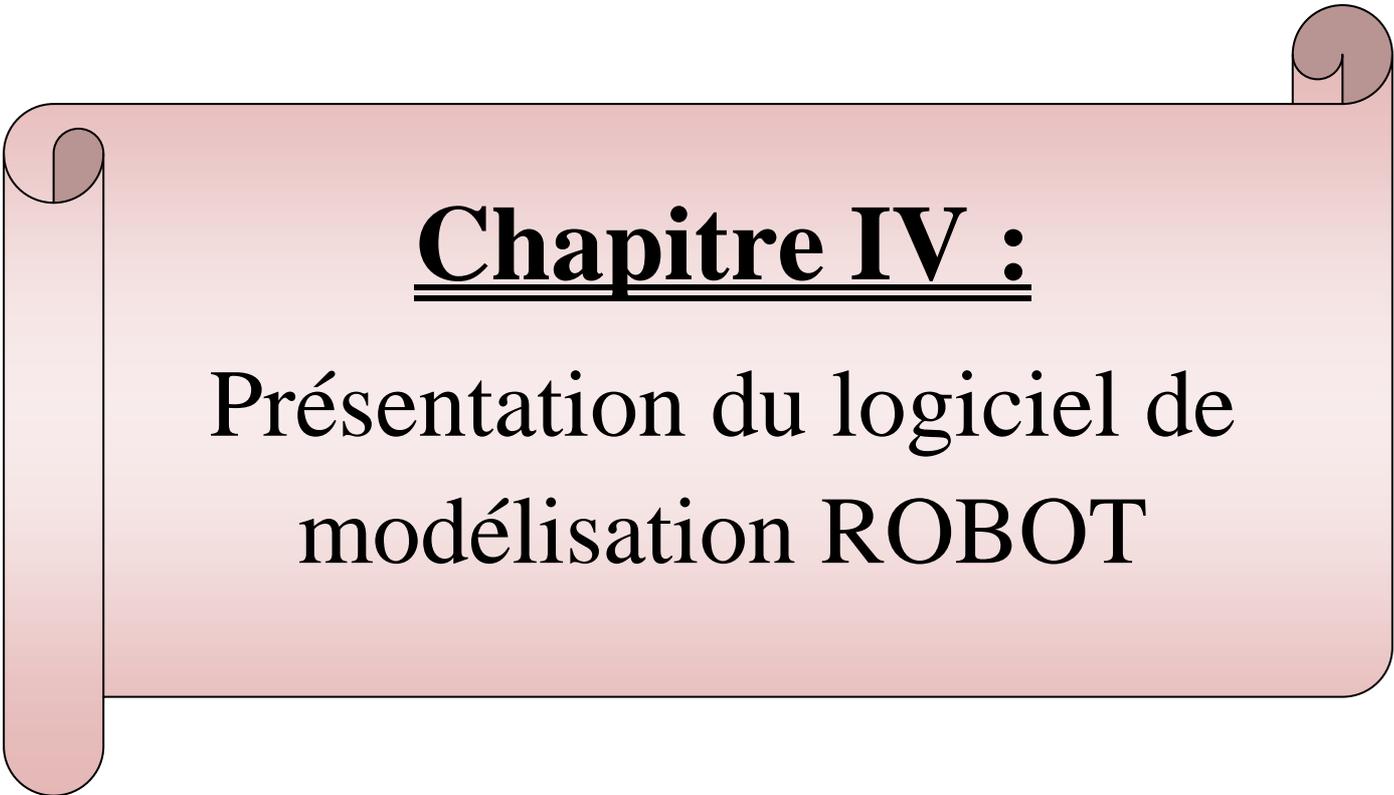
$\delta_1$  : Déplacement maximal du bloc 1

$\delta_2$  : Déplacement maximal du bloc 2

Nota : Les déplacements  $\delta_1$  et  $\delta_2$  sont calculés au sommet du bloc le moins élevé.



*Figure III.1: Largeur de joint sismique.*



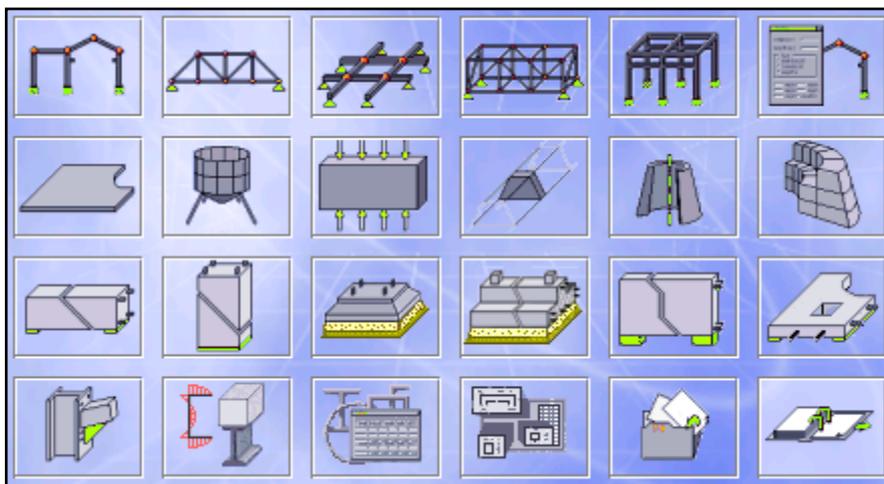
## **Chapitre IV :**

Présentation du logiciel de  
modélisation ROBOT

## IV - 1-Généralités :

Le logiciel Auto desk Robot Structural Analysis (nommé Robot dans le fichier d'aide entier) est un progiciel CAO/DAO destiné à modéliser, analyser et dimensionner les différents types de structures. Robot permet de créer les structures, les calculer, vérifier les résultats obtenus, dimensionner les éléments spécifiques de la structure ; la dernière étape gérée par Robot est la création de la documentation pour la structure calculée et dimensionnée.

Il utilise la méthode d'analyse par éléments finis pour étudier les structures planes et spatiales de type :



*Figure IV.1 : Différentes applications du logiciel Robot Bat.*

- Treillis.
- Portiques.
- Structures mixtes.
- Grillages de poutres.
- Plaques.
- Coques.
- Contraintes planes.
- Déformations planes.
- Eléments axisymétriques.
- Eléments Volumiques.

- ROBOT Millenium peut calculer les structures à un nombre de barres et à un nombre de nœuds illimités. Les seules limitations découlent des paramètres de l'ordinateur sur lesquels les calculs sont effectués (mémoire vive et espace disque disponibles).

- ROBOT Millenium permet d'effectuer des analyses statiques et dynamiques, ainsi que des analyses linéaires ou non-linéaires.

- ROBOT Millenium est un logiciel orienté Métier adapté aux constructions en acier, en bois (traditionnelles, lamellé-collé, kerto, ..), en béton armé ou mixte. Il comprend des modules d'assemblage, de ferrailage, de vérification et de dimensionnement suivant les différentes normes nationales existantes.

-ROBOT Millenium a été conçu spécialement pour l'environnement Windows 2000/NT/XP. Lors de la création de ROBOT Millenium, ses concepteurs ont utilisé les techniques modernes de l'étude des structures et de la programmation orientée objet profitant des outils performants de la société Microsoft : Compilateur Visual C++, Bibliothèques MFC, ou encore Objective Grid (société Sting ray).

Tous ces facteurs garantissent une très haute fiabilité du code généré et la facilité d'ajouter à ROBOT Millenium de nouvelles fonctionnalités et de nouveaux modules.

Les caractéristiques principales du logiciel Robot sont les suivantes :

- définition de la structure réalisée en mode entièrement graphique dans l'éditeur conçu à cet effet (vous pouvez aussi ouvrir un fichier au format DXF et importer la géométrie d'une structure définie dans un autre logiciel CAO/DAO).
- possibilité de présentation graphique de la structure étudiée et de représenter à l'écran les différents types de résultats de calcul (efforts, déplacements, travail simultané en plusieurs fenêtres ouvertes etc.).
- possibilité de calculer (dimensionner) une structure et d'en étudier simultanément une autre (architecture multithread).
- possibilité d'effectuer l'analyse statique et dynamique de la structure,
- possibilité d'affecter le type de barres lors de la définition du modèle de la structure et non pas seulement dans les modules métier.
- possibilité de composer librement les impressions (notes de calcul, captures d'écran, composition de l'impression, copie des objets vers les autres logiciels).

Le système Robot regroupe plusieurs parties (modules) spécialisées dans chacun des étapes de l'étude de la structure (création du modèle de structure, calculs de la structure, dimensionnement). Les modules fonctionnent dans le même environnement.

#### **IV - 2-Définition des problèmes d'ingénierie :**

Afin de faciliter le travail de l'utilisateur, ROBOT Millenium dispose d'un vaste ensemble d'outils simplifiant l'étude des structures :

- ❖ La notion d'objets : dans ROBOT Millenium, la création du modèle de la structure s'effectue avec des objets de construction typiques : poutres, poteaux, contreventements, planchers, murs. Grâce à cela, lors de cette étape de l'étude, les éléments de la structure prennent des attributs spécifiques qui leur sont propres (y compris les attributs réglementaires); ainsi, à l'étape de définition du modèle, tous les paramètres réglementaires de la structure sont définis, ce qui permet de passer à l'analyse réglementaire immédiatement après les calculs statiques. Il en est de même avec les nœuds. La notion de nœuds a perdu sa signification traditionnelle puisqu'ils sont automatiquement définis lors de la création des différents objets.
- ❖ Des lignes de construction peuvent être utilisées comme support à la modélisation.
- ❖ Une large gamme d'outils d'édition : symétrie par plan, translation, rotation, miroir horizontal et vertical, division pour une barre spécifique ou pour un groupe de barres, intersection, etc.
- ❖ Des outils de sélection performants : sélection avec le pointeur de la souris, par attribut (section, épaisseur, ..), par fenêtre, par capture, par plan, etc.
- ❖ Possibilité de définir des attributs de l'affichage personnalisés : menus, barres d'outils, couleurs, polices, vues, disposition des fenêtres.
- ❖ Ajouts de cotations au modèle de la structure.
- ❖ Vérification automatique de la cohérence du modèle étudié : par exemple, recherche des instabilités, appuis absents, barres et nœuds isolés, etc.
- ❖ Utilisation de bibliothèques de structures types paramétrables.
- ❖ Possibilité de libeller de façon automatique les composants de la structure.
- ❖ Possibilité de créer et d'archiver des paramètres tels que : matériau quelconque, appuis élastiques, charges quelconques.

- ❖ Fonction rapide de saisie pour la création des charges climatiques de neige et vent et des pondérations automatiques.
- ❖ Le multifenêtrage.
- ❖ ROBOT Millenium permet d'ouvrir plusieurs fenêtres du même type, ce qui permet, par exemple, dans la zone graphique, de consulter simultanément des objets différents, même très éloignés, en utilisant des fenêtres différentes avec leurs propres paramètres d'affichage (zoom, projection etc.).
- ❖ Les zones de travail : à chaque étape de l'étude de la structure, la fenêtre du logiciel peut comporter trois zones de travail différentes :
  -  Zone de définition graphique (avec la souris),
  -  Zone des boîtes de dialogue de définition (à partir du clavier),
  -  Zone des feuilles de calculs contenant tous les objets définis jusqu'alors pour la classe donnée.

### IV - 3-Système de bureaux :

Afin de faciliter au calculateur l'utilisation du logiciel, un système de bureaux a été implémenté.

Pour chaque étape importante de l'étude de la structure (par exemple la définition du modèle géométrique de la structure, application des charges, analyse des résultats, calculs réglementaires, etc.), un bureau correspondant a été créé.

L'utilisateur n'est pas obligé de rechercher les commandes qu'il doit activer pour effectuer une action spécifique nécessaire lors de l'étude de la structure : il suffit de sélectionner le bureau approprié, par conséquent le logiciel affichera toutes les fenêtres nécessaires afin de mener à bon terme l'action voulue.

### IV - 4-Notes de calculs :

ROBOT Millenium propose des outils très évolués pour la génération de la note de calcul. Ainsi, lors de l'étude de la structure, la capture du contenu de l'écran graphique ou du tableau actif peut être effectuée à tout moment. Toutes les captures d'écran effectuées et enregistrées sous un nom défini par l'utilisateur peuvent être insérées

dans la note de calcul. Grâce à cette option, il est possible, par exemple, d'imprimer le tableau des appuis avec le plan de la structure avec les appuis mis en évidence.

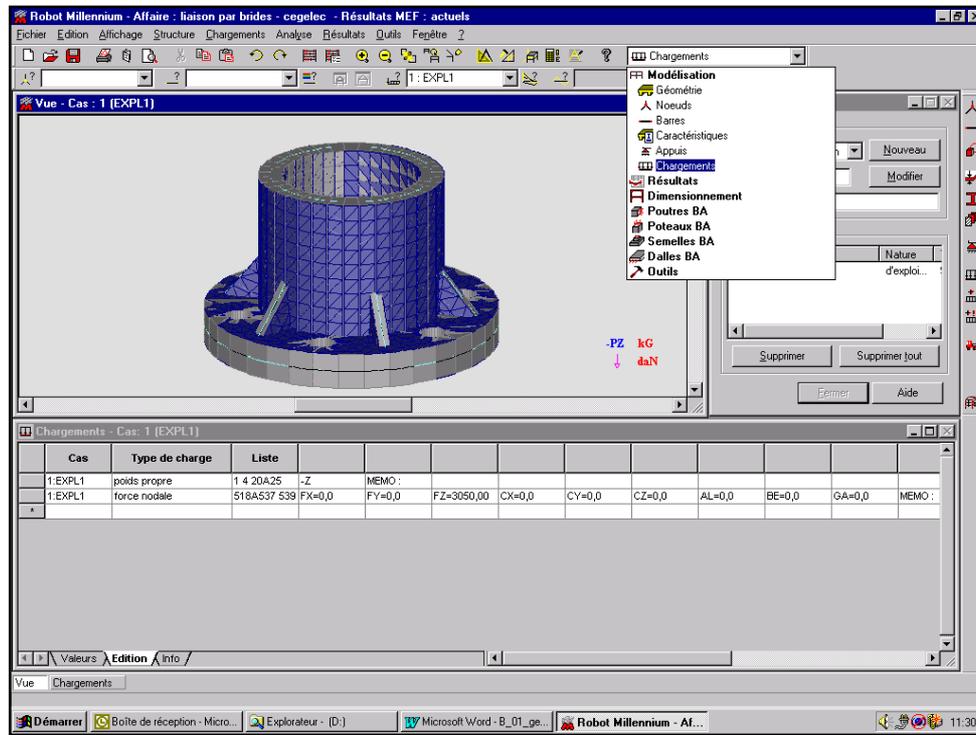


Figure IV.2 : Interface graphique du logiciel Robot Bat.

L'option Composition de l'impression disponible dans ROBOT Millenium permet à l'utilisateur de composer librement la forme et le contenu la note de calcul, à savoir :

- Une composition libre des pages de garde, des en-têtes et des pieds de page (y compris l'insertion des graphismes),
- La définition de l'ordre des éléments des documents à imprimer,
- La composition de l'aspect de chaque page et de chaque tableau, et cela, même à partir de l'aperçu avant impression.

#### IV - 5- Présentation des données et résultats :

Les données et les résultats peuvent être présentés en mode graphique et en mode texte :

- vues sur le modèle de la structure avec les numéros des nœuds et des barres, symboles des appuis, diagrammes des charges avec les valeurs, descriptions des

sections utilisées dans la structure, dessins de la structure respectant la forme et les dimensions des sections, diagrammes des efforts internes, déformées de la structure, cartographies des contraintes, déplacements et déformation pour les éléments surfaciques.

- tableaux des descriptions du modèle.
- tableaux des résultats.

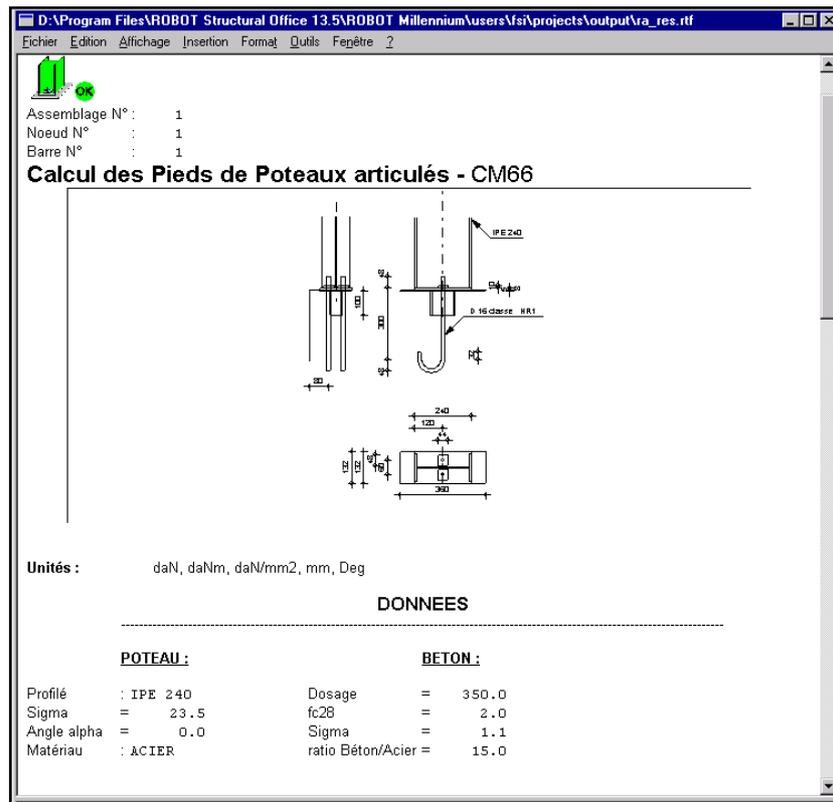


Figure IV.3 : génération automatique des notes de calculs.

#### IV - 6- Zoom dynamique :

Le zoom dynamique utilise une nouvelle technologie graphique Open GL. Elle permet de manipuler librement la vue de la structure dans l'espace 3D, ce qui facilite la vérification de la géométrie du modèle et l'analyse des résultats. Le zoom dynamique permet également de représenter la vue réelle de la structure tout en prenant en compte les dimensions des profilés, l'épaisseur des panneaux et les types de matériaux. La vue en perspective permet la simulation de l'illumination et de l'ombre qu'elle jette. Cette vue vous emmènera dans la réalité virtuelle de votre modèle.

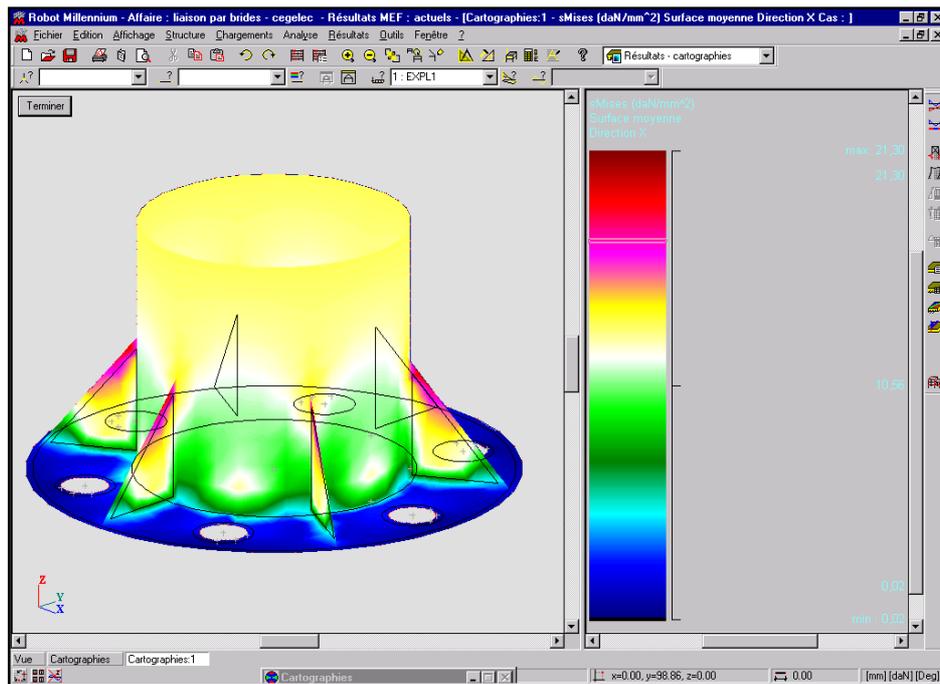


Figure IV.4 : Représentation graphique des résultats.

#### IV - 7- Outils d'aide :

Un point particulièrement important pour un logiciel aussi puissant que ROBOT Millennium, est un système d'aide facilitant à l'utilisateur la maîtrise du système. Aussi un effort important a été réalisé dans l'objectif de proposer des outils d'aide performants, à savoir :

- ✓ Aide contextuelle sur toutes les commandes des menus et pour chaque objet affiché dans les boîtes de dialogue et les feuilles de calcul.
- ✓ Index des rubriques d'aide accessibles,
- ✓ Accès hiérarchique aux informations sur le sujet donné,
- ✓ Les descriptions des icônes et des commandes du menu sont affichées dans la barre d'état en bas de l'écran,
- ✓ Les info-bulles affichent les noms des icônes sur lesquelles vous placez le pointeur de la souris,

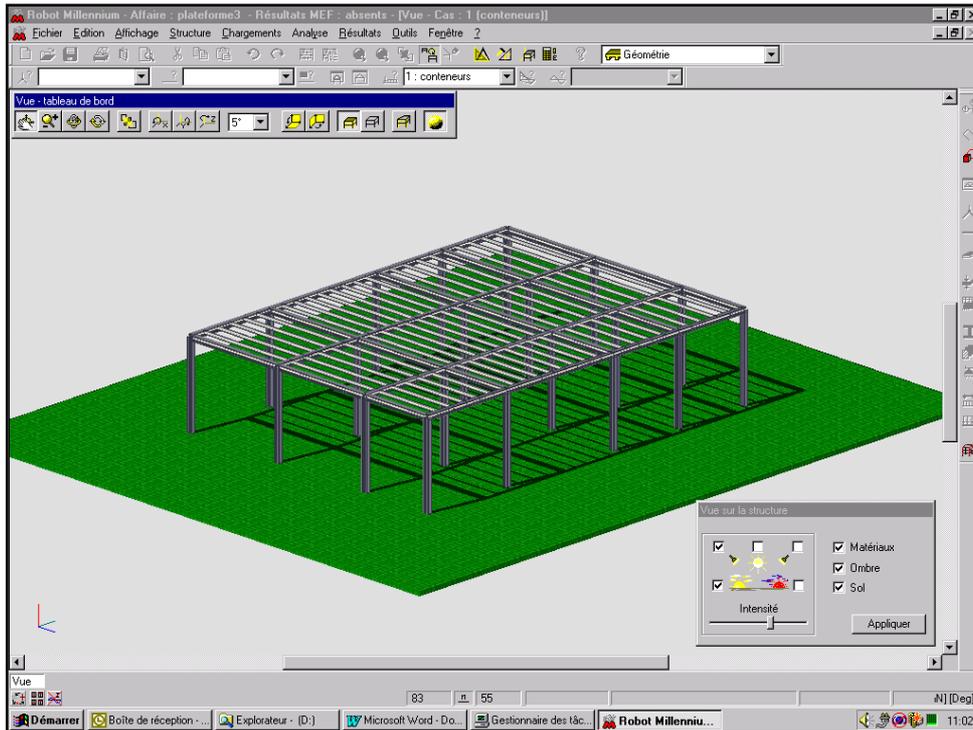


Figure IV.5 : Visualisation d'une structure avec le zoom dynamique.

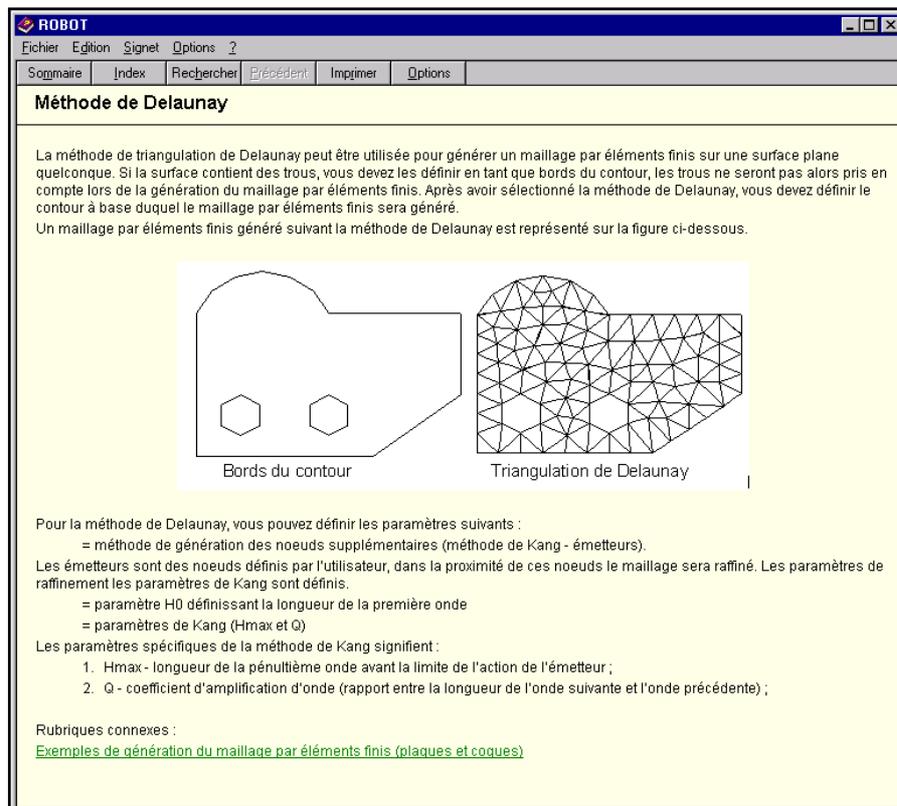


Figure IV.6 : Rubrique d'aide du logiciel.

✓ Des info-bulles semblables accompagnent le pointeur de la souris lors de la saisie graphique des éléments de la structure. Leur fonction est d'informer l'utilisateur de

l'effet que peut produire un clic sur le bouton gauche de la souris (par exemple la saisie de l'origine ou de l'extrémité de la barre),

✓ Le cd-rom contient le "Manuel d'utilisation" complet et le "Guide de prise en main rapide" qui présente pas à pas la procédure de définition de différentes structures (avec commentaires).

# Chapitre V :

Calcul du joint sismique pour  
des structures contreventées  
par portiques

## V.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous entamons les modélisations d'une structure en béton armé contreventée par portique, il s'agit de la modélisation d'un bâtiment à usage d'habitation en (R+4) dont l'implémentation aura lieu à la wilaya de Guelma. Après chaque phase de modélisation, nous calculons la largeur du joint sismique, en utilisant la formule donnée par le règlement parasismique Algérien (RPA 2003) citée à la fin du chapitre 4. Plusieurs modélisations seront présentées, en premier lieu, nous étudions l'influence de la variation d'hauteur sur le calcul de la largeur du joint à travers la modélisation de la structure à étages différents. Une seconde série de modélisation sera présentée, en changeant les dimensions des éléments porteurs (poteaux – poutres principales – poutres secondaires) afin de montrer l'influence de la variation de l'inertie des éléments porteurs sur la largeur du joint. Enfin, nous terminons ce chapitre par des comparaisons et des conclusions sur l'influence des paramètres étudiés.

## V.2. Présentation de la structure

La structure objet de la modélisation est un bâtiment à usage d'habitation, implantée dans la Wilaya de Guelma, classée comme zone de moyenne sismicité (zone IIa) selon le RPA 99 version 2003. Le bâtiment est composé d'un rez de chaussée plus 4 étages identiques et terrasse inaccessible.

### V.2.1 Caractéristiques géométriques de la construction

- Longueur de l'ouvrage ..... 21.40 m
- Largeur de l'ouvrage ..... 10.75 m
- La surface de l'ouvrage ..... 230.05 m<sup>2</sup>
- Etages courants ont une hauteur ..... 3.15 m
- Hauteur de RDC ..... 3.15 m
- La hauteur totale de l'ouvrage ..... 15.75 m
- Le bâtiment a une forme rectangulaire.
- La communication entre les différents étages se fait aux moyens d'un escalier.

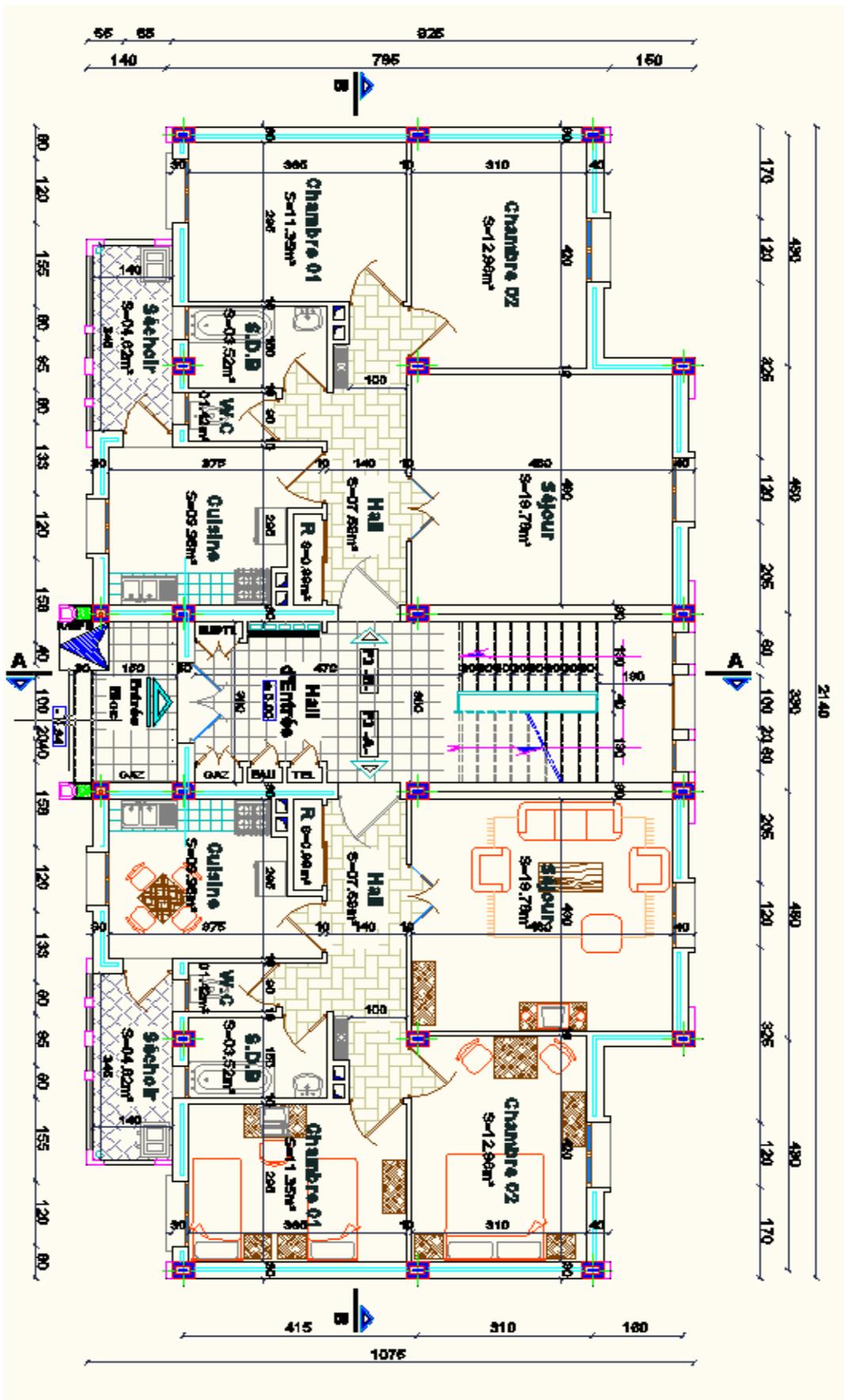


Figure V.1 : Vue en plan de la structure d'étude.

### V.2.2. Description du système structurel

Les planchers sont constitués par des dalles en corps creux d'une épaisseur de 16+4 cm plus dalles pleines sur les balcons, dont l'épaisseur est de 15 cm. L'ossature est constituée de poteaux, poutres et de chaînages. Les fondations sont constituées par des semelles continues sous poteaux.

### V.2.3. Dimensions des éléments porteurs

Poteaux .....	30x40 cm <sup>2</sup>
Poutres principales.....	30x40 cm <sup>2</sup>
Poutres secondaires.....	30x35 cm <sup>2</sup>

### V.2.4. Evaluation des charges et des surcharges

#### A- Charges permanente « G »

- Planchers Etage Courant.....	G = 5.00 KN/m <sup>2</sup>
- Plancher terrasse inaccessible.....	G = 6.30 KN/m <sup>2</sup>

#### B- Surcharges d'exploitation « Q »

- Planchers Etage Courant .....	Q = 1.5 KN/m <sup>2</sup>
- Balcons .....	Q = 3.50 KN/m <sup>2</sup>
- Planchers terrasses inaccessibles .....	Q = 1.0 KN/m <sup>2</sup>

## V.3. Modélisation

En utilisant le logiciel de calcul basé sur la méthode des éléments finis 'RoboBat', le modèle de calcul a été établi comme suit :

- Les poteaux et les poutres sont assimilés à des éléments barres.
- Les caractéristiques géométriques et mécaniques telles que identifiées ci-dessus sont introduites en utilisant le pré - processeur du logiciel de calcul RoboBat ;
- La structure est supposée encadrée au niveau bas ;
- Les charges et surcharges ont été appliquées sur poutres porteuses, qui à leurs tours cheminent les efforts aux poteaux.

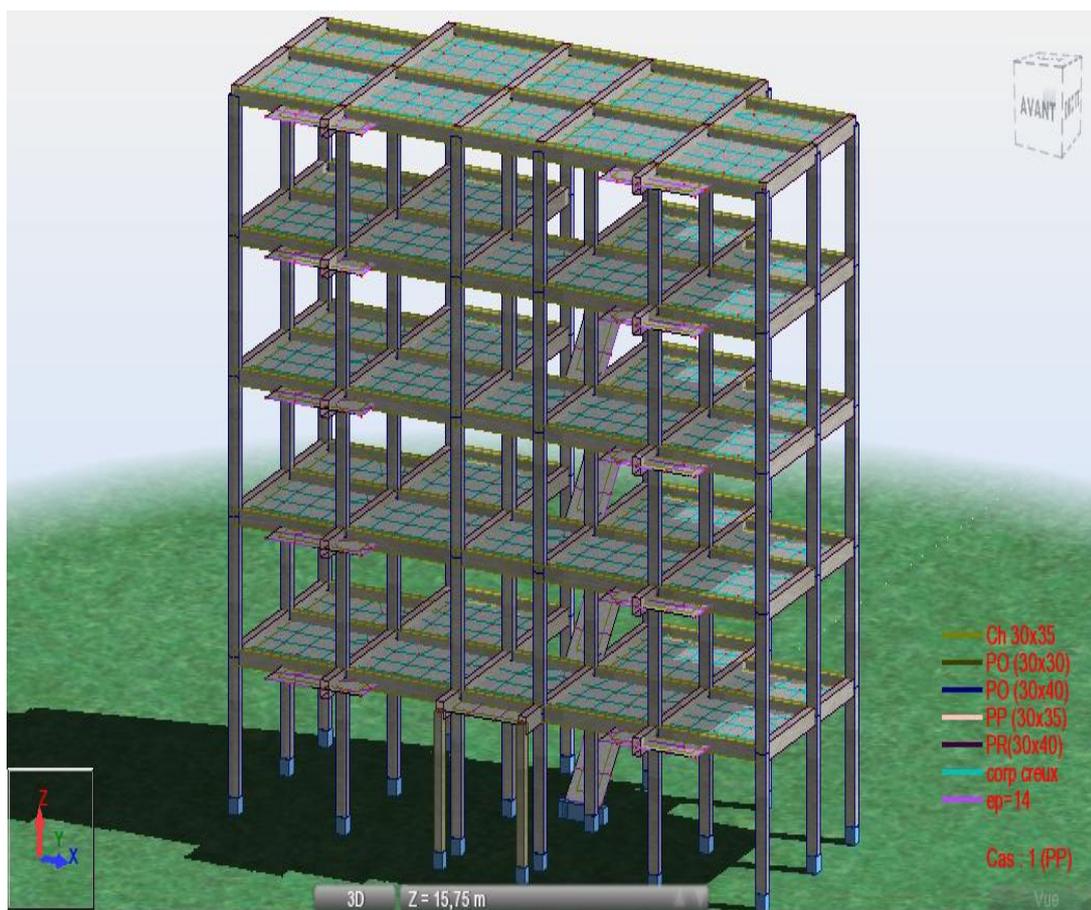


Figure V.2 : Modèle numérique de la structure.

### V.3.1. Méthodologie de calcul

La méthodologie adoptée s'articule autour des points suivants :

- Etablissement d'un modèle numérique de calcul tridimensionnel en éléments finis de la structure par le logiciel RoboBat;
- Définition des différentes charges statiques G et Q.
- L'analyse statique permet de vérifier les éléments de la structure sous l'effet des charges statiques, telles que, la charge permanente G et la charge d'exploitation Q. Ainsi la vérification de la contrainte de béton à l'état limite de service ELS sous la combinaison G + Q.
- Pour le calcul dynamique, la méthode d'analyse dynamique utilisée est celle exigée par le RPA2003, qui est la méthode d'analyse spectrale modale. Cette méthode est basée sur la superposition modale, elle combine le maximum des effets engendrés dans

la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul, pour obtenir la réponse de la structure

- Calculs et vérifications selon le BAEL.99 et le RPA.2003.

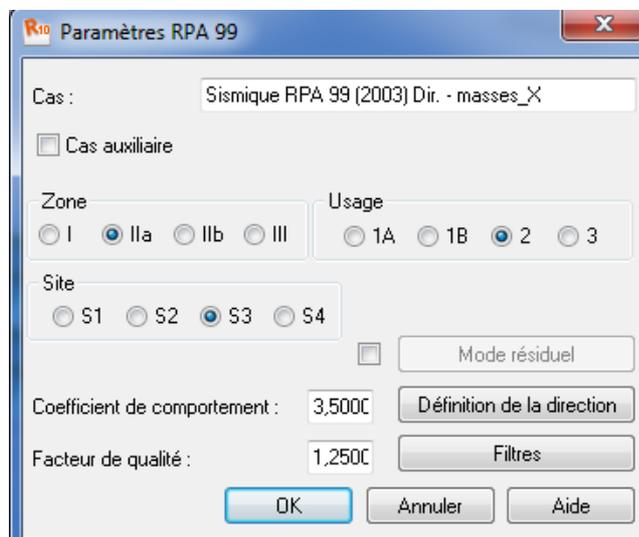


Figure V.3 : Paramètres de calcul de l'action sismique.

#### V.4. Résultats

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats de notre modélisation en termes de déplacements horizontaux dans la direction X ( $U_x$ ), engendrés par la composante horizontale de la force sismique dans la direction X afin de calculer par la suite la largeur du joint entre deux bâtiments en utilisant la formule donnée par le règlement RPA 2003.

	UX [cm]
<b>MAX</b>	2,2
<b>Noeud</b>	1139
<b>Cas</b>	17 (C) (CQC)
<b>Mode</b>	
<b>MIN</b>	-2,2
<b>Noeud</b>	993
<b>Cas</b>	18 (C) (CQC)
<b>Mode</b>	

Figure V.4 : Déplacement maximal  $U_x$  au sommet de la structure.

La largeur du joint sismique a pour valeur :

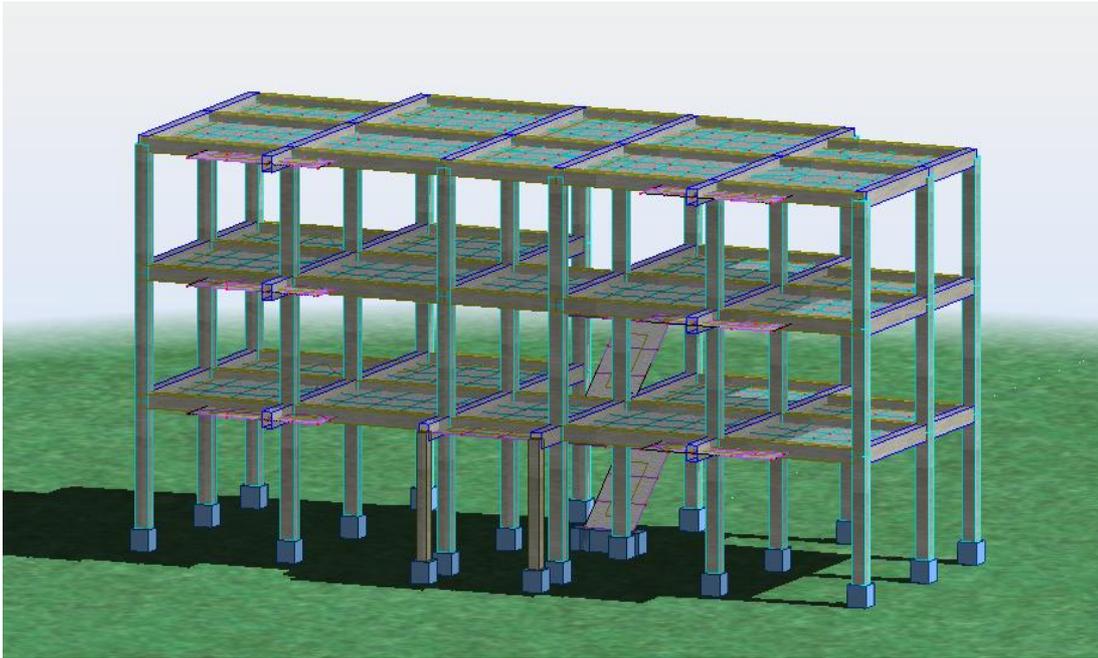
$$d_{\min} = 1.5 \text{ cm} + R. (\delta_1 + \delta_2) \text{ cm} = 1.5 + 3.5 \times (2.2 + 2.2) = 17 \text{ cm}$$

#### V.4.1. Influence de la hauteur de la structure sur la largeur du joint

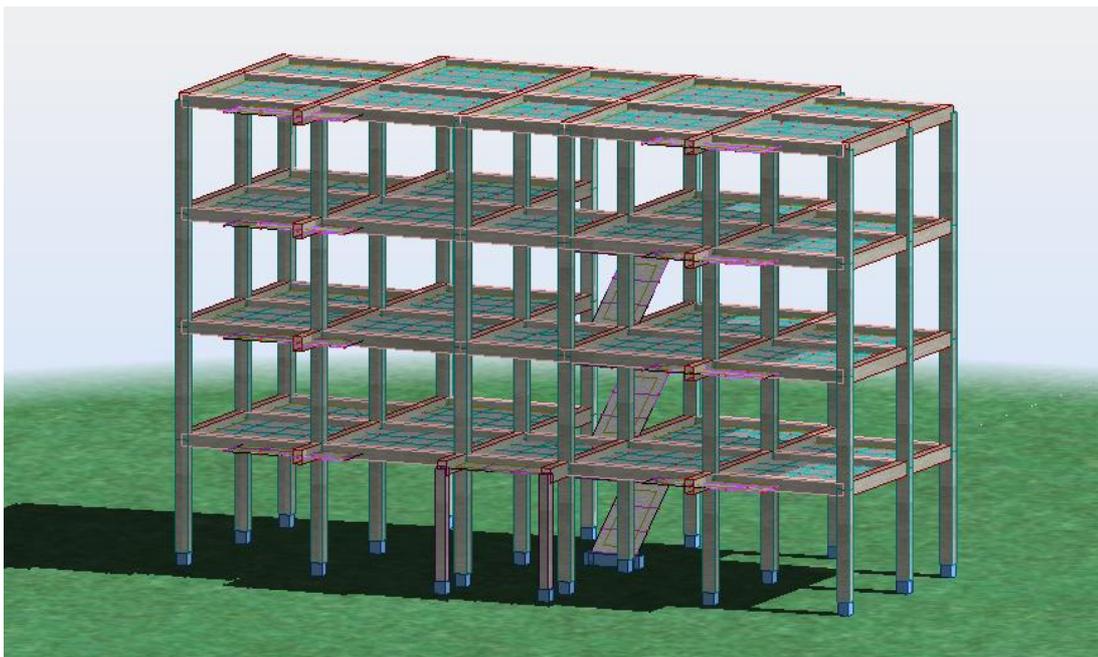
Dans cette section, nous étudions l'influence de la variation d' hauteur de la structure sur la largeur du joint à travers la modélisation de la construction à différents niveaux. Nous commençons la modélisation d'une structure à deux étages (R+1), puis à 3 étages (R+2) et on termine nos modélisations par une structure à 6 étages (R+5).



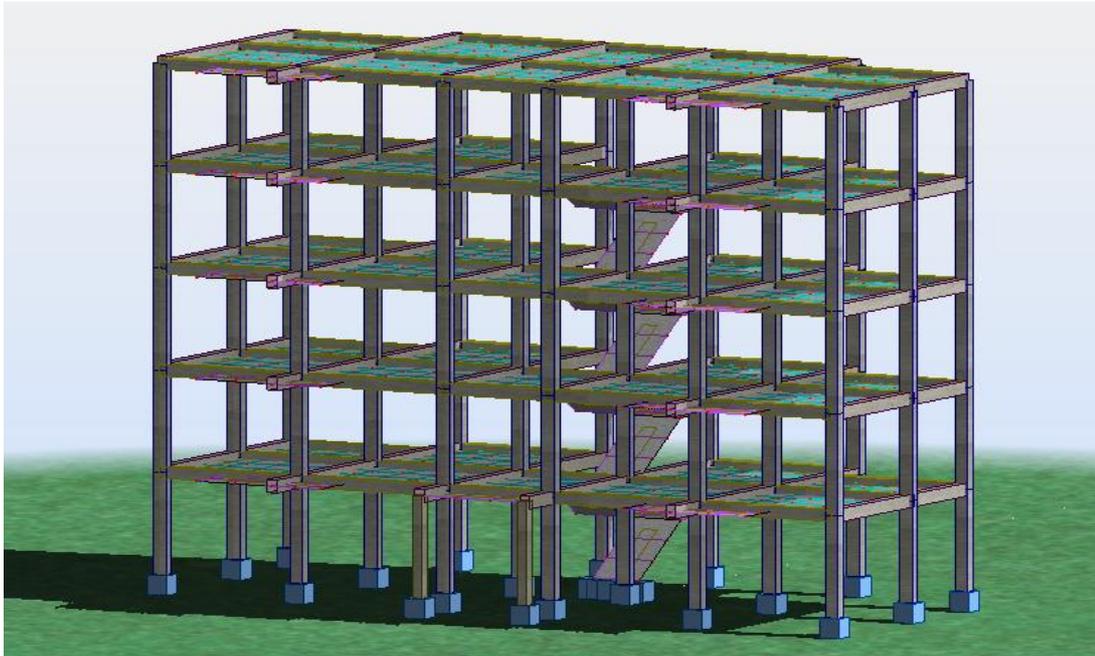
*Figure V.5: Modèle numérique de la structure à deux étages (R+1).*



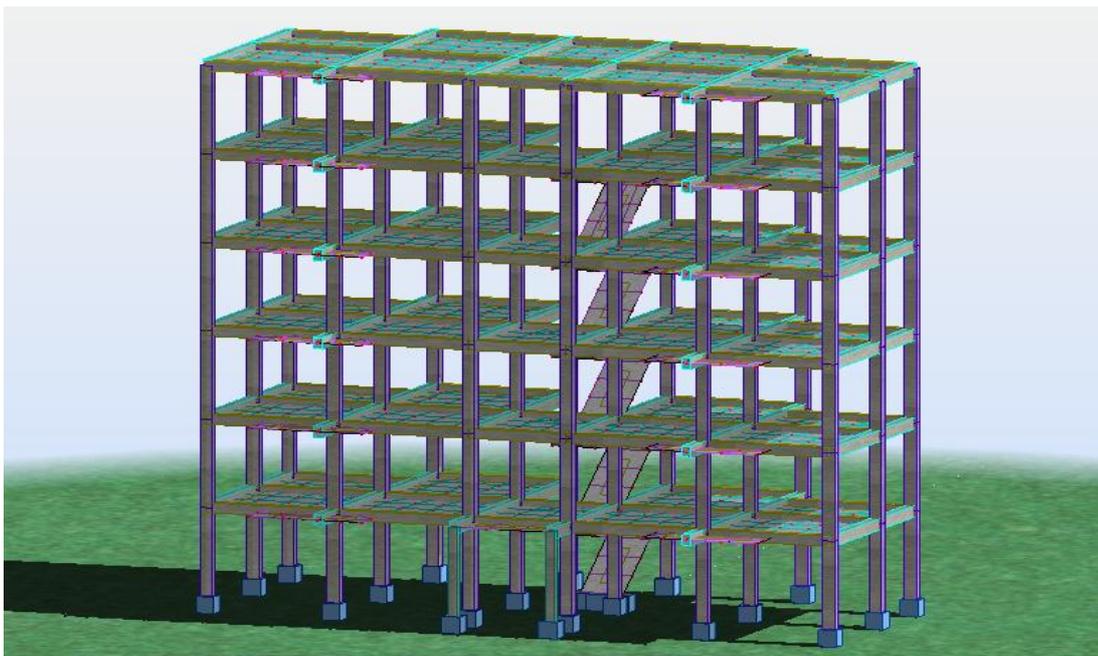
*Figure V.6 : Modèle numérique de la structure à trois étages (R+2).*



*Figure V.7 : Modèle numérique de la structure à quatre étages (R+3).*



*Figure V.8 : Modèle numérique de la structure à cinq étages (R+4).*



*Figure V.9 : Modèle numérique de la structure à six étages (R+5).*

Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure V.10.

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	519
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	527
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(a) (R+1)

	UX [cm]
MAX	1,0
Noeud	802
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,0
Noeud	668
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(b) (R+2)

	UX [cm]
MAX	1,8
Noeud	1089
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,8
Noeud	943
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(c) (R+3)

	UX [cm]
MAX	2,2
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,2
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(d) (R+4)

	UX [cm]
MAX	2,9
Noeud	1410
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,9
Noeud	1265
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(e) (R+5)

*Figure V.10 : Déplacement maximal  $U_x$  pour quatre hauteurs différentes.*

La largeur du joint sismique pour ces quatre cas est résumée dans le tableau ci – dessous :

Hauteur de la construction	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
R+1	0.5	5
R+2	1	9
R+3	1.8	14.2
R+4	2.2	17
R+5	2.9	22

*Tableau V.1 : Influence de la hauteur de la structure sur la largeur du joint.*

Nous remarquons clairement d'après les résultats du tableau ci-dessus que l'augmentation de la largeur du joint est proportionnelle à l'augmentation de la hauteur de la construction. Ceci s'explique par le fait que les déplacements engendrés sous l'effet de l'action sismique sont toujours majeurs aux sommets de la structure.

#### V.4.2. Influence de la variation de la section des poteaux sur la largeur du joint

Nous faisons varier en premier lieu, la section des poteaux. La comparaison entre une augmentation et / ou une diminution des dimensions (largeur et hauteur) de la section des poteaux de 5 cm sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure V.11.

	$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]
MAX	2,6	MAX	2,2	MAX	2,0
Noeud	1139	Noeud	1139	Noeud	298
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-2,7	MIN	-2,2	MIN	-2,0
Noeud	993	Noeud	993	Noeud	312
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) Poteau (25x35)

(b) Poteau (30x40)

(c) Poteau (35x45)

*Figure V.11 : Déplacement maximal  $U_x$  pour 3 sections différentes de poteaux.*

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci-dessous :

Section du poteau	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Poteau (25x35)	2.7	20.5
Poteau (30x40)	2.2	17
Poteau (35x45)	2	16

**Tableau V.2 :** Influence de la variation de la section des poteaux sur la largeur du joint.

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que la diminution des dimensions du poteau de 5 cm n'a pas influencée la largeur du joint sismique, on note une légère augmentation de sa largeur. Par contre, l'augmentation des dimensions de la section du poteau a clairement marquée son influence sur les déplacements engendrés au sommet de la structure et par conséquent la largeur du joint a subit une remarquable diminution. Ceci s'explique par le fait que l'augmentation de la rigidité de la structure causée par l'augmentation de l'inertie des poteaux a diminué le déplacement horizontal maximal de la structure.

#### V.4.3. Influence de la variation de la section des poutres sur la largeur du joint

Nous faisons varier en deuxième lieu, la section des poutres. La comparaison entre une augmentation et / ou une diminution des dimensions (largeur et hauteur) de la section des poutres de 5 cm sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure V.12.

	$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]
MAX	2,3	MAX	2,2	MAX	2,2
Noeud	1139	Noeud	1139	Noeud	298
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-2,4	MIN	-2,2	MIN	-2,2
Noeud	993	Noeud	993	Noeud	312
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) Poutre (25x35)

(b) Poutre (30x40)

(c) Poutre (35x45)

**Figure V.12 :** Déplacement maximal  $U_x$  pour 3 sections différentes de poutres.

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci-dessous :

Section du poutre	Déplacement maximal Ux en cm	Largeur minimale d <sub>min</sub> en cm
Poutre (25x35)	2.4	18.5
Poutre (30x40)	2.2	17
Poutre (35x45)	2.2	17

**Tableau V.3 :** Influence de la variation de la section des poutres sur la largeur du joint.

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que, la diminution des dimensions de la poutre de 5 cm n'a pas influencée la largeur du joint sismique, on note une légère augmentation de sa largeur, et l'augmentation des dimensions de la section de la poutre n'a pas influencée sur les déplacements engendrés au sommet de la structure et la largeur.

#### V.4.4. Influence de la variation de la section des chaînages sur la largeur du joint

Nous faisons varier en troisième lieu, la section des chaînages. La comparaison entre une augmentation et / ou une diminution des dimensions (largeur et hauteur) de la section des chaînages de 5 cm sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure IV.13.

	UX [cm]		UX [cm]		UX [cm]
MAX	2,5	MAX	2,2	MAX	2,1
Noeud	298	Noeud	1139	Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-2,5	MIN	-2,2	MIN	-2,1
Noeud	312	Noeud	993	Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) chaînage (25x30)

(b) chaînage (30x35)

(c) chaînage (35x40)

**Figure V.13 :** Déplacement maximal Ux pour 3 sections différentes de chaînages.

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci-dessous :

Section du chainage	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
chainage (25x30)	2.5	19
chainage (30x35)	2.2	17
chainage (35x40)	2.1	16.5

**Tableau V.4 :** Influence de la variation de la section des chainages sur la largeur du joint.

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que la diminution des dimensions du chainage de 5 cm n'a pas influencée la largeur du joint sismique, on note une légère augmentation de sa largeur. Par contre, l'augmentation des dimensions de la section du chainage a clairement marquée son influence sur les déplacements engendrés au sommet de la structure et par conséquent la largeur du joint a subit une remarquable diminution.

#### V.4.5. Influence de la variation des sections des éléments porteurs sur la largeur du joint

Nous faisons varier en premier lieu, la section des tous les éléments (poutres ; chainages ; poteaux). La comparaison entre une augmentation et / ou une diminution des dimensions (largeur et hauteur) de la section des tous les éléments (poutres ; chainages ; poteaux) de 5 cm sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure V.14.

	$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]		$U_x$ [cm]
MAX	2,9	MAX	2,2	MAX	1,8
Noeud	1139	Noeud	1139	Noeud	298
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-2,9	MIN	-2,2	MIN	-1,8
Noeud	993	Noeud	993	Noeud	312
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) tous -5

(b) tous

(c) tous +5

**Figure V.14 :** Déplacement maximal  $U_x$  pour 3 sections différentes de tous les éléments.

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci – dessous :

Section du tous les éléments	Déplacement maximal Ux en cm	Largeur minimale d <sub>min</sub> en cm
Tous -5	2.9	22
tous	2.2	17
Tous +5	1.8	14

*Tableau V.5 : Influence de la variation des sections des éléments porteurs sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que la diminution des dimensions de la section du tous les éléments de 5 cm n'a pas influencée la largeur du joint sismique, on a clairement marquée une augmentation significative de sa largeur. Par contre, l'augmentation des dimensions de la section du tous les éléments a clairement marquée son influence sur les déplacements et la largeur.

#### V.4.6. Influence des paramètres sismiques sur la largeur du joint

Nous faisons varier en quatrième lieu, les paramètres sismiques (groupe d'usage ; zone sismique ; site).

##### a- Groupe d'usage :

Le niveau minimal de protection sismique accordé à un ouvrage dépend de sa destination et de son importance vis-à-vis des objectifs de protection fixés par la collectivité. Tout ouvrage qui relève du domaine d'application des règles parasismiques Algériennes RPA, doit être classé dans l'un des quatre (04) groupes définis ci-après :

**Groupe 1A :** Ouvrages d'importance vitale ;

**Groupe 1B :** Ouvrages de grande importance ;

**Groupe 2 :** Ouvrages courants ou d'importance moyenne ;

**Groupe 3 :** Ouvrages de faible importance.

	UX [cm]
MAX	3,7
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-3,7
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 1A

	UX [cm]
MAX	2,9
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-3,0
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 1B

	UX [cm]
MAX	2,2
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,2
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 2

	UX [cm]
MAX	1,5
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,5
Noeud	998
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 3

*Figure V.15 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de groupes d'usage.*

Nous faisons varier dans ce cas, le groupe d'usage de notre structure. La comparaison entre les 4 cas possibles sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 5 cas d'étude sont présentés sur la figure V.15.

La largeur du joint sismique pour ces quatre modèles est résumé dans le tableau ci-dessous :

Groupe d'usage	Déplacement maximal U <sub>x</sub> en cm	Largeur minimale d <sub>min</sub> en cm
Groupe 1A	3.7	27.5
Groupe 1B	3	22.5
Groupe 2	2.2	17
Groupe 3	1.5	12

*Tableau V.6 : Influence de groupe d'usage sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque clairement que l'importance de l'ouvrage influence fortement la largeur du joint.

### b-Zone sismique

Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de sismicité croissante, définies sur le tableau associé qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

Zone 1 : sismicité négligeable

Zone 2A : sismicité faible

Zone 2B : sismicité moyenne

Zone 3 : sismicité élevée

Nous présentons dans cette section l'influence de la zone sismique à travers la modélisation de la structure d'étude pour les quatre zones sismiques. La comparaison entre les 4 cas possibles sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 4 cas d'étude sont présentés sur la figure V.16.

	UX [cm]
MAX	1,5
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,5
Noeud	998
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Zone 1

	UX [cm]
MAX	2,2
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,2
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Zone 2A

	UX [cm]		UX [cm]
MAX	3,0	MAX	3,7
Noeud	1139	Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode	
MIN	-3,0	MIN	-3,7
Noeud	993	Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode	

Zone 2B

Zone 3

*Figure V.16 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de zone sismique.*

La largeur du joint sismique pour ces quatre modèles est résumée dans le tableau ci-dessous :

Zone sismique	Déplacement maximal Ux en cm	Largeur minimale $d_{\min}$ en cm
Zone 1	1.5	12
Zone 2a	2.2	17
Zone 2b	3	22.5
Zone 3	3.7	27.5

*Tableau V.7 : Influence de zone sismique sur la largeur du joint.*

D'après les résultats présentés dans le tableau ci-dessus, on voit qu'il est clair que l'augmentation de la largeur sismique est proportionnelle avec l'intensité sismique, c'est-à-dire plus le danger sismique augmente, on obtient un joint plus large.

#### **c-Site :**

Les sites sont classés en quatre (04) catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent.

**Catégorie S1** (site rocheux)

**Catégorie S2** (site ferme)

**Catégorie S3** (site meuble)

**Catégorie S4** (site très meuble)

	UX [cm]
MAX	1,6
Noeud	1138
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,6
Noeud	998
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 1

	UX [cm]
MAX	1,9
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-1,9
Noeud	998
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 2

	UX [cm]
MAX	2,2
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,2
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 3

	UX [cm]
MAX	2,7
Noeud	1139
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-2,8
Noeud	993
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 4

*Figure V.17 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de site.*

La largeur du joint sismique pour ces quatre modèles est résumée dans le tableau ci – dessous :

Site	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{\min}$ en cm
Site 1	1.6	13
Site 2	1.9	15
Site 3	2.2	17
Site 4	2.7	20.5

*Tableau V.8 : Influence de site sur la largeur du joint.*

Le territoire national est divisé en quatre (04) sites, définis sur le tableau ci-dessus qui précise cette répartition par wilaya et par commune

Chaque site a des caractéristiques différentes des autres sites selon la formation géologique et vitesse d'onde de cisaillement (VS) par conséquent le déplacement et la largeur de chaque structure augmente de site 1 vers 2, 3,4.

### **V.5. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons consacré nos modélisations pour des structures contreventées par portiques. En premier lieu, nous étudions l'influence de la variation d' hauteur de la structure sur la largeur du joint à travers la modélisation de la construction à différents niveaux R+1 vers R+5. Une grande différence dans la largeur du joint a été remarquée.

Par la suite une étude comparative en variant la section des poteaux, des poutres, des chaînages, des sections des éléments porteurs a été réalisée

# **Chapitre VI :**

Calcul des joints pour des  
structures de contreventement  
mixte

## VI.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous présentons une série de modélisations de la même structure du précédant chapitre et après chaque phase de modélisation, nous calculons la largeur du joint sismique, en utilisant la formule donnée par le règlement parasismique Algérien (RPA 2003) citée à la fin du chapitre 4. Plusieurs modélisations seront présentées, en premier lieu, nous étudions l'influence du système de contreventement sur la largeur du joint. Pour cela, on propose la comparaison entre une construction en (R+4), contreventée par portiques et la même construction avec un contreventement mixte (portique – voiles). Une seconde série de modélisation sera présentée, nous étudions en premier lieu l'influence de la variation de l'épaisseur des voiles de contreventement, ensuite nous étudions l'influence de la position des voiles de contreventement sur la largeur du joint, pour cela plusieurs configurations seront comparées. Nous terminons nos modélisations par l'étude de l'influence du nombre de voiles de contreventement sur la largeur du joint. Enfin, nous terminons ce chapitre par des comparaisons et des conclusions sur l'influence des paramètres étudiés.

## VI.2. Description du système structurel

Les planchers sont constitués par des dalles en corps creux d'une épaisseur de 16+4 cm plus dalles pleines sur les balcons, dont l'épaisseur est de 15 cm. L'ossature est constituée d'un système de contreventement mixte (portiques – voiles). Les fondations sont constituées par des semelles isolées sous poteaux.

### VI.2.1 Dimensions des éléments porteurs

Poteaux .....	30x40 cm <sup>2</sup>
Poutres principales.....	30x40 cm <sup>2</sup>
Poutres secondaires.....	30x35 cm <sup>2</sup>
Voiles.....	e = 20 cm

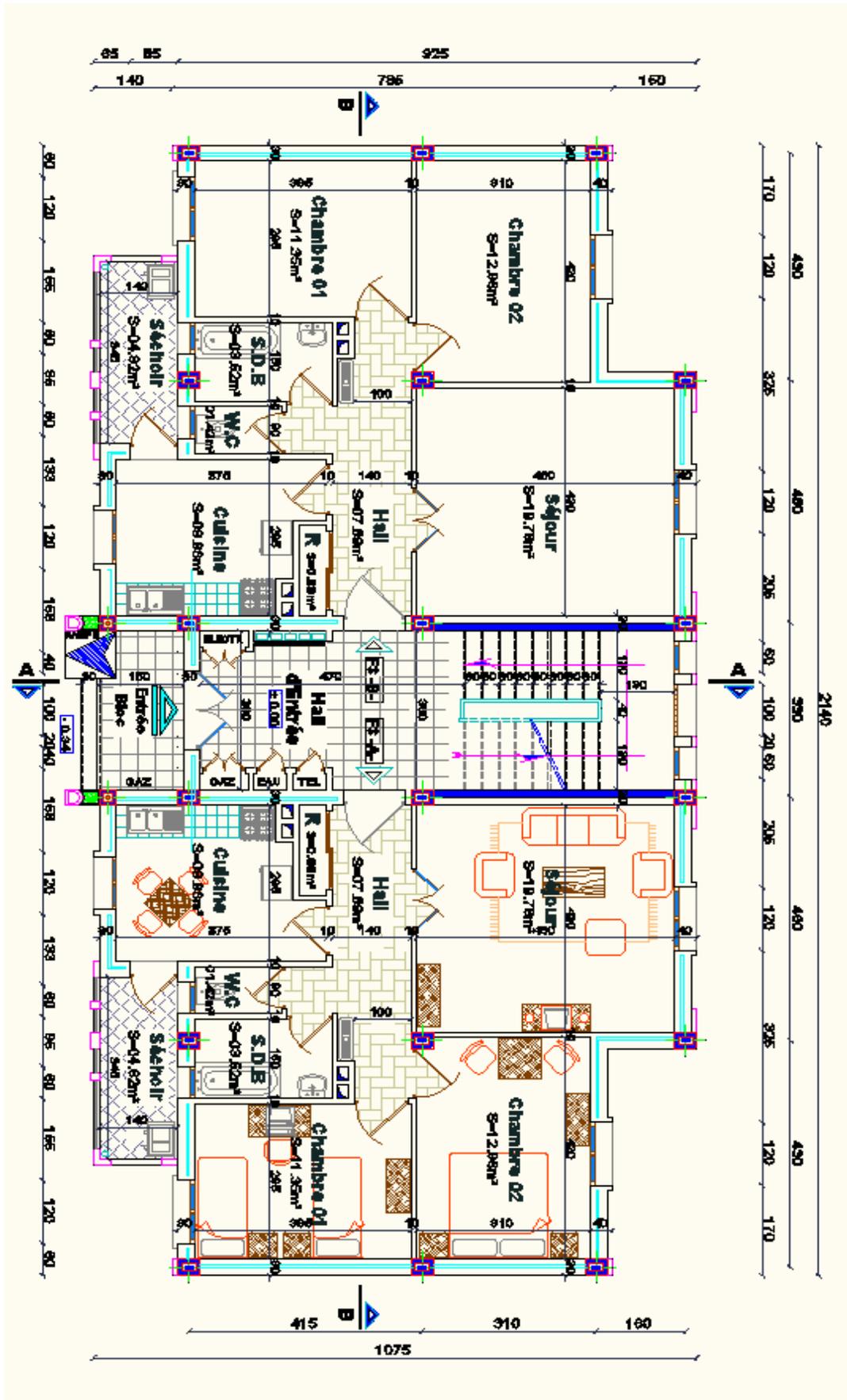
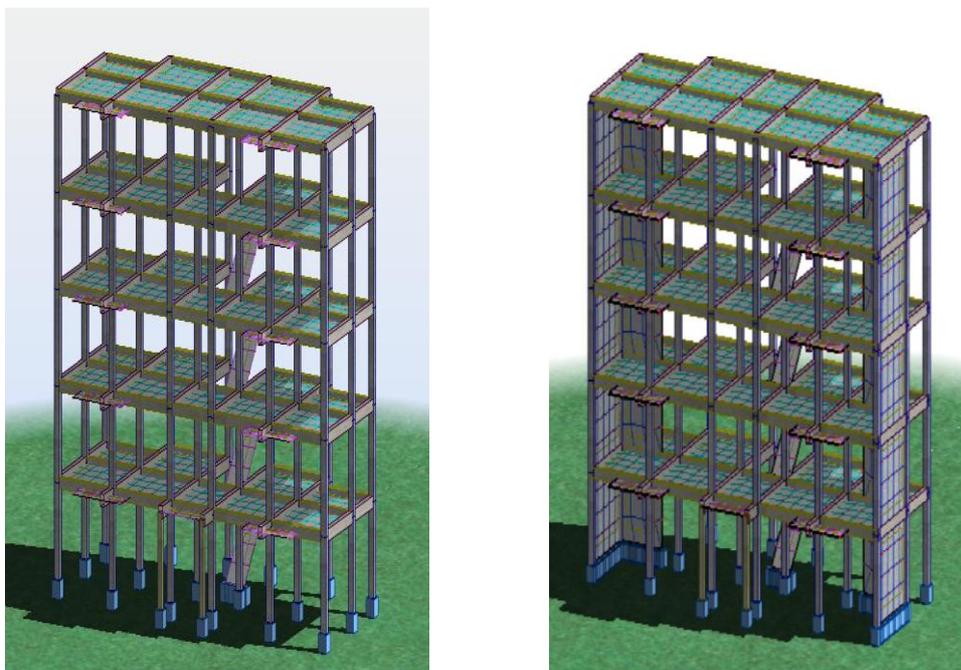


Figure VI.1 : Vue en plan de la structure montrant le système de contreventement.

### VI.3. Modélisation

En utilisant le logiciel de calcul basé sur la méthode des éléments finis 'RoboBat', le modèle de calcul a été établi comme suit :

- Les poteaux et les poutres sont assimilés à des éléments barres.
- Les voiles sont assimilés à des éléments plaques.
- Les caractéristiques géométriques et mécaniques telles que identifiées ci-dessus sont introduites en utilisant le pré - processeur du logiciel de calcul RoboBat ;
- La structure est supposée encastree au niveau bas ;
- Les charges et surcharges ont été appliquées sur poutres porteuses, qui à leurs tours cheminent les efforts aux poteaux.



(a) Contreventement par portiques      (b) Contreventement mixte (portiques-voiles)

*Figure VI.2 : Modèle numérique de la structure.*

#### VI.3.1. Méthodologie de calcul

La méthodologie adoptée s'articule autour des points suivants :

- Etablissement d'un modèle numérique de calcul tridimensionnel en élément finis de la structure par le logiciel Robot;

- Définition des différentes charges statiques G et Q.
- L'analyse statique permet de vérifier les éléments de la structure sous l'effet des charges statiques, telles que, la charge permanente G et la charge d'exploitation Q. Ainsi la vérification de la contrainte de béton à l'état limite de service ELS sous la combinaison G + Q.
- Pour le calcul dynamique, la méthode d'analyse dynamique utilisée est celle exigée par le RPA2003, qui est la méthode d'analyse spectrale modale. Cette méthode est basée sur la superposition modale, elle combine le maximum des effets engendrés dans la structure par les forces sismiques représentées par un spectre de réponse de calcul, pour obtenir la réponse de la structure
- Calculs et vérifications selon le BAEL.99 et le RPA.2003.

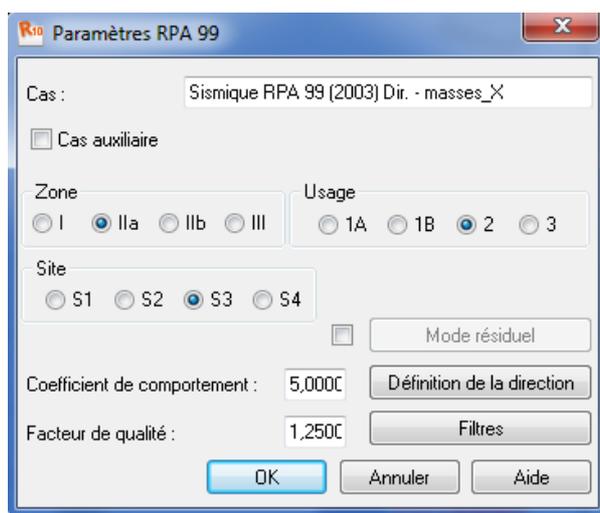


Figure VI.3 : Paramètres de calcul de l'action sismique.

## VI.4. Résultats

Nous présentons dans ce paragraphe les résultats de notre modélisation en terme de déplacements horizontaux dans la direction X ( $U_x$ ), engendrés par la composante horizontale de la force sismique dans la direction X afin de calculer par la suite la largeur du joint entre deux bâtiment en utilisant la formule donnée par le règlement RPA 2003.

	UX [cm]		UX [cm]
MAX	2,2	MAX	0,5
Noeud	1139	Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode	
MIN	-2,2	MIN	-0,5
Noeud	993	Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode	

(a) Contreventement par portiques (b) Contreventement mixte (portiques-voiles)

*Figure VI.4 : Déplacement maximal  $U_x$  au sommet de la structure.*

La largeur du joint sismique pour ces deux cas est résumée dans le tableau ci-dessous :

Système de contreventement	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{\min}$ en cm
Contreventement par portiques	2,2	17
Contreventement mixte	0,5	7

*Tableau VI.1 : Influence de différent système de contreventement sur la largeur du joint.*

Nous remarquons clairement d'après les résultats du tableau ci-dessus l'influence de l'utilisation des voiles dans le système de contreventement. Nous remarquons que pour la même structure, l'injection de voiles de contreventement a diminué la largeur du joint, c'est pour cette raison que par fois on recommande l'utilisation de voiles pour diminuer la largeur du joint sismique.

#### VI.4.1. Influence de la variation de l'épaisseur des voiles sur la largeur du joint

Nous faisons varier en premier lieu, l'épaisseur des voiles de contreventement. La comparaison entre une augmentation et une diminution de l'épaisseur des voiles de

5 cm sera présentée en termes de déplacement et de largeur du joint. Les résultats en déplacement horizontal pour les 3 cas d'étude sont présentés sur la figure V.5.

	UX [cm]		UX [cm]		UX [cm]
MAX	0,6	MAX	0,5	MAX	0,5
Noeud	407	Noeud	407	Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-0,6	MIN	-0,5	MIN	-0,5
Noeud	421	Noeud	421	Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) e = 15 cm

(b) e = 20 cm

(c) e = 25 cm

*Figure VI.5 : Déplacement maximal  $U_x$  pour trois épaisseurs différentes.*

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci – dessous :

Épaisseur des voiles	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
e = 15	0,6	8
e = 20	0,5	7
e = 25	0,5	7

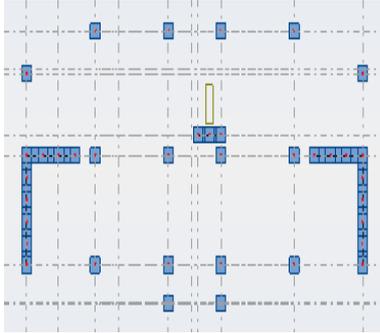
*Tableau VI.2 : Influence de la variation de l'épaisseur des voiles sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que la variation de l'épaisseur des voiles de 5 cm a légèrement influencé la largeur du joint sismique.

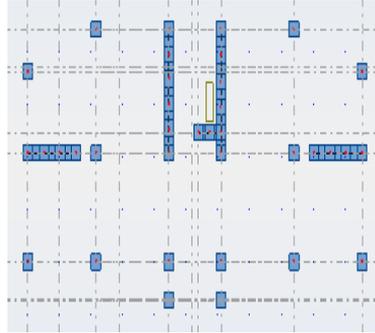
#### VI.4.2. Influence de la position des voiles sur la largeur du joint

Dans ce paragraphe, nous étudions l'influence de la position des voiles dans la structure sur la largeur du joint. Nous présentons six configurations différentes de position de voiles dans la figure VI.6.

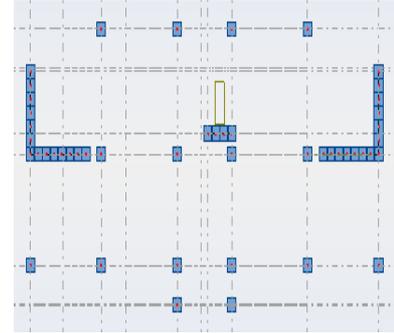
Selon le sens transversal :



(a) Position initiale.

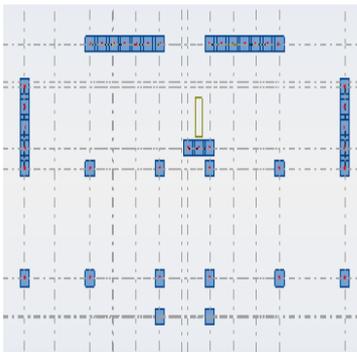


(b) 2ème position.

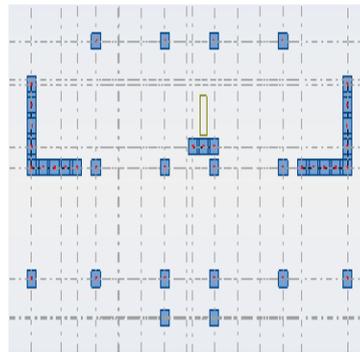


(c) 3ème position.

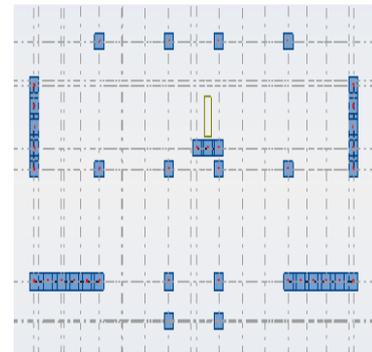
Selon le sens longitudinal :



(d) 4ème Position



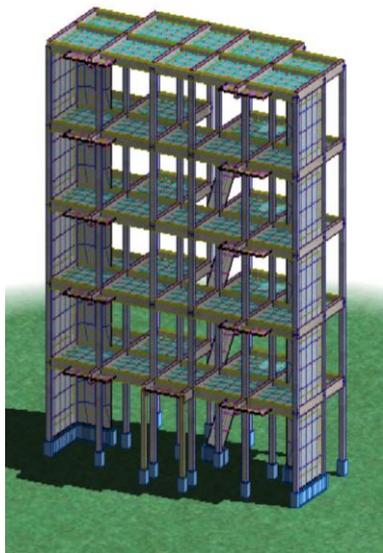
(e) 5ème position.



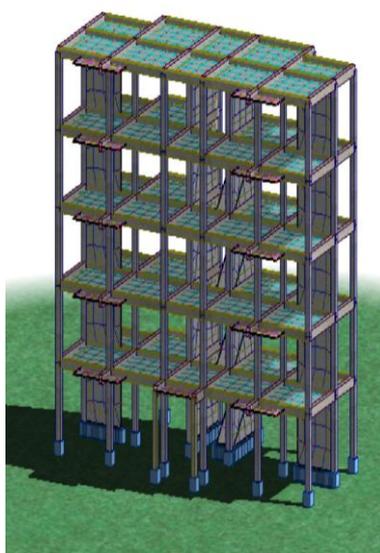
(f) 6ème position.

*Figure VI.6 : Différentes positions des voiles de contreventement.*

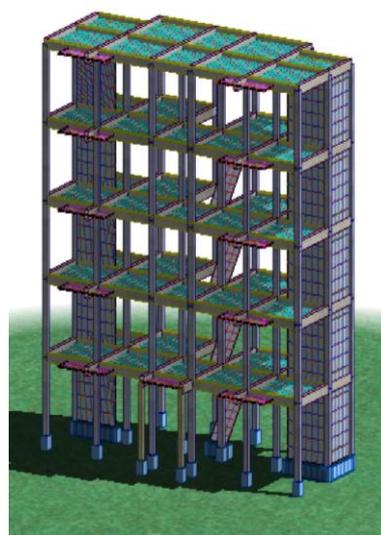
Selon le sens transversal :



(a) Position initiale.

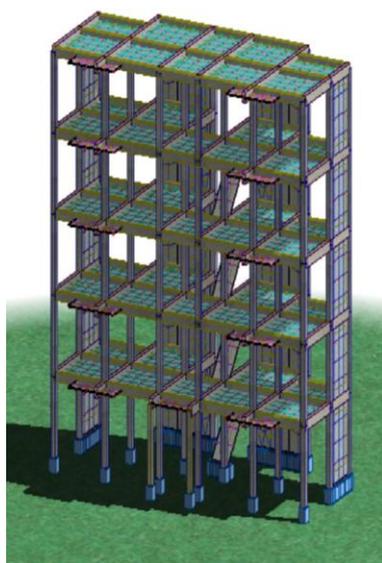


(b) 2ème position.

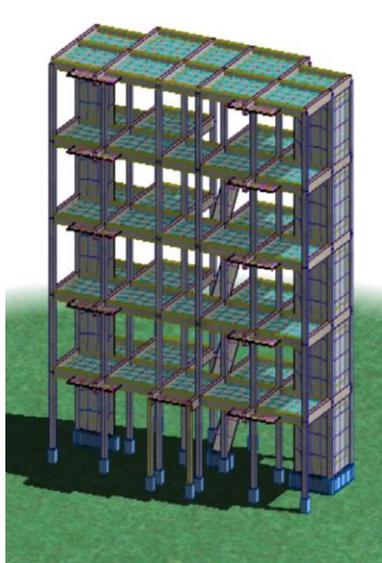


(c) 3ème position.

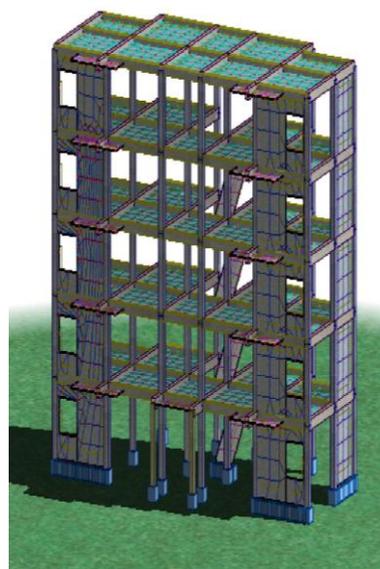
Selon le sens longitudinal :



(d) 4ème Position



(e) 5ème position.



(f) 6ème position.

*Figure VI.7 : Modèles numériques des différentes positions des voiles de contreventement.*

Les résultats en déplacement horizontal pour les 3 cas d'étude sont présentés sur la figure V.8.

Selon le sens transversal :

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(a)

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	2677
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	1790
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(b)

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	5101
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	4688
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(c)

Selon le sens longitudinal :

	UX [cm]
MAX	0,6
Noeud	755
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,6
Noeud	738
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(d)

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	2254
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	2082
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(e)

	UX [cm]
MAX	0,7
Noeud	3093
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,7
Noeud	3079
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

(f)

Figure VI.8 : Déplacement maximal  $U_x$  pour trois configurations différentes de voiles.

La largeur du joint sismique pour ces six cas est résumée dans le tableau ci – dessous :

Position des voiles	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Cas (a)	0,5	7
Cas (b)	0,5	7
Cas (c)	0,5	7

Le sens transversal

Position des voiles	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Cas (d)	0,6	8
Cas (e)	0,5	7
Cas (f)	0,7	9

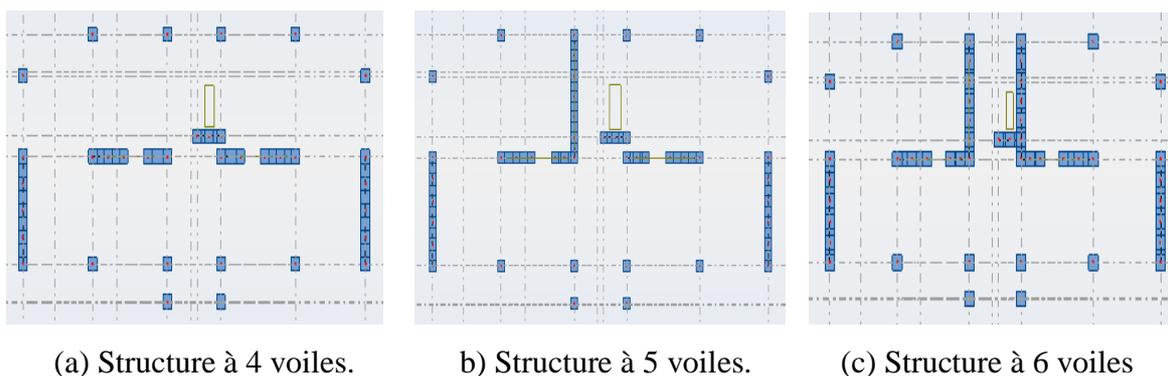
Le sens longitudinal

*Tableau VI.3 : Influence de la position des voiles sur la largeur du joint.*

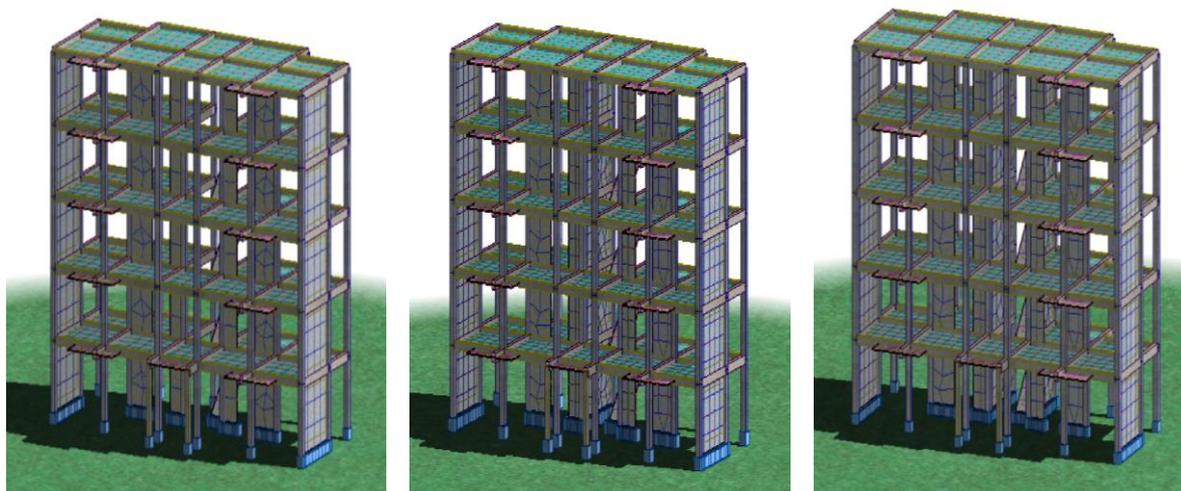
D'après les résultats du tableau ci-dessus, on note une légère variation de la largeur du joint, on remarque que la position où les voiles sont plus proches au centre de torsion (cas (b)) donne la valeur la plus petite de la largeur du joint par rapport aux autres cas.

#### VI.4.3. Influence du nombre de voiles sur la largeur du joint

Dans ce paragraphe, nous étudions l'influence du nombre de voiles dans la structure sur la largeur du joint. Nous augmentons le nombre de voiles à 06, en ajoutant 02 voiles premièrement dans le sens transversal et par la suite dans le sens longitudinal comme présenté sur la figure VI.9.



*Figure VI.9 : Différentes configurations des voiles de contreventement.*



(a) Structure à 4 voiles.

b) Structure à 5 voiles.

(c) Structure à 6 voiles

*Figure VI.10 : Modèles numériques des trois cas d'étude.*

Les résultats en déplacement horizontal pour les 6 cas d'étude sont présentés sur la figure V.11.

	UX [cm]		UX [cm]		UX [cm]
MAX	0,4	MAX	0,3	MAX	0,3
Noeud	658	Noeud	825	Noeud	827
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	
MIN	-0,4	MIN	-0,4	MIN	-0,3
Noeud	653	Noeud	815	Noeud	810
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode		Mode	

(a) Structure à 4 voiles.

b) Structure à 5 voiles.

(c) Structure à 6 voiles

*Figure VI.11 : Déplacement maximal  $U_x$  des trois cas d'étude.*

La largeur du joint sismique pour ces trois cas est résumée dans le tableau ci – dessous :

Nombre de voiles	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Cas (a) : 04 voiles	0.4	6
Cas (b) : 05 voiles	0.4	6
Cas (c) : 06 voiles	0.3	5

*Tableau VI.4 : Influence du nombre de voiles sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que l'augmentation du nombre de voiles de contreventement a influencé la largeur du joint, cette influence est plus importante dans le cas de l'augmentation de voiles dans le sens parallèle du sens du déplacement  $U_x$ , ceci s'explique par l'augmentation de la rigidité de la structure dans le sens longitudinal.

#### VI.4.4. Influence des paramètres sismiques sur la largeur du joint

##### A) Groupe d'usage :

4 modèles :

	UX [cm]
MAX	0,9
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,9
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 1

	UX [cm]
MAX	0,7
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,7
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Groupe 1B

	UX [cm]		UX [cm]
MAX	0,5	MAX	0,4
Noeud	407	Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)	Cas	17 (C) (CQC)
Mode		Mode	
MIN	-0,5	MIN	-0,4
Noeud	421	Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)	Cas	18 (C) (CQC)
Mode		Mode	

Groupe 2 Groupe 3

*Figure VI.12 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de groupes d'usage.*

La largeur du joint sismique pour ces quatre modèles est résumée dans le tableau ci-dessous :

Groupe d'usage	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Groupe 1A	0.9	11
Groupe 1B	0.7	9
Groupe 2	0.5	7
Groupe 3	0.4	6

*Tableau VI.5 : Influence de groupe d'usage sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, il est très claire que le groupe d'usage a une influence significative sur le déplacement  $U_x$  et par conséquent sur la largeur du joint sismique.

### **B) Zone sismique :**

Le territoire national est divisé en quatre (04) zones de sismicité croissante, définies sur le tableau associé qui précise cette répartition par wilaya et par commune, soit :

Zone 1 : sismicité négligeable

Zone 2A : sismicité faible

Zone 2B : sismicité moyenne

Zone 3 : sismicité élevée



A partir des résultats obtenus, on remarque que la largeur du joint sismique est proportionnelle à l'intensité de la zone sismique.

### C ) Site :

Les sites sont classés en quatre (04) catégories en fonction des propriétés mécaniques des sols qui les constituent.

**Catégorie S1** (site rocheux)

**Catégorie S2** (site ferme)

**Catégorie S3** (site meuble)

**Catégorie S4** (site très meuble)

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 1

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 2

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 3

	UX [cm]
MAX	0,5
Noeud	407
Cas	17 (C) (CQC)
Mode	
MIN	-0,5
Noeud	421
Cas	18 (C) (CQC)
Mode	

Site 4

*Figure VI.14 : Déplacement maximal  $U_x$  pour les quatre cas de site.*

La largeur du joint sismique pour ces quatre modèles est résumée dans le tableau ci-dessous :

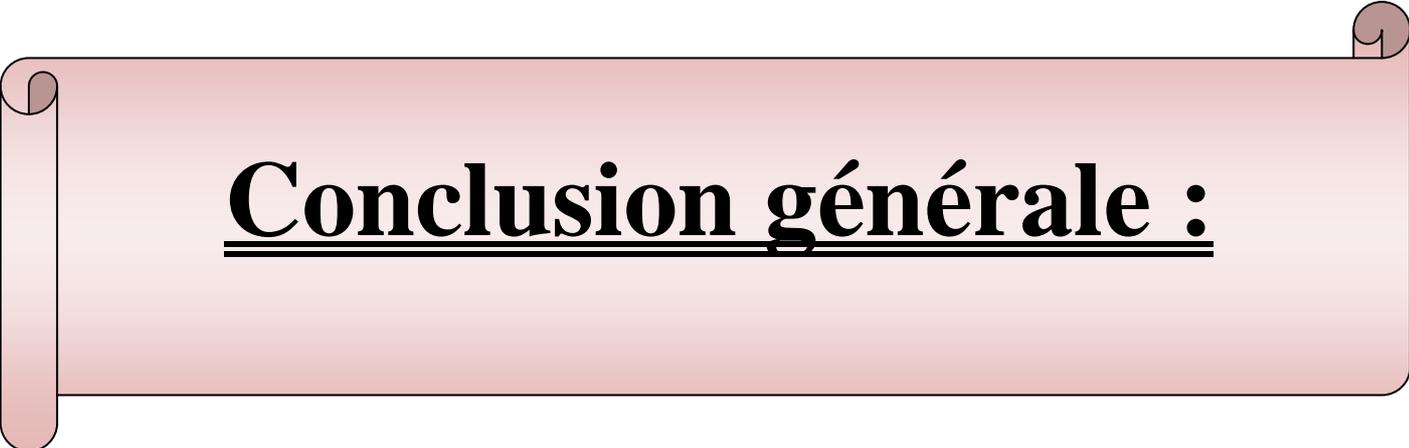
Site	Déplacement maximal $U_x$ en cm	Largeur minimale $d_{min}$ en cm
Site 1	0.5	7
Site 2	0.5	7
Site 3	0.5	7
Site 4	0.5	7

*Tableau VI.7 : Influence de site sur la largeur du joint.*

D'après les résultats du tableau ci-dessus, on remarque que les différents sites ont la même largeur et le même déplacement et par conséquent on peut conclure que la variation du site n'influence pas la largeur du joint sismique.

### VI.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons consacré nos modélisations pour des structures contreventées par une combinaison de portiques et de voiles. En premier lieu, une comparaison entre une structure en R+4 contreventée par portique et la même structure contreventée par portiques et voiles en termes de largeur de joint a été présentée. Une grande différence dans la largeur du joint a été remarquée. Par la suite une étude comparative, en variant l'épaisseur des voiles, la position et le nombre de voiles a été réalisée. Les résultats obtenus de cette étude nous ont confirmé l'influence considérable de certains paramètres sur la largeur du joint sismique.



**Conclusion générale :**

# Conclusion

Dans ce travail de fin d'études, le calcul de la largeur du joint sismique pour des structures en béton armé, en se basant sur des calculs par éléments finis en utilisant le logiciel Robot Bat permet de proposer la modélisation de structures construites dans une zone sismique. L'enjeu principal de cette série de modélisations réside dans le fait qu'il s'agit d'un problème souvent rencontré dans la phase de réalisation de ce type de projets.

Dans un premier temps, nous avons exposé brièvement les différents types de joints utilisés dans la construction. Ensuite, nous avons rappelé les différents matériaux de jonction utilisés dans le traitement des joints dans les constructions, différents types de profilés ont été également présentés.

Une attention particulière a été faite par la suite, sur la notion de joint sismique à travers la distinction entre ce dernier et les autres types de joints. Les formules utilisées pour le calcul de la largeur du joint ont été citées.

L'application du calcul de la largeur des joints sismiques pour des cas réels a porté sur la modélisation d'une structure en béton armé implantée dans la wilaya de Guelma. Dans un premier temps, nous avons calculé la largeur du joint pour une structure contreventée par portiques.

Ensuite, une étude paramétrique a été réalisée. Plusieurs paramètres tels que la hauteur de la construction et les sections des éléments porteurs ont été modifiés individuellement. Il ressort de cette étude que la variation de ces paramètres dans des fourchettes de valeurs « raisonnables » a un effet tout à fait significatif sur la largeur du joint sismique.

Dans la deuxième série de modélisations, nous avons commencé par une comparaison entre une structure contreventée par portiques et la même structure avec un contreventement mixte. Les résultats obtenus ont montrés clairement l'influence des

voiles de contreventement sur la largeur du joint sismique. Ensuite, une étude paramétrique a été réalisée. Plusieurs paramètres tels que l'épaisseur, le nombre et la disposition des voiles de contreventement ont été modifiés individuellement. Il ressort de cette étude l'influence de certains paramètres sur la largeur du joint sismique.

Finalement, plusieurs perspectives peuvent être envisagées pour ce travail. L'étude de l'influence de d'autres paramètres, tels que, la géométrie de la structure, la comparaison entre plusieurs règlements à travers la formule proposée pour le calcul de la largeur du joint sismique seront souhaitables.

# BIBLIOGRAPHIE

## LES REGLEMENTS

- [1] : BAEL 91.
- [2] : Règlement Parasismique Algérien /version 2003.
- [3] : CBA 93.

## LES LIVRES

- [1] : Joints et assemblages dans le bâtiment (Bruce martin)

## Logiciels

- [1] : ROBOT 2010
- [2] : Auto CAD 2009
- [4] : Word 2007
- [5] : Paint