

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTÉ DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE CIVIL

N° :



DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIES

FILIÈRE : GÉNIE CIVIL

OPTION : STRUCTURES

**Mémoire présenté pour l'obtention du
Diplôme de Master Académique**

Par : EL HACEN MOHAMED MAHMOUD BEDDY

Intitulé :

*SIMULATION DES PATHOLOGIES QUI PEUVENT
SURVENIR SUITE À DES AMÉNAGEMENTS
ANARCHIQUES DANS DES STRUCTURES DE
BÂTIMENTS À USAGE D'HABITATION OU AUTRE.*

JURY :

Président : Mr. **BELAOUAD Abderrachid**

Encadreur : Mr. **AMOUR AHMED**

Examineur : Mr. **SILINE Mouhammed**

Année universitaire : 2020 /2021

REMERCIEMENTS :

Tout d'abord, en tout cas et en fin Alhamdoulillah, je remercie ALLAH le tout généreux et le tout miséricordieux pour tous les bienfaits de ma vie espérant sa pitié toujours.

Je fais prière et salutation à notre prophète MOUHAMMED, à sa famille et à accompagnants que les prières et les salutations d'ALLAH soit sur eux.

Je remercie par la suite mes parents :

Ma mère la bien aimé qui m'a soutenu toujours avec pleine de passion, de patience et de prières qu'ALLAH la protège et la bénisse.

Mon père qui était et restera mon exemple suivi dans ma vie avec tout soutien et patience qu'ALLAH le bénisse et le garde.

Je remercie mon encadreur qui m'a guidé, aidé et soutenu avec pleine de générosité, gentillesse et patience Monsieur Ahmed AMOUR qu'ALLAH le bénisse et le garde.

Je remercie toute la famille universitaire (enseignants, étudiants, professionnels et ouvriers).

Je remercie toute ma promotion graduée en 2020-2021, notamment les collègues de spécialité génie civil de filière structure et spécialement mes chers frères :

- Hamoud Oumar
- Cheikh el Mami Sidi
- Alioune Bacar
- Cheikh tijani H'oueibib
- Souleyman Moutaly

Je tiens à remercier mon cher frère le bien proche mon partenaire de chambre et l'ami d'une longue durée de ma vie, qu'ALLAH garde cette fraternité avec AHMED HAMZA

En fin je remercie tous ceux qui m'ont aidé, guidé et soutenu durant toute ma vie, qu'ALLAH les bénisse et compense amine.

DEDICACE :

Je dédie ce mémoire :

D'abord à tous les plus chers qui nous ont quitté en rendant l'âme avant ma graduation : ma grand-mère paternelle FATIMETOU, mon grand-père paternel EL HACEN et mon grand-père maternel MOUHAMMED MOUSSA.

De même à ma chérie la plus proche ma bien-aimée mère, qui m'a entouré d'amour d'affection et qui fait tout pour ma réussite que dieu la garde et la bénisse.

A mon père, ma source de fierté, mon soutènement toujours et qui m'a aidé à devenir ce que je suis aujourd'hui, que dieu le garde et le protège.

A ma chère qui me guidais et guide avec ses prières sacrées grand-mère maternelle NEHAH qu'Allah la garde et bénisse.

A toute la famille BEDDY

A toute la famille MOUHAMMED VADEL (MOUHAMMEDDAL)

A toute la famille MOUHAMMED MOUSSA

Spécialement à notre groupe de 6 ingénieurs de structure qui m'a soutenu toujours et était et restera incha'allah une union de forte fraternité :

- Hamoud Oumar
- Cheikh el Mami Sidi
- Alioune Bacar
- Cheikh tijani H'oueibib
- Souleyman Moutaly
- Et moi

A toute ma promotion graduée en 2020-2021

A mon encadreur qui m'a guidé, aidé et soutenu avec pleine de générosité, gentillesse et patience Monsieur Ahmed AMOUR.

Et en fin à tous ceux qui m'ont aidé, guidé et soutenu durant toute ma vie, qu'ALLAH les bénisse et compense amine.

Résumé :

L'étude d'un bâtiment prend en considération l'hypothèse de conformité entre les modèles faits par calcul théorique et le projet réellement exécuté.

L'aménagement anarchique appelé aussi aménagement bulldozer qui se fait par les propriétaires de bâtiments sans prendre conseil et sans intervention des ingénieurs spécialisés peut engendrer des dégâts catastrophiques et imprévisibles.

Dans ce thème on va faire la simulation de certains aménagements anarchiques sur un bâtiment qui se présente par suppression des voiles de RDC afin de changer l'usage de la place qui était pour habitation pour qu'elle soit commerciale et on comparera les deux modèles (intact et transformé) en terme de contrainte et de déformation, on interprètera les différences et on fera corrélation avec des cas réels de vulnérabilité.

Mots clés : Aménagements anarchiques, vulnérabilité, aléas sismiques, cas pathologiques...

ملخص:

دراسة المشاريع تأخذ بعين الاعتبار فرضية مطابقة الحسابات النظرية لما هو منجز على أرض الواقع.

التغييرات الفوضوية المسماة بالتغييرات بالجرافة والتي يقوم بها ملاك المباني بدون استشارة أو تدخل المهندسين المختصين يمكن أن تؤدي إلى أضرار كارثية وغير متوقعة.

في هذا العمل سوف نقوم بمحاكاة بعض التغييرات الفوضوية المتمثلة في إزالة جدران القص من الطابق الأرضي لبناية وذلك من أجل تغيير استخدام المكان الذي كان سكنيا إلى استخدام تجاري ومقارنة النموذجين (الأصلي والمغير) بمعياري الضغوطات والتشوهات، سوف نحلل الفروق ونقوم بمقارنة مع حالات تضرر حقيقية.

الكلمات الأساسية: التغييرات الفوضوية، أضرار مهددة، مخاطر زلزالية، حالات الخلل الإنشائية...

Abstract:

The study of a building takes into account the hypothesis of conformity between the models made by theoretical calculation and the project actually executed.

The haphazard transformation, also called bulldozer transformation, which is done by building owners without taking advice and without the intervention of specialized engineers can cause catastrophic and unpredictable damage.

In this theme we will simulate certain anarchic arrangements on a building which are presented by removing the shear walls of the ground floor in order to change the use of the place which was for housing so that it is commercial and we will compare the two models (intact and transformed) in terms of stress and deformation, we will interpret the differences and we will correlate with real cases of vulnerability.

key words: Anarchic transformation, vulnerability, seismic hazards, pathological cases ...

“Building a culture of prevention not easy. While the cost of prevention has to be paid in the present, its benefits lie in a distant future. Moreover, the benefits are not tangible; that are the disasters that did not happen.”

-Kofi ANNAN 1999

SOMMAIRE

Introduction générale :	1
CHAPITRE I : INTRODUCTIONS GÉNÉRALES.	2
1.Généralités sur le comportement autostable des bâtiments :	2
1.1. Introduction :	2
1.2. Portiques	2
2. Conception des bâtiments à contreventement mixte :	4
2.1. Introduction à la conception des bâtiments :	4
2.2. Enjeux de la conception :	5
2.3. Contreventement par voile :	5
2.4. Forme du bâtiment :	6
2.5. Forme en plan :	6
2.6. Fragmentation en formes simples :	8
2.7. Forme en élévation :	9
2.8. Continuité du système de stabilisation :	9
2.9. Disposition des éléments de stabilisation latérale :	12
2.10. Diaphragme :	14
2.11. Fondations :	15
2.12. Éléments non porteurs	16
2.13. Implantation de l'ouvrage.	18
2.14. Exemple de conception parasismique :	19
CHAPITRE II : ALEAS SISMIQUES ET VULNERABILITES.	21
1) Introduction :	21
2.Vulnérabilités et précautions en Algérie :	23
2.1. Cadre géodynamique :	23
3.Sélection des zones sources :	26
3.1. Introduction :	26
3.2. Modèle de zones sources :	26
4.Conclusion :	33
CHAPITRE III : AMÉNAGEMENTS ANARCHIQUES.	34
1) Introduction :	34
2) Aspects juridiques :	34

3) Objectifs des transformations :.....	34
4) Illustrations typiques d'aménagements anarchiques.	37
.....	37
CHAPITRE IV : SIMULATION DES RISQUES ET VULNÉRABILITÉ SUITE À CES AMÉNAGEMENTS OPÉRÉS DANS LE BÂTIMENT ÉTUDIÉ.	41
1.Description de l'ouvrage de notre étude à l'état initial non transformé :.....	41
2.Illustration du bâtiment en plans :	41
3.Transformations réalisées : Les transformations entreprises dans le bloc	42
3.1. Au RDC :	42
3.2.À l'étage courant.....	43
4.Illustration des transformations réalisées :.....	43
5.Évaluation de la force sismique : [2].....	44
5.1. choix de méthode de calcul :.....	44
5.2. Calcul de l'effort tranchant à la base V :.....	45
5.3. Distribution de la résultante des forces sismiques :	50
5.4. Nombre de modes à considérer :.....	51
6. Simulation de structure du bâtiment par ROBOT :.....	52
6.1. Structure intacte :.....	52
6.2. Structure aménagée ou transformée :	55
7. Interprétation sommaires des résultats obtenus :	58
CHAPITRE V : CORRELATION ENTRE LA SIMULATION ET LES CAS PATHOLOGIQUES RECENSES	59
1. Corrélations :.....	63
Conclusions générales	64

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 : Modèle de distribution de force sismique	3
Figure 1-2 : Poteau court.....	4
Figure 1-3 : Formes symétriques de structures.....	7
Figure 1-4 : Formes de structures avec décrochements	7
Figure 1-5 : fragmentations en formes symétriques	8
Figure 1-6 : fragmentation en longueur d'une longue structure	9
Figure 1-7 : fragmentations en élévation par des joints parasismiques.....	9
Figure 1-8 : contreventement continu en élévation.....	10
Figure 1-9 : contreventement discontinu en élévation à éviter	10
Figure 1-10 : le système de contreventement en élévation doit être uniaxial	11
Figure 1-11 : le contreventement relatif des étages doit être uniforme.....	11
Figure 1-12 : la rigidité relative des étages doit être uniforme.	12
Figure 1-13 : le système de contreventement doit être disposé symétriquement dans le plan du bâtiment.	12
Figure 1-14 : éviter la disposition de refends induisant des actions accidentelles (torsion)	13
Figure 1-15 : Disposition optimale du noyau central.....	14
Figure 1-16 : Conception en diaphragme rigide.....	14
Figure 1-17 : les fondations superficielles, isolées ou filantes doivent être solidaires par des longrines.....	15
Figure 1-18 : scellement des éléments préfabriqués.....	17
Figure 1-19 : les faux plafonds doivent être suspendus solidairement aux planchers	18
Figure 1-20 : Mauvaise conception.....	19
Figure 1-21 : Bonne conception.	20
Figure 2-1 : Esquisse géologique du nord de l'Algérie	24
Figure 2-2 : La limite des Plaques africaines et eurasiennes entre les Açores et la Sicile.	24
Figure 2-3 : La distribution spatiale des séismes dans la partie nord de l'Algérie entre 1716-2005	25
Figure 2-4 : Deux bâtiments en voie de réalisation, même site, même conception même qualité de mise en œuvre ont subi un comportement différent.	33
Figure 3-1 : Photos prises à la cité EL Baz à Sétif dans un immeuble de 9 étages, le RDC comporte des espaces qui ne conviennent à aucune activité, nécessitant la suppression du refend entre les deux espaces.....	36
Figure 3-2 : Obturation des baies	37
Figure 3-3 : aménagement dans un logement.....	38
Figure 3-4 : Extension de la cuisine par la suppression du séchoir	39
Figure 3-5 : Extension du séjour aux dépens de la chambre.....	39
Figure 3-6 : blindage des baies.....	40
Figure 3-7 : Dissimulation des balcons et loggias.....	41

<u>Figure 4-1 : Plan RDC.....</u>	<u>42</u>
<u>Figure 4-2 : Plan étage courant.....</u>	<u>43</u>
<u>Figure 4-3 : Plans des transformations au RDC</u>	<u>44</u>
<u>Figure 4-4 : Plan de transformations aux étages courants.....</u>	<u>44</u>
<u>Figure 4-5 : Condition de non décrochement en plan et en élévation</u>	<u>44</u>
<u>Figure 4-6 : Condition de non décrochement en élévation</u>	<u>52</u>
<u>Figure 4-7 : Vue en perspective de la structure étudiée</u>	<u>52</u>
<u>Figure 4-8 : Vue de face sens transversal.....</u>	<u>53</u>
<u>Figure 4-9 : Vue de droite sens longitudinal.....</u>	<u>54</u>
<u>Figure 4-10 : Diagramme des contraintes nodales maximales.....</u>	<u>54</u>
<u>Figure 4-11 : Diagramme des déformations nodales</u>	<u>55</u>
<u>Figure 4-12 : Vue en perspective.....</u>	<u>55</u>
<u>Figure 4-13 : Vue de face.....</u>	<u>56</u>
<u>Figure 4-14 : Vue de droite.....</u>	<u>56</u>
<u>Figure 4-15-a : Illustration sous contrainte maximale-vue de face</u>	<u>57</u>
<u>Figure 4-15 b : Illustration sous contrainte maximale-vue de droite</u>	<u>58</u>
<u>Figure 5-1 : Les étages supérieurs au RDC sont complètement ruinés car relativement très vulnérables</u>	<u>59</u>
<u>Figure 5-2 : Niveau 1^{er} étage complètement rasé vue sa grande vulnérabilité.....</u>	<u>59</u>
<u>Figure 5-3 : la vulnérabilité est cette fois ci observée au niveau du 1^{er} étage</u>	<u>60</u>
<u>Figure 5-4 : le RDC a complètement disparue de par sa vulnérabilité relative aux autres étages qui ont au contraire supporté le choc sismique.....</u>	<u>60</u>
<u>Figure 5-5 : la même photos du sort d'un RDC d'un bloc similaire au bâtiment précédent.....</u>	<u>61</u>
<u>Figure 5-6 : la même photo du sort d'un RDC d'un bloc de bâtiment complètement rasé alors que les étages, comme on le voit se sont bien comporté.....</u>	<u>61</u>
<u>Figure 5-7: le même mécanisme de ruine.....</u>	<u>62</u>
<u>Figure 5-8 : RDC effondré et étages supérieurs intacts.....</u>	<u>62</u>
<u>Figure 5-9 : RDC vulnérable renforcé par colonnes métalliques</u>	<u>63</u>

LISTE DES TABLEAUX :

<u>Tableau 2-1 : Degrés de l'échelle EMS98.....</u>	<u>29</u>
<u>Tableau 4-1 : Les valeurs du coefficient d'accélération de zone 'A'</u>	<u>46</u>
<u>Tableau 4-2 : Période caractéristique.....</u>	<u>46</u>
<u>Tableau 4-3 : Valeur de ξ.....</u>	<u>46</u>
<u>Tableau 4-4 : Valeurs de C_T.....</u>	<u>47</u>
<u>Tableau 4-5 : Valeurs de R.....</u>	<u>48</u>
<u>Tableau 4-6 : Valeurs de Q.....</u>	<u>49</u>
<u>Tableau 4-7 : Valeurs de β.....</u>	<u>50</u>

Introduction générale :

Dans le cadre de notre formation Master structure en génie civil à l'université MOUHAMMED BOUDIAF – M'SILA, nous avons été guidés vers le projet de fin d'étude PFE en fin de cursus dont le but est de faire face aux enjeux scientifiques et caractère technique de situation professionnelle. Il rassemble donc toutes les qualités que les ingénieurs doivent posséder dans leur travail quotidien.

Dans notre thème on va faire simulation à des aménagements anarchiques à buts lucratifs d'un bâtiment (R+4) à usage d'habitation implanté dans la zone III à Boumerdas.

Les aménagements faits sont représentés par suppression des voiles de RDC.

Le mémoire est composé de 6 chapitres après l'introduction :

+ Chapitre I : Notions générales :

Dans ce chapitre on s'intéresse à donner une idée sur le comportement des bâtiments auto-stables et à parler de la conception des bâtiments à contreventement mixte.

+ Chapitre II : Aléas sismiques et Vulnérabilités :

Ici on passe à parler de notion des aléas sismiques, de leur zonage et de vulnérabilités probables.

+ Chapitre III : Aménagements anarchiques :

On s'occupe ici par présenter des différents types d'aménagements anarchiques avec des illustrations réelles.

+ Chapitre IV : Simulation des risques et vulnérabilité suite à ces aménagements opérés dans le bâtiment étudié :

Dans ce chapitre on fait illustration de bâtiment en plan architectural y compris les transformations.

Aussi on fait modélisation par logiciel ROROT 2010 de deux cas intact et transformé.

Des interprétations sont bien associées.

+ Chapitre V : Corrélation entre la simulation et les cas pathologiques recensés :

On fait présenter des cas réels pertinents avec vulnérabilités représentatives.

+ Chapitre VI : Conclusions générales et recommandations :

Bien sûr à la fin il y a conclusion générale de tout.

CHAPITRE I : NOTIONS GÉNÉRALES.

1. Généralités sur le comportement autostable des bâtiments :

1.1. Introduction :

Le système de stabilisation horizontale influence de manière prépondérante la réponse sismique de l'ouvrage. Dans le cadre de la construction d'un nouveau bâtiment, d'une manière générale, il est préférable d'opter pour un système porteur qui possède une certaine redondance (hyperstaticité) de façon à répartir plus favorablement les sollicitations sismiques et à éviter l'effondrement complet de la structure lorsqu'une défaillance locale survient.

Étant donné qu'il s'agit de résister à des sollicitations horizontales, les systèmes de contreventement habituels peuvent être envisagés pour la stabilisation parasismique. Ces principaux systèmes sont les suivants :

- Les voiles (appelés murs de refends ou, plus simplement refends)
- Les portiques (appelés cadres)
- Les contreventements triangulés (appelés treillis)

1.2. Portiques

Les systèmes de portiques sont adaptés pour la stabilisation latérale des ouvrages. De part dans le monde, ce sont de loin les systèmes structuraux les plus utilisés pour la stabilisation parasismique. D'une manière générale, les portiques sont des systèmes redondants, plutôt flexibles faces aux efforts latéraux, ce qui est souvent un avantage pour le comportement sismique, à part pour les grandes déformations qui y sont associées. Il faut alors que les éléments non porteurs et leurs fixations (façades, cloisons, etc.) soient suffisamment déformables pour suivre les déformations imposées par la structure. D'un point de vue architectural, les portiques permettent une grande flexibilité des espaces intérieurs car ils comportent peu d'éléments porteurs verticaux.

Avec les systèmes des portiques, il faut être extrêmement attentif aux colonnes captives¹ ou colonnes courtes. A chaque reprise, le phénomène de colonne courte est responsable d'une bonne partie des dommages sismiques. Les déformations latérales des colonnes peuvent être entravées par la structure elle-même (poutres larges et rigides, constructions sur terrain en pente, poteaux sur vide sanitaire, etc...), par une structure indépendante accolées, un élément de structure secondaire (escalier, mezzanine) mais, surtout, par des éléments non porteurs (remplissage partiel) souvent mis en place après le gros-cœur, sans consultation de l'ingénieur en structure.



Figure 1-1 : Modèle de distribution de force sismique

Colonnes captives ou colonnes courtes : les phénomènes de colonne captive et de colonne courte sont apparentés et généralement réunis sous la dénomination de « short column ». Une colonne devient captive lorsqu'elle est entravée sur une partie de sa hauteur dans ses déformations latérales par un autre élément, souvent un mur en maçonnerie. Lors d'un violent séisme, les extrémités de la partie libre de la colonne sont fortement sollicitées en flexion. La flexion est accompagnée d'un effort tranchant de la colonne est insuffisante, ce qui est inévitable si le dimensionnement est basé sur la hauteur totale, une rupture par cisaillement accompagnée de fissures caractéristiques inclinées à 45° survient.

Il faut souligner que, dans la plupart des cas, les colonnes sont entravées par des éléments non porteurs mis en place après l'intervention de l'ingénieur, fréquemment à son insu. Le problème se retrouve dans le cas colonne peu élancées. Alors que le dimensionnement ne l'a souvent pas prévu, les sections d'extrémités atteignent leur moment plastique sous les sollicitations sismiques.

Plus la longueur de la colonne est réduite, plus le gradient de moment (donc l'effort tranchant) est important. La résistance à l'effort tranchant de la colonne n'est en général pas suffisante face aux sollicitations imposées, entraînant là aussi une rupture par cisaillement accompagnée de fissures caractéristiques inclinées à 45° [1].

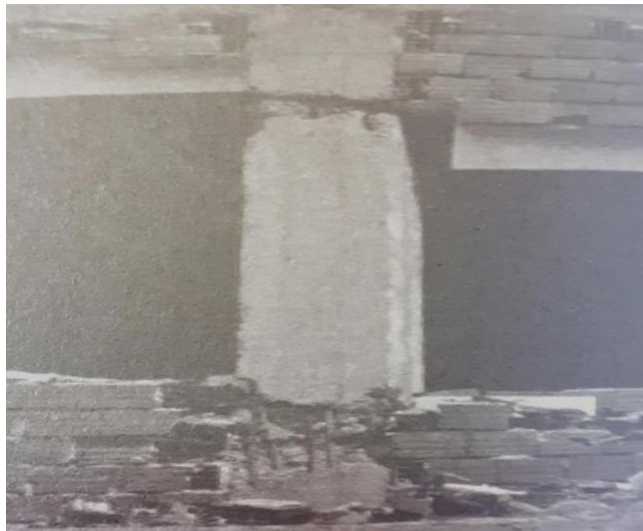


Figure 1-2 : Poteau court

2. Conception des bâtiments à contreventement mixte :

2.1. Introduction à la conception des bâtiments :

La conception est une opération familière à l'ingénieur de structures. Tout projet de construction débute obligatoirement par une phase de conception dans laquelle des choix décisifs quant aux caractéristiques principales de l'ouvrage sont arrêtés. Même si elle ne repose pas directement sur une procédure de calcul bien définie, la conception constitue l'étape cruciale du projet car c'est à ce stade que les décisions déterminantes pour le comportement de la structure vont intervenir. Dans le contexte sismique, une erreur de conception ne peut pas être rattrapée.

La conception vise à garantir un bon comportement sismique de la structure, pour y parvenir, la règle d'or est la **régularité**. En effet, les irrégularités dans la forme du bâtiment, ou dans son système porteur, ont toujours tendance à fortement amplifier les effets des séismes et à entraîner des concentrations d'efforts. Au contraire, une forme compacte et un système structural régulier assurent un cheminement clair et direct des efforts, donc un comportement favorable face aux séismes et permet à l'ingénieur de maîtriser la réponse sismique de la structure. Lors de la conception, il convient de garder à l'esprit les déficiences sismiques récurrentes, afin de ne pas répéter les mêmes erreurs.

Les éléments intervenants dans le cadre de la conception parasismique des bâtiments peuvent être regroupés dans les quatre catégories suivantes :

- La forme du bâtiment (en plan et en élévation).
- La continuité du système structural de stabilisation.
- L'insertion des éléments non porteurs.

- L'implantation du bâtiment.

2.2. Enjeux de la conception :

L'affirmation suivante résume l'importance primordiale de la conception :

Un bâtiment bien conçu et mal calculé se comportera toujours mieux face aux séismes qu'un bâtiment bien calculé, mais mal conçu.

Une bonne conception garantit une grande partie de la sécurité sismique d'un ouvrage. Idéalement, la participation de tous les spécialistes de la construction, de l'architecte à l'entrepreneur, en passant par l'ingénieur en structures et le géotechnicien, est nécessaire dès le stade de la conception pour assurer un comportement sismique favorable du bâtiment. Étant donné que des décisions d'apparence anodine, comme la mise en place à la fin des travaux de murs de remplissage en maçonnerie, peuvent entraîner l'effondrement de la structure entière, un travail d'équipe est absolument indispensable dès les premières esquisses [1].

2.3. Contreventement par voile :

La stabilisation latérale des bâtiments par des voiles (refends) est une bonne solution. Les voiles sont habituellement en béton armé ou en maçonnerie (à proscrire si non armé). Ils peuvent également être en bois, plus rarement en acier.

- Certains types de voiles :

Voiles en béton armé :

Les voiles en béton armé sont très bien adaptés aux sollicitations sismiques. En effet, de nombreuses observations post-sismiques ont relevé la très bonne tenue des bâtiments avec des voiles en béton armé. Même sans précaution particulière, les voiles en béton armé sont efficaces car ils ont une certaine ductilité et leur rigidité limite les déformations du bâtiment. Par ailleurs, ces éléments peuvent aisément être conçus de manière ductile, les déformations plastiques se concentrent à la base du voile. Il faut favoriser un comportement contrôlé par la flexion avec un élancement suffisant et, surtout, éviter toute rupture non ductile comme celle contrôlée par l'effort tranchant.

En général, deux voiles élancés en béton armé par direction suffisent à garantir la stabilisation latérale des bâtiments. Il s'agit d'une méthode de stabilisation largement en Europe septentrionale.

Voiles en maçonnerie :

Bien que la maçonnerie est certainement le matériau de construction le plus répandu dans le monde, non armé ce n'est pas un matériau adapté à des fortes sollicitations sismiques car elle associe une grande rigidité à une faible capacité de déformation.

Ses performances sismiques peuvent être notablement améliorées par chaînage ou l'adjonction d'une armature. Constructivement, il faut disposer une armature horizontale dans les lits et une armature verticale renforcée aux extrémités. Une telle armature permet d'éviter les glissements entre les joints d'assise et d'assurer une certaine capacité de déformation.

Idéalement, et conformément aux prescriptions de la plupart des normes sismiques, seule la maçonnerie armée devrait être utilisée dans les régions sismiquement exposées, mais malheureusement en pratique, ce n'est pas la règle générale [1].

- Contreventement mixte (voiles + portiques)

Les voiles de contreventement doivent reprendre au plus 20% des sollicitations dues aux charges verticales. Avec justification d'interaction portique-voile.

Les charges horizontales sont reprises conjointement par les voiles et les portiques proportionnellement à leurs rigidités relatives ainsi que les sollicitations résultant de leur interaction à tous les niveaux.

Les portiques doivent reprendre, outre les sollicitations dues aux charges verticales, au moins 25% de l'effort tranchant d'étage [2].

2.4. Forme du bâtiment :

La forme du bâtiment est primordiale car elle influence fortement la réponse d'ensemble de l'édifice aux sollicitations sismiques. Pour un bon comportement sismique, il faut tendre vers des formes simples, compactes et régulières, tant en plan qu'en élévation. Les formes complexes engendrent des vibrations de torsion et des vibrations localisées qui vont se traduire par des déformations accentuées et entraîner des concentrations locales des efforts. La fragmentation des formes complexes en plusieurs formes simples par des joints parasismiques est un remède efficace pour éviter ces dangereuses oscillations perturbatrices. Il faut également vers une répartition régulière des caractéristiques structurales sur la hauteur du bâtiment. Une répartition non uniforme des masses, ou de la rigidité, provoque des oscillations différentielles qui engendrent des concentrations d'efforts précisément au droit des changements structuraux. Les sollicitations supplémentaires dues aux irrégularités de forme du bâtiment peuvent entraîner des ruines localisées, voire l'effondrement complet de l'édifice [1].

2.5. Forme en plan :

La forme en plan doit être compacte et régulière. Les formes symétriques conviennent particulièrement bien en raison de leurs nombreux axes de symétrie faisant coïncider les centres de masse (M) et de cisaillement (S), caractéristique hautement bénéfique car elle évite le problème de la torsion qui entraîne une augmentation des efforts et des déformations dans les éléments de la structure.

Par ailleurs, il faut prendre garde aux parties saillantes ou rentrantes ainsi qu'aux évidements.

Un tel type de configuration engendre des oscillations différentielles entre les parties du bâtiment dont la rigidité est différente et entraîne des concentrations d'efforts. Les parties dont la rigidité est plus faible (qui ont le moins de profondeur suivant la direction de la sollicitation) se déforment plus que les parties plus rigides. Les efforts se concentrent alors là où les déformations différentielles apparaissent [1].

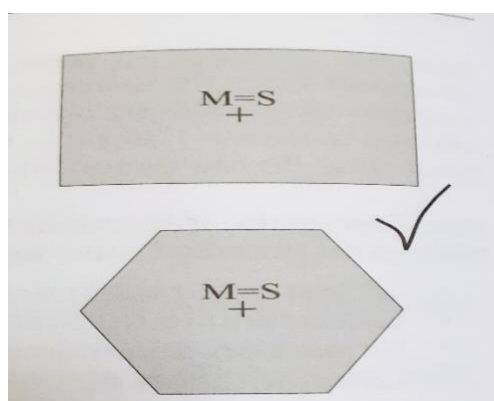


Figure 1-3 : Formes symétriques de structures

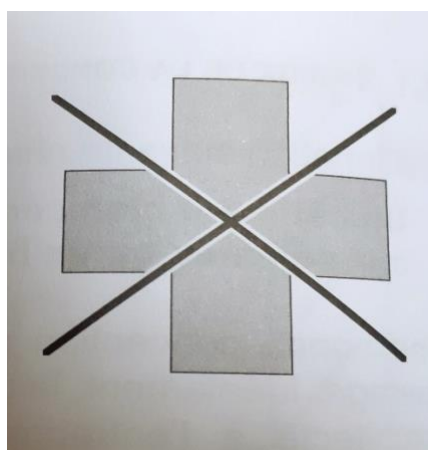


Figure 1-4 : Formes de structures avec décrochements

2.6. Fragmentation en formes simples :

Le comportement sismique est notablement amélioré si une forme complexe est fragmentée en plusieurs formes plus compactes par l'introduction de joints parasismiques. La séparation en formes compactes permet d'annuler toute excentricité entre les centres de cisaillement et les centres de masse, les sollicitations sismiques agissant alors au centre de masse de chaque de chaque fragment de bâtiment. Les joints parasismiques doivent être suffisamment larges pour que les blocs voisins n'entrent pas en collision au cours de leur mouvement. Ils doivent être disposés sur un même plan, sans décrochement (ni en plan, ni en élévation). Les joints doivent couper les éléments le plus perpendiculairement possible pour éviter des angles trop biais. Par ailleurs, en général les joints parasismiques ne sont pas prolongés dans les fondations. Il faut noter que pour assurer leur fonction, il faut absolument qu'ils restent vides de tout matériau [1].

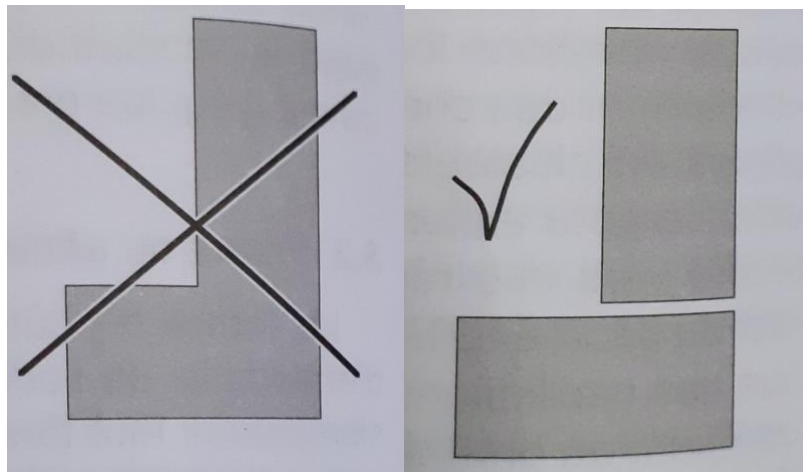


Figure 1-5 : fragmentations en formes symétriques

Une réflexion similaire concerne les formes très allongées. Les déplacements dus aux séismes ne peuvent alors plus être considérés comme uniformes dans le cas des longues structures dont le rapport longueur/largeur est supérieur à 3. Une longue construction peut subir des déplacements différentiels sur sa longueur. Ces déplacements différentiels engendrant un accroissement important des sollicitations, il est conseillé de fragmenter le bâtiment en plusieurs parties (rapport longueur/largeur inférieur à 3) et de les séparer au moyen de joints parasismiques [1].

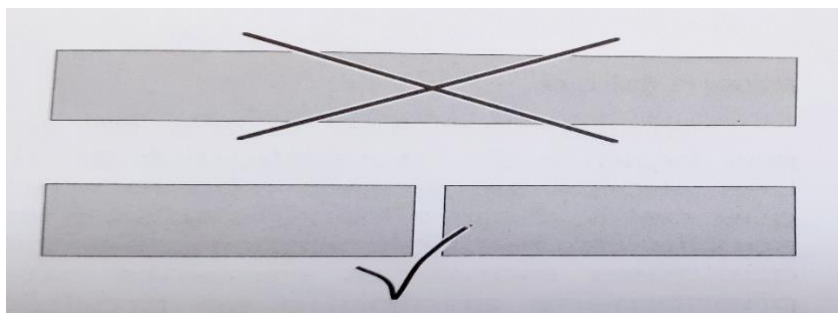


Figure 1-6 : fragmentation en longueur d'une longue structure

2.7. Forme en élévation :

D'une manière générale, les formes en élévations les plus favorables d'un point de vue sismique sont les formes continues et régulières. Toute discontinuité des caractéristiques structurales sur la hauteur du bâtiment provoque des oscillations différentielles qui engendrent des concentrations des efforts précisément au droit des discontinuités. Une variation progressive de la section sur la hauteur du bâtiment est nettement préférable du point de vue sismique. La fragmentation de la forme discontinue en plusieurs formes continues au moyen de joints parasismiques est assurément la meilleure solution [1].

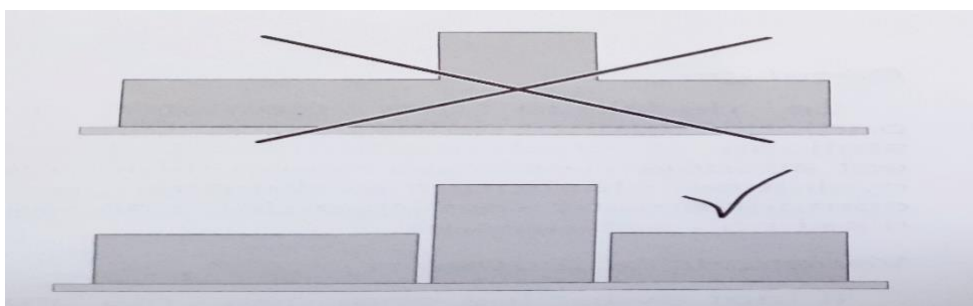


Figure 1-7 : fragmentations en élévation par des joints parasismique

2.8. Continuité du système de stabilisation :

En dehors de la forme en élévation de l'enveloppe du bâtiment, il faut veiller à la régularité et à la continuité de la stabilisation latérale. Bien que le système de contreventement ne ressorte pas toujours clairement de la forme du bâtiment c'est pourtant lui qui va déterminer la réponse sismique de l'édifice. Dans ce sens, toute discontinuité de la stabilisation latérale défavorable du point de vue sismique [1].

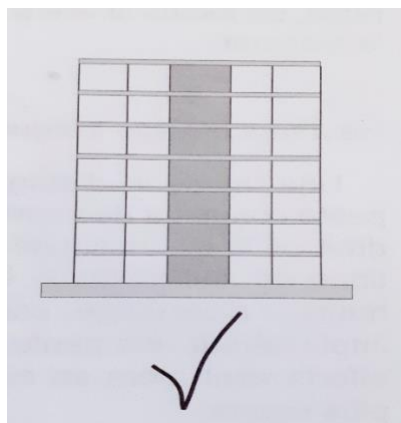


Figure 1-8 : contreventement continu en élévation

- Interruption :

L'interruption des voiles au rez-de-chaussée est le cas typique de discontinuité de la stabilisation latérale. Les dégâts sismiques fréquemment constatés montrent que cette disposition conduit inexorablement à l'étage souple car les sollicitations se concentrent alors sur les quelques éléments restants au rez-de-chaussée. Un phénomène analogue se produit si l'interruption intervient à un autre étage ; qu'il s'agisse d'un voile ou d'une colonne [1].

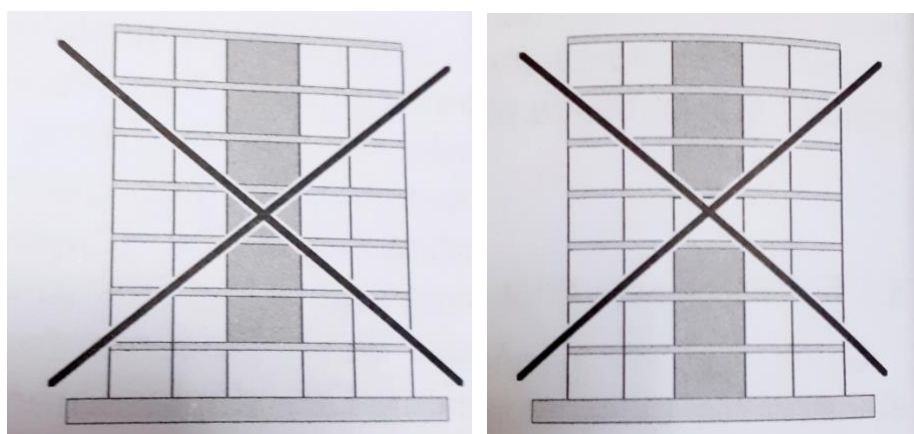


Figure 1-9 : contreventement discontinu en élévation à éviter

- Décalage :

Le décalage des éléments de stabilisation est particulièrement défavorable. Bien qu'admis dans le cas statique, le cheminement tortueux des charges qui lui est associé n'est pas compatible avec des sollicitations cycliques, plastiques et dynamiques. Par conséquent, le comportement sismique des contreventements décalés n'est pas satisfaisant [1].

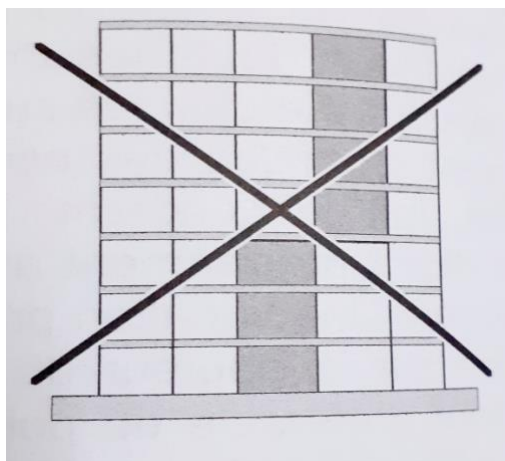


Figure 1-10 : le système de contreventement en élévation doit être uni axial

- Variations brusques :

Il faut éviter les changements brusques des caractéristiques dynamiques. Une réduction abrupte de la rigidité des éléments aura pour conséquence une concentration des efforts au droit du saut de rigidité. Une variation progressive de la rigidité est nettement préférable, du moins si elle s'opère avec une diminution vers le sommet [1].

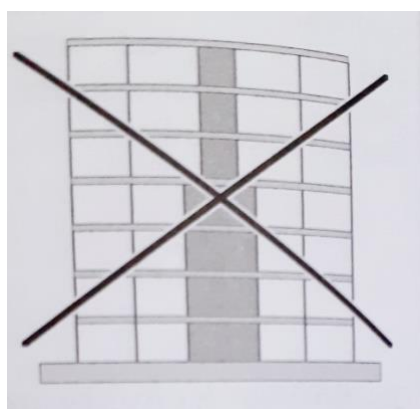


Figure 1-11 : le contreventement relatif des étages doit être uniforme.

- Hauteurs d'étage irrégulières

Une hauteur d'étage inhabituellement grande ou petite conduit à des variations brusques de la rigidité au droit de la discontinuité et y engendrent des concentrations des sollicitations. Une variation progressive de la hauteur d'un étage, comme dans le cas d'un bâtiment implanté sur une pente vont alors se concentrer dans les éléments les plus courts [1].

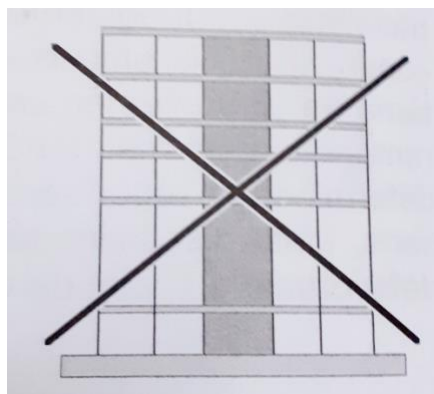


Figure 1-12 : la rigidité relative des étages doit être uniforme.

2.9. Disposition des éléments de stabilisation latérale :

D'une manière générale, les éléments de stabilisation doivent être disposés de façon à conférer à la construction grande rigidité à la torsion. Il faut donc tendre vers un arrangement aussi symétrique que possible et privilégier les emplacements à la périphérie, en façade ou près des façades, pour profiter d'un grand bras de levier. La translation des éléments suivant leur axe n'affectant ni la position du centre de cisaillement ni la rigidité à la torsion, d'autres critères peuvent intervenir dans le choix de leur emplacement. Dans le cas habituel de dalles de plancher en béton armé, il convient, par exemple, de considérer les efforts différés (retrait et fluage). Les éléments de stabilisation créant des points fixes, il est préférable de les disposer en regard l'un de l'autre pour limiter l'entrave aux déformations des dalles et éviter ainsi la formation de fissures de retrait [1].

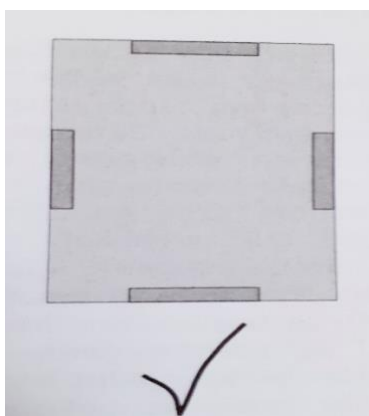


Figure 1-13 : le système de contreventement doit être disposé symétriquement dans le plan du bâtiment.

- Résistance à la torsion

Une excentricité entre le centre de masse et le centre de cisaillement ajoute des sollicitations de torsion aux efforts horizontaux. La torsion amplifie les déformations subies par les éléments de la construction. Plus l'élément est éloigné du centre de cisaillement, plus les déformations sont

amplifiées. Lorsque les déplacements ainsi engendrés dépassent la capacité de déformation des éléments de structure (des colonnes, par exemple) ces derniers se rompent et, perdant leur capacité portante, entraînant l'effondrement du bâtiment. En cas de disposition asymétrique des éléments de stabilisation latérale, le centre de rigidité ne coïncide pas avec le centre de masse et le phénomène de torsion apparaît naturellement. Cependant, même si le centre de cisaillement et le centre de masse sont confondus, il faut considérer la torsion car une excentricité accidentelle, due à une variation des caractéristiques (dimensions, masses, charges utiles, etc.), ne peut pas être exclue. Pour cette raison, il convient de conférer à la structure, dans tous les cas, une grande rigidité à la torsion [1].

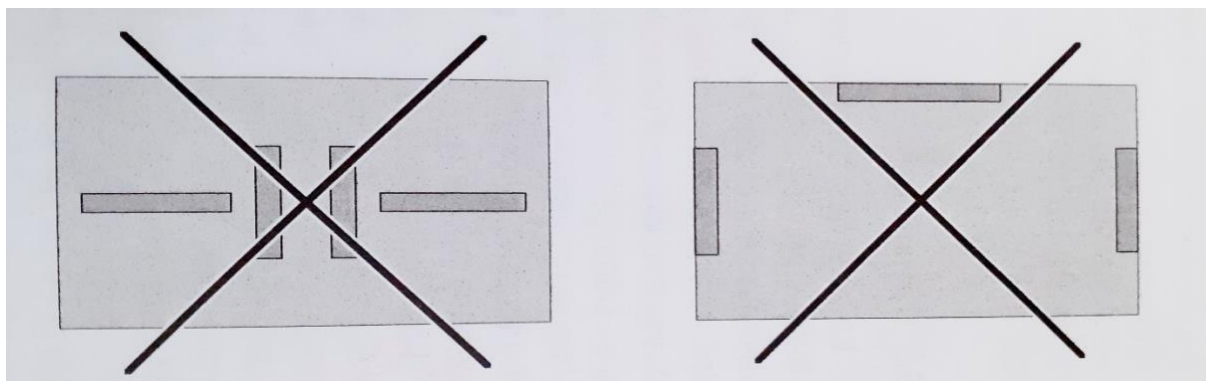


Figure 1-14 : éviter la disposition de refends induisant des actions accidentelles (torsion).

- Noyaux et cages d'escalier

Les noyaux et les cages d'escalier couvrent habituellement toute la hauteur du bâtiment de manière ininterrompue, propriété bénéfique du point de vue parasismique. Généralement constitués de parois rigides en béton armé ou en maçonnerie, ils conviennent à la stabilisation horizontale. Il faut cependant s'assurer qu'ils ne comportent pas trop de percements qui limiteraient leur efficacité. Concernant la torsion du bâtiment, il faut respecter les règles générales énoncées ci-dessus. Ainsi, un petit noyau central n'assure pas une assez grande rigidité à la torsion et il faut prendre garde aux noyaux excentrés car, en raison de leur rigidité importante, ils vont attirer le centre de cisaillement et engendrer une excentricité avec le centre de masse.

Il faut également relever le cas fréquent où le noyau ne forme pas une section fermée mais plutôt une section ouverte en forme de C ou L. Ces sections peuvent être utilisées, mais elles possèdent une faible ductilité dans le sens de leur axe faible. Un renforcement d'extrémité des ailes permet d'améliorer la ductilité de ce type de section en limitant la pénétration de l'axe neutre dans la section [1].

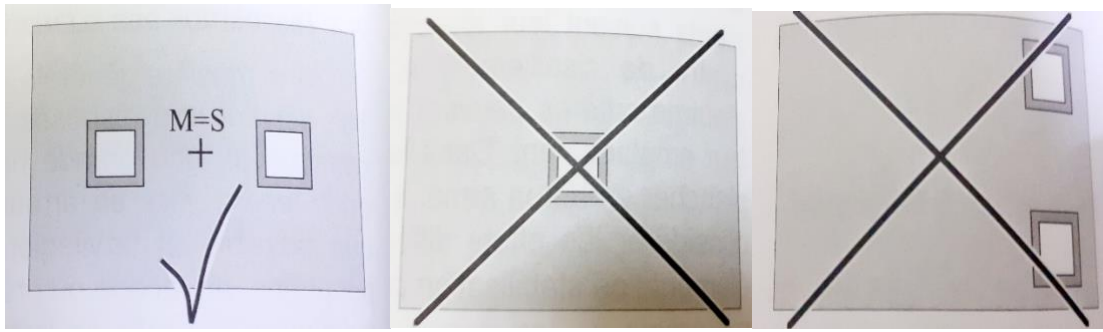


Figure 1-15 : Disposition optimale du noyau central.

2.10. Diaphragme :

Le rôle des diaphragmes est de transmettre les charges horizontales aux éléments verticaux de contreventement et de raidir le bâtiment. La transmission doit être la plus uniforme possible pour ne pas surcharger un élément en particulier et l'amener à la rupture. Dans ce but, le diaphragme doit être, dans son plan, plus rigide que les éléments verticaux de la stabilisation et, évidemment, une bonne liaison doit être assurée entre eux.

Les diaphragmes sont des éléments plans, rigides, horizontaux ou inclinés, tels que les dalles, planchers, toitures, etc. La rigidité du diaphragme dépend principalement du matériau dont il est constitué diaphragmes percés de grandes ouvertures sont à éviter car ils sont trop flexibles.

Dans le cas de diaphragmes constitués d'éléments préfabriqués, il faut prêter une attention particulière à l'ancrage et à la solidarisation des éléments constitutifs, par exemple à l'aide d'une armature appropriée (longueur d'ancrage majorée, armature de continuité, etc.). L'effondrement de ce type de plancher par perte d'appui est un dommage sismique fréquemment constaté [1].

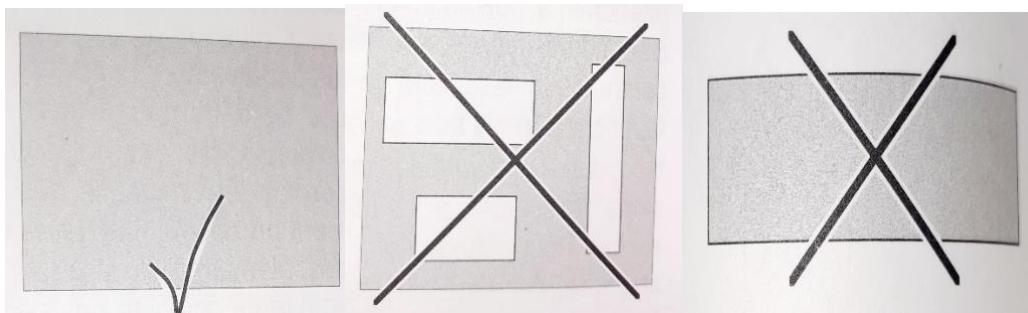


Figure 1-16 : Conception en diaphragme rigide.

2.11. Fondations :

La conception parasismique d'un ouvrage doit se tendre à celle de ces fondations. D'une manière générale, les fondations doivent transmettre les efforts de la structure porteuse au sous-sol sans subir de plastification. Dans ce but, il faut privilégier un système de fondation homogène. Par ailleurs, étant donné que les sollicitations sismiques proviennent du sol, la solidarisation des points d'appui de la structure est indispensable pour s'opposer à leur déplacement relatif dans le plan horizontal. La solidarisation peut être assurée par des longrines, des semelles filantes ou un radier, voire par le plancher d'un vide sanitaire. Les fondations peuvent être classées en deux catégories : les fondations superficielles et profondes. Evidemment, quel que soit le type de fondation, il faut garantir une bonne liaison entre la structure porteuse et les éléments de fondation.

- **Fondations superficielles :**

Les fondations superficielles comprennent les semelles isolées (sous les colonnes), les semelles filantes (sous les murs) et les radiers. Ce type de fondations est indiqué uniquement en présence de sols de bonne qualité, compacts et homogènes. Un radier général permet d'éviter les problèmes de tassements différentiels. Néanmoins, si la nature et les caractéristiques du sol varient fortement sous l'étendu du bâtiment, il peut être avantageux d'opter pour une fragmentation du bâtiment (par des joints parasismiques) avec des blocs de fondation distincts. Dans le cas de semelles isolées ou de semelles filantes, il importe que les éléments de fondation soient solidaires pour résister aux actions sismiques. La solidarisation est généralement réalisée à l'aide de longrines.

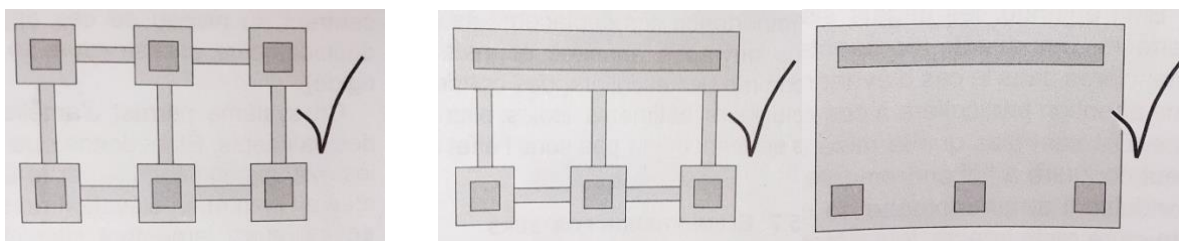


Figure 1-17 : les fondations superficielles, isolées ou filantes doivent être solidaires par des longrines.

- **Fondations profondes :**

Les pieux et les micropieux constituent les fondations profondes les plus courantes. Les parois moulées peuvent parfois offrir une solution pour les cas difficiles. Ce type de fondation s'impose lorsque les couches supérieures du terrain sont de qualité médiocre. Les pieux appuyés en pointe sont parfaitement indiqués pour les sollicitations sismiques. En revanche, les

pieux flottants doivent être évité car des défaillances sismiques allant jusqu'à leur arrachement ont souvent été constatées. Toutefois, si les charges verticales ne posent pas de problème, les pieux présentent une faible résistance aux charges horizontales. Par conséquent, il convient d'encastrement le bâtiment dans le sol pour limiter les déformations horizontales des têtes des pieux.

- Isolation sismique

L'isolation sismique représente l'option extrême dans laquelle la structure est séparée du sol afin de la préserver des mouvements sismiques. Cette solution présente l'avantage de limiter drastiquement les dommages que la structure subira lors d'un séisme. D'une manière générale, elle peut être envisagée pour des ouvrages spéciaux et vulnérables comme les monuments historiques, par exemple, ou pour garantir l'utilisation des bâtiments importants après un séisme (hôpitaux, bâtiment des services du feu, poste de police, etc.). Concrètement, l'isolation sismique consiste à introduire des appareils d'appuis dont la rigidité horizontale est nettement plus faible que celle de la structure sus-jacente. Les appuis sont généralement placés entre les fondations et la superstructure, entre le sous-sol et le rez-de-chaussée ou encore, entre le rez-de-chaussée et le premier étage. Les déplacements induits par le tremblement de terre se concentrent au niveau de ces appuis, conçus pour pouvoir absorber d'importants déplacements, et la structure se déplace d'un bloc (il faut s'assurer qu'elle soit bien rigide).

Ce système permet d'améliorer substantiellement le comportement sismique des bâtiments. Etant donné que la structure n'est plus que faiblement sollicitée par les mouvements induits par le séisme, non seulement les restrictions sur les formes en plan et en élévation ne sont plus aussi strictes, mais le dimensionnement en est aussi largement simplifié (dimensionnement élastique). Cependant, vu l'importance des déplacements de l'ensemble de la structure, il faut dimensionner les ouvrages annexes et installations reliant la structure à l'espace extérieur, comme des escaliers, des conduites de gaz, etc., en conséquence. Par ailleurs, si plusieurs bâtiments isolés sismiquement se côtoient, il faut s'assurer qu'ils ne s'entrechoquent pas sous l'effet de grands déplacements [1].

2.12. Éléments non porteurs

Bien entendu, les dégâts sismiques concernent également les éléments non porteurs. Ces dégâts représentent même la majorité, sinon la totalité, des pertes financières dans le cas d'évènement modérés. Il s'agit par conséquent d'accorder une attention particulière à ces éléments dans le cadre de la conception parasismique. D'autant plus que la mise en place malencontreuse d'éléments non porteurs peut conduire à l'effondrement de la construction (remplissage partiel de portique conduisant au phénomène de colonne captive, par exemple) et que, même si la

structure reste intacte, leur défaillance peut mettre des vies en péril (chute de faux-plafonds, par exemple). D'une manière générale, les éléments non porteurs (dans le sens horizontal) doivent s'accommoder, sans défaillance, des déformations imposées lors des sollicitations sismiques.

- Façades :

Lors d'un tremblement de terre, la chute de pans de façade peut provoquer d'importants dégâts, obstruer les voies d'accès pour les secours et même entraîner la mort des personnes se trouvant dans la rue. Par conséquent, les éléments de façade doivent non seulement être fixés verticalement, mais aussi horizontalement afin de pouvoir encaisser les déformations dues aux séismes. Dans le cas de structures flexibles comme les portiques (en acier ou en béton armé), des façades légères et déformables sont indiquées. Ces peuvent être constitués par des éléments de protection et d'isolation thermique fixés à la structure porteuse. Ces éléments peuvent être composés de barrages verticaux ou horizontaux en tôles ondulées, des parements en béton ou de plaques en verre et d'un système d'isolation thermique.

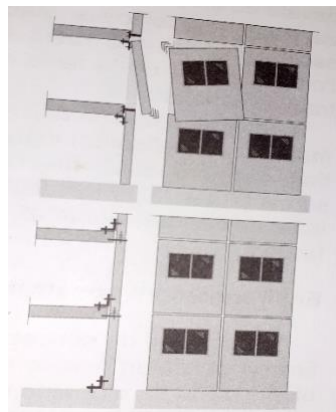


Figure 1-18 : scellement des éléments préfabriqués.

- Faux-plafonds :

Les faux-plafonds et les éléments similaires doivent être bien armés aux éléments de structure pour qu'ils ne s'écroulent pas lors d'un tremblement de terre en mettant la vie des occupants en danger. La conception des fixations doit tenir compte des efforts engendrés par les accélérations et les oscillations tant verticales (soulèvement) qu'horizontales. En particulier, il faut prévoir des longueurs d'appui suffisantes pour les éléments appuyés.

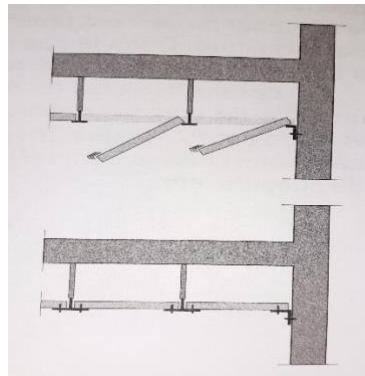


Figure 1-19 : les faux plafonds doivent être suspendus solidairement aux planchers

2.13. Implantation de l'ouvrage

En amont de la conception de la structure, des considérations sismiques peuvent déjà intervenir dans le choix de l'implantation de la construction. Ces considérations concernent d'une part le sous-sol et, d'autre part, l'environnement construit à proximité de l'édifice projeté.

- Sous-sol

Pour le sous-sol, en premier lieu, il faut éviter d'implanter l'ouvrage sur une faille ou dans ses alentours immédiats. Cela paraît évident mais, en fait, il est rare de connaître l'emplacement de la faille avec précision. Par exemple, lors du séisme d'Izmir en 1999, dans la ville de Gölcük, la faille a directement traversé une base navale de l'armée turque causant l'effondrement de plusieurs bâtiments et la mort de nombreux officiers avec, pour conséquence, la désorganisation totale des secours de la ville dans les premières heures après l'événement. A Gölcük, l'emplacement de la faille n'était pas connu dans cette zone et était supposé se trouver dans la mer.

A côté du risque lié à la rupture d'une faille en surface, il faut éviter les emplacements potentiellement instables en cas de secousses sismiques. Parmi les conditions dangereuses, il faut citer : les terrains en pente susceptibles de subir des glissements, les talus instables, les bords de falaises pouvant subir des éboulements et, bien sûr, les terrains meubles saturés sujets à la liquéfaction.

- Environnement construit :

Si les règles de conception traitées jusqu'ici ont pour objectifs de conférer à l'édifice concerné un bon comportement sismique, il faut également considérer le problème dans la globalité et tenir compte des autres constructions à proximité. En effet, la nouvelle construction n'est généralement pas isolée et son intégrité peut être mise à mal par l'effondrement d'un bâtiment voisin vulnérable ou bien par l'entrechoquement avec des bâtiments limitrophes. D'une

manière générale, un bâtiment neuf ne doit pas avoir de mur commun avec une construction existante. Si le bâtiment projeté est proche de bâtiments existants, il faut les séparer par un joint parasismique. Dans le cas où des bâtiments manifestement vulnérables se situent à proximité, il convient de renforcer le mur limitrophe pour résister aux chocs.

L'accessibilité et les réseaux utilitaires sont également des éléments qui entrent en ligne de compte dans la considération de l'environnement de l'ouvrage. Des voies d'accès et des réseaux vulnérables ne sont pas acceptables pour les bâtiments classés comme vitaux après un événement sismique (hôpitaux, centres de secours, etc.) [1].

2.14. Exemple de conception parasismique :

L'exemple fictif du bâtiment ci-contre permet de mettre en pratique les principes fondamentaux de la conception que l'on vient de voir. La première proposition comporte les défauts suivants :

- Les voiles internes ne sont pas continus sur la hauteur.
- Un voile interne a une variation brusque à mi-hauteur.
- La disposition des éléments n'est pas symétrique car concentrée vers la façade à droite.
- Les murs de la cage d'escalier ont trop de percements.
- Les hauteurs d'étage sont irrégulières.
- Un voile en forme en L peu compatible avec une grande capacité de déformation.

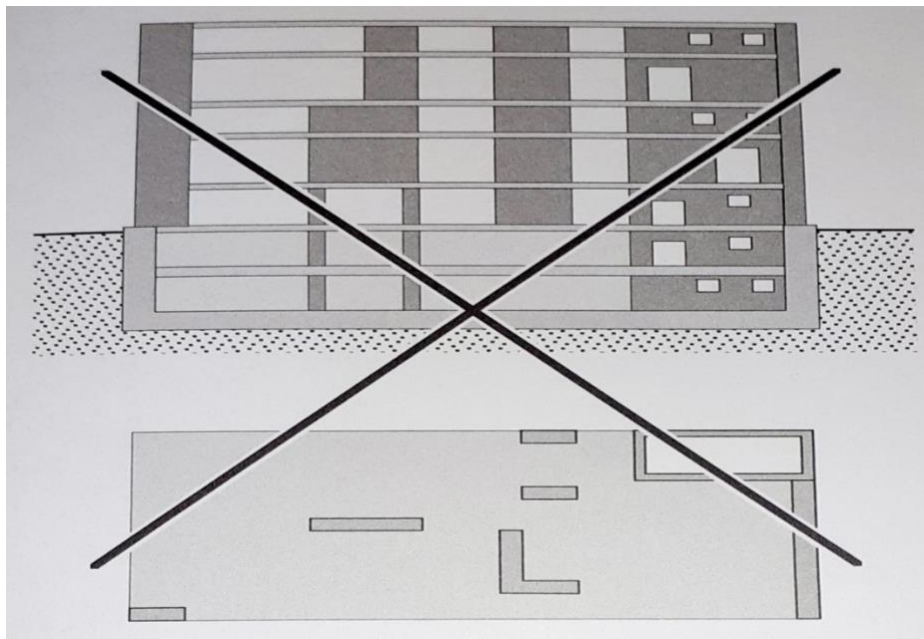


Figure 1-20 : Mauvaise conception.

Le comportement sismique de ce bâtiment peut être sensiblement amélioré moyennant quelques modifications. Tout d'abord, les voiles sont simplifiés, prolongés jusqu'au radier et redistribués de manière symétrique pour éviter les problèmes de torsion. La cage d'escalier n'intervient pas dans le contreventement. Enfin, les hauteurs d'étage sont uniformisées pour favoriser un comportement dynamique sain.

La conception améliorée est nettement plus favorable du point de vue sismique. Le système de contreventement, bien que simplifié, est plus performant car il assure un cheminement clair et direct des efforts jusqu'aux fondations. Il faut noter que l'application des principes fondamentaux de la conception parasismique conduit à un bâtiment plus simple sans pour autant nuire à sa fonctionnalité.

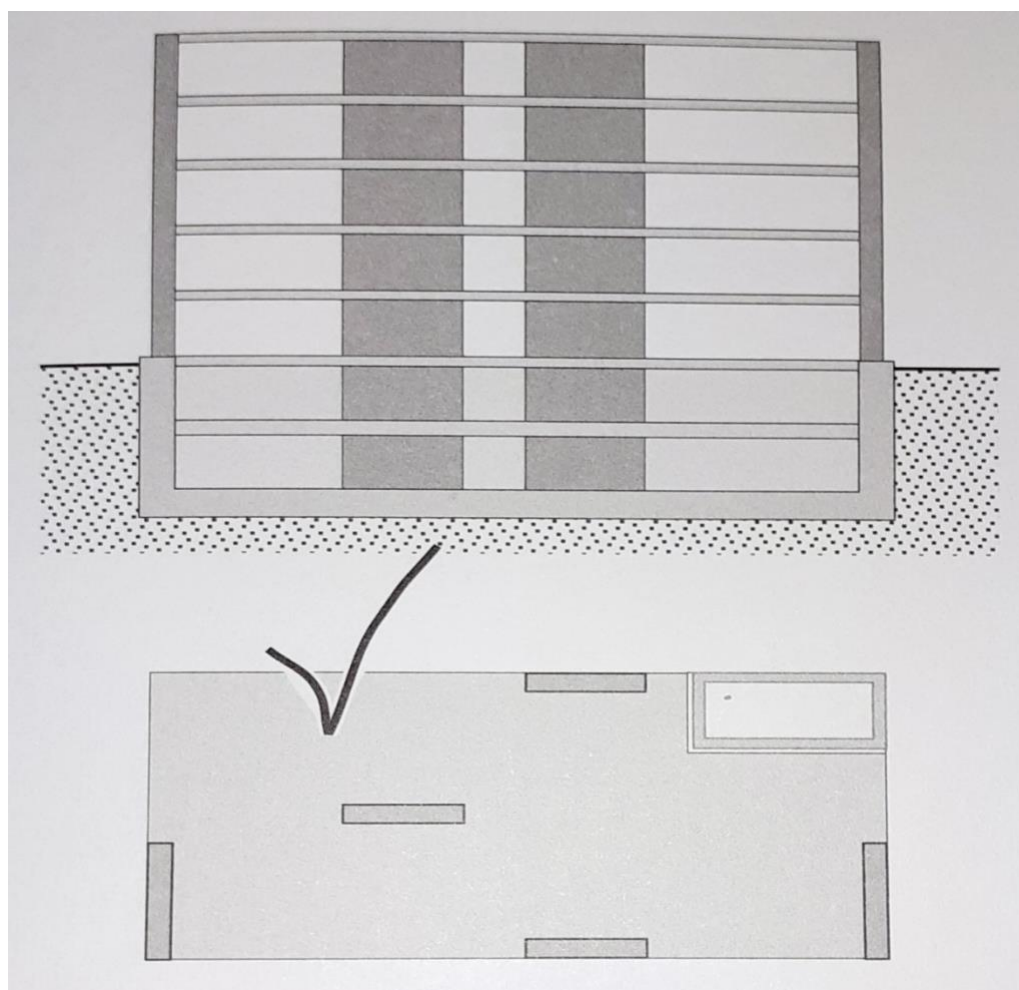


Figure 1-21 : Bonne conception.

CHAPITRE II : ALEAS SISMIQUES ET VULNERABILITES.

1) Introduction :

Compte tenu de sa localisation dans une zone de convergence de plaques, l'Algérie est une région à forte sismicité. Au cours de son histoire, de nombreux séismes violents se sont produits. Parmi ces séismes, nous pouvons citer qui ont touché Alger (1716), Oran (1790), Gouragya (1891). Dans une période plus récente, d'autres séismes se sont manifestés tout au long de la chaîne Atlas Tellienne. Parmi les plus notables, le séisme d'Orléans ville(1954), d'El Asnam(1980), de Constantine(1985) et celui de Boumerdes du 21 Mai 2003 qui a provoqué des dégâts considérables et la mort de plus de 2400 personnes. Ces événements attestent le caractère actif de l'activité sismique sur la partie Nord de l'Algérie.

L'aléa sismique permet d'évaluer la probabilité pour une région ou un site donné de subir un séisme et d'estimer le niveau de danger pour les populations et les infrastructures.

L'aléa sismique est donc la probabilité qu'un séisme destructeur se produise dans une région donnée pendant une période donnée. Il ne doit pas être confondu avec le risque sismique qui est la probabilité qu'un séisme engendre des destructions et fasse des victimes.

Par conséquent, l'estimation de l'aléa sismique en Algérie est ainsi indispensable. Dans ce cadre, plusieurs études et travaux de recherches ont été élaborés pour l'évaluation de l'aléa sismique en Algérie par l'application des méthodes déterministe et probabiliste. Citons par exemple, les travaux de Mortgat et shah (1979), Hamdache (1998-2006), Bouhadad (2002,2004), Ayadi (2002,2003), Aoudia (2000), Benouar (1994, 1996 et 2002) et Harbi (2004).

Par définition, l'aléa sismique est la probabilité qu'au cours d'une période de référence, une secousse sismique de caractéristiques données (la périodicité, la localisation et l'énergie développée par les secousses antérieures) atteigne ou dépasse une certaine intensité. En conséquence, estimer l'aléa sismique revient à déterminer le niveau de risque lié aux mouvements du sol contre lequel se prémunir. Les résultats des calculs d'aléa sismique dans une région donnée sont considérés comme la première phase vers l'estimation du risque sismique qui intègre, également, la vulnérabilité des bâtiments. Cette dernière dépend du nombre de personnes exposées (densité de population) et de l'environnement (caractéristiques régionales, mer, montagne, modes de construction, etc.) [3].

En général, on distingue en aléa sismique deux approches différentes :

- L'analyse probabiliste de l'aléa sismique (en anglais PSHA pour Probabilistic Seismic Hazard Analysis)

- Approche déterministe.

L'approche déterministe permet de définir les effets maximaux d'un événement sismique en un point site. Elle consiste à définir, dans un premier temps, le(s) Séisme(s) Maximal (aux) Historiquement Vraisemblable(s)(S.M.H.V), puis le(s) Séisme(s) Majoré(s) de Sécurité(s)(S.M.S).

- Le S.M.H.V est le plus fort séisme connu de chaque unité sismotectonique

- Le S.M.S est déduit du S.M.H.V : son intensité est, en première approximation, majorée d'une(01) unité sur le site.

L'approche probabiliste permet d'évaluer l'aléa sismique au travers des lois qui donnent la probabilité annuelle qu'un paramètre de mouvement du sol sera dépassé (Cornell , 1968). La méthodologie est composée en un certain nombre d'étapes.

- 1) La première est la réalisation d'un zonage à partir de l'analyse sismotectonique de la région

- 2) La deuxième étape est la constitution d'un catalogue de sismicité. Celui-ci doit comporter un certain nombre de propriétés pour être exploitable. Il est :
 - Numérique pour faciliter le traitement de données ;

 - Mis sous format standard, lisible et exploitable par l'ensemble des routines développées ;

 - Complet, c'est-à-dire à la fois :

1. Homogène par le type d'informations recueillies. En effet les catalogues de sismicité émanant généralement de sources diverses. De fait, ils comportent souvent différents types de magnitude ou échelle d'intensité.
2. Exhaustif sur l'ensemble de la période d'observation.
- 3) La troisième étape consiste à caractériser l'activité sismique des différentes zones sources par une loi de distribution de type Gutenberg- Richter qui donne le nombre de séismes en fonction de la magnitude. Cette loi doit être représentative de la sismicité de chaque zone source en intégrant des données de sismicité historiques et instrumentales disponible.
- 4) La quatrième étape est le choix d'une loi d'atténuation pour l'estimation de l'aléa sismique. Celle-ci est adaptée au contexte sismotectonique local qui dépend de la distance focale ou épacentrale et de la magnitude.
- 5) La dernière étape consiste à réaliser le calcul de l'aléa sismique proprement dit. Il faut donc choisir le modèle probabiliste de distribution des séismes futurs.

L'approche probabiliste et déterministe utilise des données identiques à savoir le catalogue de sismicité, le modèle d'atténuation du mouvement du sol et le zonage des sources sismogéniques [3].

2. Vulnérabilités et précautions en Algérie :

2.1. Cadre géodynamique :

La vulnérabilité est une notion qui repose sur l'évaluation des conséquences d'un séisme sur le plan économique et humain.

L'Algérie se trouve sur la plaque africaine qui est en collision avec la plaque eurasienne. Les deux plaques étant limitées par une longue zone sismique qui s'étend des Açores (archipel portugais de l'atlantique Nord, formé de neuf îles) jusqu'en Turquie en passant par Gibraltar, le Maghreb, l'Italie, la Yougoslavie, la Grèce etc.....

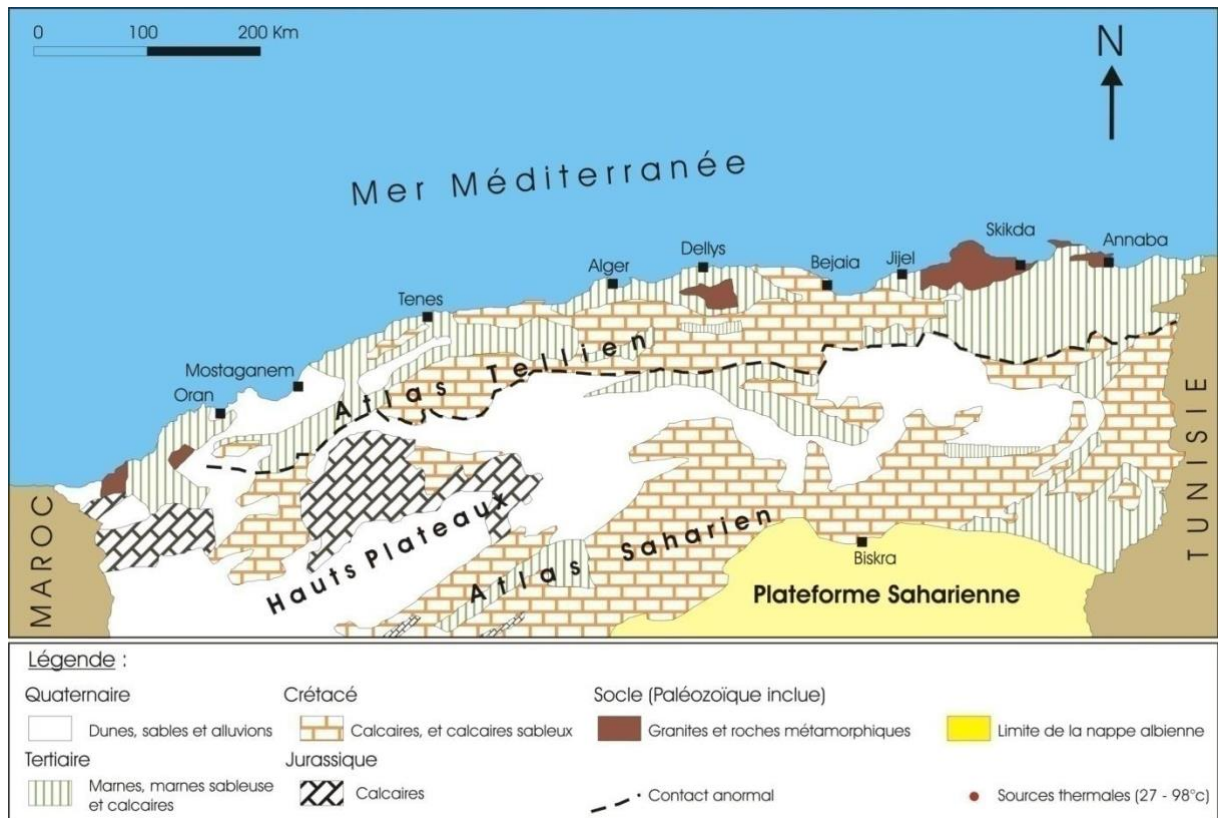


Figure 2-1 : Esquisse géologique du nord de l'Algérie (Fekraoui et Kedaid, 2005, modifiée) [3].

Les travaux récents basés sur des analyses des mécanismes au foyer des séismes forts (Meghraoui, 1982; Meghraoui et al., 1988) ainsi que sur des méthodes récentes basées sur des techniques spatiales telles que le GPS (Global Positioning System), VLBI (Very Long Baseline Interferometry) et le SLR (Satellite Laser Ranging) montrent que la direction du rapprochement est NNW-SSE. Le taux de raccourcissement entre la plaques africaine et celle de l'Eurasie est d'environ 4-6 mm/an [5]. (Anderson & Jackson, 1987 ; Argus et al., 1989).

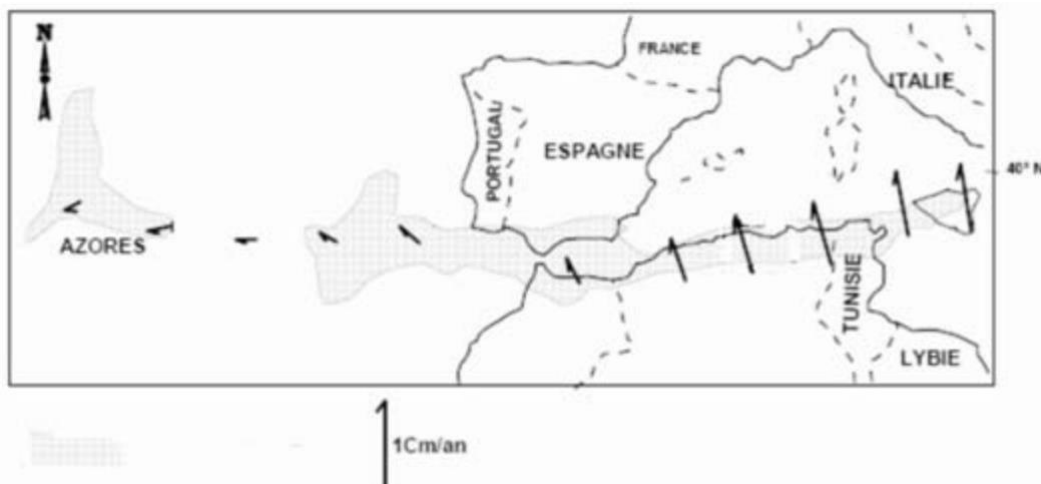


Figure 2-2 : La limite des Plaques africaines et eurasiennes entre les Açores et la Sicile.

Les flèches indiquent aussi bien le taux de raccourcissement.

Ce contexte géodynamique régional a engendré au nord de l'Algérie un ensemble de structure tectonique (plis, failles, plis-failles) d'activités sismiques élevées comme l'atteste la fréquence des séismes durant les trois derniers siècles [5].

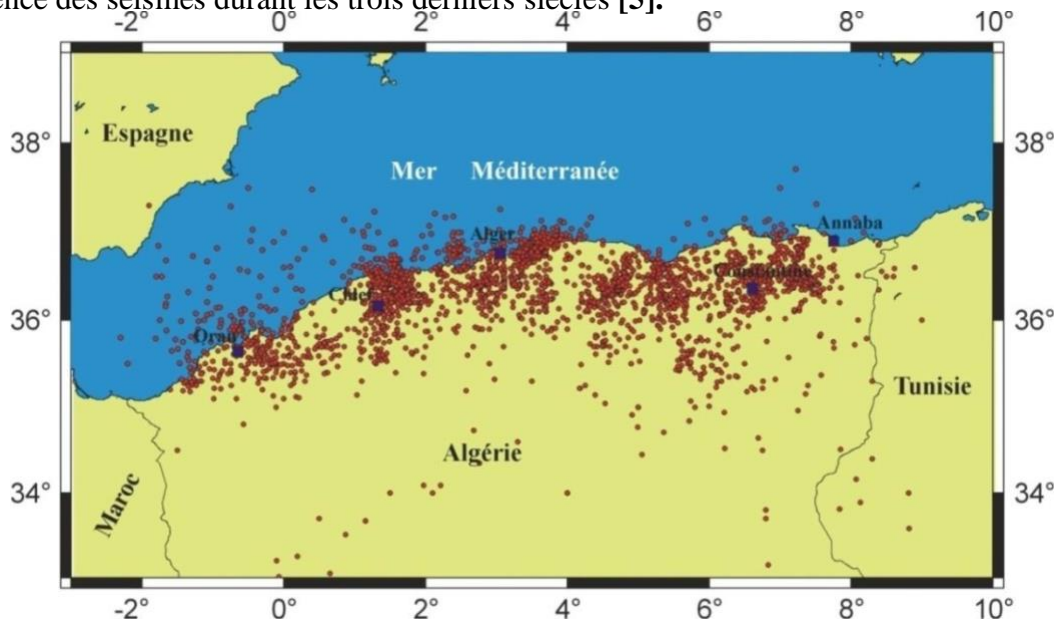


Figure 2-3 : La distribution spatiale des séismes dans la partie nord de l'Algérie entre 1716-2005

On est arrivé à des certitudes scientifiques et à expliquer la forte activité sismique dans la partie nord du pays, grâce au contexte géodynamique de la région. En effet, le rapprochement des plaques africaine et eurasiatique dans la région méditerranéenne fait de l'Algérois le siège d'une activité sismique. Ce rapprochement entraîne la déformation des formations géologiques et s'exprime tout d'abord dans la région marine où plusieurs failles actives ont été récemment mises en évidence par des campagnes marines, effectuées entre 2003 et 2005.

Dans la région continentale, les déformations sont essentiellement concentrées sur le pourtour du bassin de la Mitidja, au niveau de la région du Sahel pour la partie bord ou au niveau de la bordure sud du bassin. La convergence des deux plaques provoque, par ailleurs, un phénomène de soulèvement de la côte, comme cela a pu se produire durant le séisme de Boumerdès. Il est impossible de faire des prédictions à court terme, mais la prédiction à long terme est là. Il existe une cartographie sismique précise où sont recensés les différents points à haut risque. Le respect des règles parasismiques et l'adoption de certaines techniques dans la construction sont à même de réduire considérablement ce risque. Il faut donc intégrer ce risque dans le développement durable.

Le directeur du CRAAG affirme, en outre, que son institution axe ses interventions sur le chapitre de la sensibilisation. Le travail de sensibilisation et de prévention que nous faisons sur le terrain est un travail de longue haleine qui nécessite un énorme effort, car il faut mobiliser plusieurs secteurs et lutter contre l'oubli. Il nous faut faire un travail de rappel constant et en permanence, du plus haut niveau jusqu'à l'exécutant, essentiellement pour le secteur de l'Habitat. Le CRAAG a identifié ce qu'on appelle les zones NON EDIFICONTE, autrement dit les zones non urbanisables qui s'étalent jusqu'au Sud. Les institutions de l'État ne posent pas de problème quant au respect de ce schéma, ce sont plutôt les autos constructrices qui dérogent à la réglementation même en matière de respect des règles parasismiques et ne consultent ni architectes ni bureaux d'étude. Ces personnes doivent être conscientes des dangers qu'ils font encourir à leurs familles [4].

3. Sélection des zones sources :

3.1. Introduction :

Le calcul de l'aléa sismique probabiliste repose sur trois données de base : un catalogue de sismicité de la région d'étude, un zonage sismogénique et un modèle d'atténuation du mouvement du sol adapté au contexte tectonique. Le zonage et la relation d'atténuation choisis pour cette étude sont présentés dans cette partie. Le zonage sismogénique utilisé est un zonage issu d'un travail qui a été publié en Tectonophysics par Montilla et al. (2003)

3.2. Modèle de zones sources :

Le zonage utilisé dans cette étude est issu de travail qui a été publié en Tectonophysics (2003). D'après les auteurs le nord de l'Algérie peut être subdivisé en 10 zones sismogéniques.

Rappel sur Magnitude et intensité des séismes

Plusieurs paramètres caractéristiques des séismes sont intimement liés ; c'est le cas de la durée de la rupture, sa surface (c'est-à-dire la surface du coulissage le long du plan de faille), ou encore sa magnitude, paramètre intrinsèque le plus utilisé pour décrire un séisme, et qui est une mesure de sa force.

Le calcul de la magnitude est réalisé à partir des enregistrements des mouvements du sol consécutifs à ce séisme, ou sismogrammes. Pas de sismogramme, pas de magnitude ! Il existe plusieurs modes de calcul de cette grandeur, qui utilisent soit l'amplitude des signaux enregistrés (magnitude locale ou de Richter, magnitude des ondes de surface, magnitude des ondes de volume), soit leur longueur (magnitude de durée), soit l'énergie totale rayonnée (magnitude d'énergie, obtenue grâce une analyse poussée des signaux). Chacune de ces

magnitudes est une quantité logarithmique : une augmentation d'une unité en magnitude correspond à une augmentation d'un facteur au moins 10 de l'amplitude des mouvements du sol. En général, l'emploi d'un certain type de magnitude est lié à la taille du séisme : les magnitudes locale et de durée sont adaptées à la mesure des « petits » séismes (jusqu'à la magnitude 5 ou 6), alors que seule la magnitude d'énergie sera apte à caractériser un très gros séisme (au-delà de 8,5). Cette embarrassante multiplicité d'échelles de magnitudes tient au fait que le mode de calcul dépend des caractéristiques de l'appareil enregistreur qui lui-même ne sera pas adapté à la mesure de n'importe quel séisme.

Échelles d'intensité

Les effets des séismes sont décrits grâce à des échelles similaires à l'échelle de Beaufort qui sert à mesurer la force du vent en mer. L'échelle actuellement utilisée officiellement en France est l'échelle EMS98 (European Macroseismic Scale), qui est dérivée de l'échelle plus ancienne MSK (Medvedev – Sponheuer – Karnik, du nom de ses initiateurs). Elle comprend 12 degrés gradués de I à XII.

L'estimation de l'intensité d'un séisme en un endroit donné se fait selon une procédure très codifiée dans laquelle entrent en ligne de compte :

la classification des bâtiments éventuellement endommagés suivant la qualité de leur construction et les matériaux utilisés

le degré d'endommagement des bâtiments (de dommages légers à destruction totale)

les proportions de bâtiments endommagés ou de personnes ayant ressenti le séisme [5].

Degrés de l'échelle EMS98

Degré	Secousse	Dégâts
I	Imperceptible	La secousse n'est pas perçue par les personnes, même dans l'environnement le plus favorable.
II	À peine ressentie	Les vibrations ne sont ressenties que par quelques individus au repos dans leur habitation, plus particulièrement dans les étages supérieurs des bâtiments.

III	Faible	L'intensité de la secousse est faible et n'est ressentie que par quelques personnes à l'intérieur des constructions. Des observateurs attentifs notent un léger balancement des objets suspendus ou des lustres.
IV	Ressentie par beaucoup	Le séisme est ressenti à l'intérieur des constructions par quelques personnes, mais très peu le perçoivent à l'extérieur. Certains dormeurs sont réveillés. La population n'est pas effrayée par l'amplitude de la vibration. Les fenêtres, les portes et les assiettes tremblent. Les objets suspendus se balancent.
V	Forte	Le séisme est ressenti à l'intérieur des constructions par de nombreuses personnes et par quelques personnes à l'extérieur. De nombreux dormeurs s'éveillent, quelques-uns sortent en courant. Les constructions sont agitées d'un tremblement général. Les objets suspendus sont animés d'un large balancement. Les assiettes et les verres se choquent. La secousse est forte. Le mobilier lourd tombe. Les portes et fenêtres battent avec violence.
VI	Légers dommages	Le séisme est ressenti par la plupart des personnes, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur. De nombreuses personnes sont effrayées et se précipitent vers l'extérieur. Les objets de petite taille tombent. De légers dommages sur la plupart des constructions ordinaires apparaissent : fissurations et chute de débris de plâtres.
VII	Dommages significatifs	La plupart des personnes sont effrayées et se précipitent dehors. Le mobilier est renversé et les objets suspendus tombent en grand nombre. Beaucoup de bâtiments ordinaires sont modérément endommagés : fissurations des murs ; chutes de parties de cheminées.

VIII	Dommmages importants	Dans certains cas, le mobilier se renverse. Les constructions subissent des dommages : chutes de cheminées ; lézardes larges et profondes dans les murs ; effondrements partiels éventuels.
IX	Destructive	Les monuments et les statues se déplacent ou tournent sur eux-mêmes. Beaucoup de bâtiments s'effondrent en partie, quelques-uns entièrement.
X	Très destructive	Beaucoup de constructions s'effondrent.
XI	Dévastatrice	La plupart des constructions s'effondrent.
XII	Catastrophique	Pratiquement toutes les structures au-dessus et au-dessous du sol sont gravement endommagées ou détruites.

Tableau 2-1 : Degrés de l'échelle EMS98 [5]

En théorie, et contrairement à certaines idées reçues, **il n'existe pas de borne inférieure ni supérieure à la valeur de la magnitude**. En pratique, comme la magnitude d'un séisme est liée à la longueur de faille qui rompt lors de ce séisme, la gamme des magnitudes sera limitée par la géométrie des frontières de plaques ; on peut envisager une rupture de quelques milliers de kilomètres au plus, ce qui correspondrait à un séisme de magnitude 10 environ (magnitude d'énergie). Le plus gros séisme enregistré (Chili, mai 1960) avait une magnitude de 9,5. La borne inférieure est imposée par la sensibilité du sismomètre ; des séismes de magnitude négative sont ainsi fréquemment détectés. La chute d'une brique d'une hauteur de 1 m pourra être assimilée à un séisme de magnitude -2 !

La magnitude d'un séisme ne doit pas être confondue avec son **intensité macrosismique**. Alors que la magnitude est une grandeur intrinsèque uniquement liée à la taille du séisme, l'intensité décrit localement les effets en surface, notamment les dommages aux constructions. Elle se mesure en un point précis, et se décline grâce à une **échelle bornée** graduée de I à XII (en chiffres romains). La distinction est fondamentale : un séisme de grande magnitude pourra avoir une intensité faible, par exemple s'il est profond ; au contraire, un séisme de magnitude relativement restreinte pourra avoir localement des effets importants en surface (phénomènes

locaux d'amplification), et donc présenter localement une intensité élevée. En général, on décrit un séisme par son intensité maximale [7].

1) Zone 1 (Oran - Béni Chograne-Ain Temouchent)

Localisée dans la partie ouest de l'Algérie, cette zone est représentée par les montagnes de Béni Chograne au sud et le bassin de Merdjajdo au Nord. Ces monts sont d'origine Crétacé couvert par des plis d'une déposition sédimentaire quaternaire. La bordure sud-est de ces montagnes sépare le bassin alluvial de Ghriss par une faille inverse d'une direction NE-SO et d'un pendage de direction NO. Sur la bordure nord-ouest du bassin de Béni Chograne, se trouve le bassin de Habra qui est la suite de la partie ouest du bassin d'Echlif.

Parmi les tremblements de terre qui ont secoué cette zone, celui du 09.10.1790 qui a dévasté la ville d'Oran faisant plus de 3000 victimes. La région a connu d'autres séismes comme le séisme du 29.11.1887 (I=X), et récemment, les séismes de Mascara (le 18.08.1994, ML=5.7) et de Ain Temouchent (le 22.12.1999, Ms=5.5).

2) Zone 2 (bassin de Cheliff)

Elle est classée comme la zone la plus active dans la Méditerranée occidentale où se sont produits plusieurs séismes de magnitude supérieure à 5. Le bassin de Cheliff a connu de nombreux séismes importants dans le passé, citons en particulier :

- Le 09-03-1858 à Kherba ; **I0 = IX** ;
- Le 25-08-1922 à Orléans ville (Chlef) ; **I0 = IX** ;
- Le 07-09-1934 à Carnot (Les Attafs) ; **I0 = IX** ;
- Le 09-09-1954 à Orléans ville (Chlef) ; **I0 = IX**.

D'autre part, la crise sismique engendrée par le séisme du 10.10.1980 (Ms=7.3, I0 = IX ÷ X) a duré plus de deux ans. En effet, celle-ci a généré d'importantes répliques. Ce séisme est considéré comme le plus violent jamais enregistré en Afrique du Nord. Les effets produits sur le terrain ont été de différentes natures et caractéristiques d'où l'appellation "séisme désastreux" (Benhallou.H., 1984). Aussi, plus de 3.500 victimes ont été dénombrées. L'activité sismique dans cette région est associée à une faille inverse.

3) Zone 3

Comme la deuxième zone, le bassin de la Mitidja présente les mêmes caractéristiques de déformation active (carte n°5). Les événements sismiques les plus importants recensés dans cette zone sont ceux du 03-02-1716 (I0 = X), et du 05-11-1924 (I0 = IX) localisé à Douéra.

Le séisme du mont Chenoua survenue le 29-10-1989 a occasionné d'importants dégâts dans la zone s'étalant entre Tipaza et Cherchell, le nombre de victimes a atteint 22 morts et quelques centaines de blessés. Le choc principal a été localisé à 13 km de profondeur, plusieurs répliques ont lors suivies parmi lesquelles celui du 19-10-1989 à 19h 21 mn ($M_s=5.4$) et du 20h 20mn ($M_s=5.3$). L'étude de ces répliques a montré une rupture de 10 km environ de longueur, de direction N 40° et de pendage 60° orienté vers le nord-ouest. L'évènement plus récent dans cette zone et celui du 21 Mai 2003 à Zemmouri ($M_l=6.9$). Ce séisme a occasionné dans la région épiscopale qui regroupe principalement : Boumerdes, Zemmouri, Corso, Tidjelabine, Reghaïa, Thenia, Bordj Menaïl, Sidi Daoud et Dellys des dégâts très importants. Des immeubles et des maisons récemment construits ont été complètement détruits ou endommagés. On déplore aussi plusieurs milliers de blessés et 2278 morts. La localité de ZEMMOURI ville reste celle qui a subi le plus grand nombre de dégâts. Ce séisme survenu en début de soirée (18h 44 G.M.T) a été largement ressenti, à l'Est jusqu'à GUELMA, à l'Ouest jusqu'à Mostaganem, au Sud jusqu'à BISKRA et au Nord jusqu'aux larges des côtes espagnoles et françaises (source CRAAG).

Le mécanisme au foyer calculé par Harvard (CMT) montre une déformation en faille inverse (direction NE-SW). L'hypocentre est superficiel (environ 10 km). En fonction du moment sismique, la faille doit avoir une dimension de 15 à 20 km de long et le déplacement de l'ordre du mètre.

4) **Zone 4**

Cette zone est localisée dans le sud des chaînes mésozoïques de Djurdjura. La sismicité historique de cette région est relativement modérée et constante, environ cinq événements par an et deux séismes d'une magnitude moyenne chaque 2 ans

5) **Zone 5**

Cette zone est représentée par un bassin néogène clairement observable dans une carte à grande échelle, elle est subdivisée en deux su-bassins, l'un d'eux est d'une direction presque Est - Ouest, et l'autre d'une direction NE-SO. Le premier su-bassin est le site qui a connu la troisième grande secousse de ce siècle en Algérie après Orleansville 1954 et El Asnam 1980. Ce séisme a secoué la région d'Aumale en juin 1910 ($M_s=6.6$).

6) **Zone 6**

Cette zone est la région de l'Est la plus proche de la Tunisie. Les affleurements dans cette zone sont principalement d'une base des roches paléozoïques. Elle est caractérisée par des séismes modérés.

7) Zone 7

Située à l'Est de l'atlas tellien. Cette zone a connu très peu de séismes majeurs. Les principales secousses enregistrées dans la région sont celles du 04 août 1947 ($I_0=VIII$), et du 27.10.1985 d'El Aria (près de la ville de Constantine, $I_0=VIII$). Ce dernier a fait beaucoup de victimes, d'importants dégâts ont été causés dans la région d'El Aria située à 24 km du centre-ville. Aussi, les habitations ont subi des grands dommages. La zone 7 a fait l'objet de nombreuses études, son activité sismique semble être comme les autres régions liée à des structures actives orientées NE-SO. Néanmoins d'après Bounif et al., 1987, un mouvement décrochant senestre existe dans la zone.

8) Zone 8

Contrairement aux autres zones, la zone de Guelma présente un système de failles avec un mécanisme au focal en extension. Meghraoui (1988) a décrit un bassin de transtension (dépression tectonique formée par extension et subsidence) qui est formé entre deux chevauchements dextres d'une direction Est – Ouest. Le séisme de référence dans cette zone s'est produit le 10 février 1937 ($M_s=5.2$, Benouar, 1993). Deux autres séismes importants d'une intensité $I_0= VIII$ ont secoués la région, il s'agit du séisme du 17 juin 1908 et celui du 3 décembre 1928.

9) Zone 9

Cette zone se trouve dans la partie sud Est de l'Algérie. Elle est considérée comme la partie intégrante de l'atlas tellien. Du point de vue structural celle-ci constitue un bassin néogène avec une topographie relativement régulière. La zone 9 a connu dans le passé des séismes destructifs. (Chesneau., 1892, Rothé., 1950). Les séismes les plus importants enregistrés dans cette région ont eu lieu le 01.01.1965, $M_s=5.5$ (Mckenzie., 1972, Benouar., 1993), et le 12.02.1946. Ces deux séismes ont le même foyer et sont probablement générés par une faille inverse d'une longueur de rupture approximative de 30 kilomètres.

10) Zone 10

C'est la seule zone qui n'appartient pas à la chaîne atlas tellienne. L'atlas saharien est considéré comme un autre domaine structural composé essentiellement par des plis et des structures compressives (Vila., 1980 Wildi., 1983). Cette région est séparée par des montagnes de l'atlas tellien et la zone stable des hauts plateaux. Les structures de cette zone sont définies comme

active ou moins active au début de pléistocène moyen. Cependant l'évidence d'une occurrence sismique est actuellement mal connue [3].

4. Conclusion :

Si on vient de voir que pour évaluer la vulnérabilité, il faudra au préalable définir son paramètre principal qui est l'aléa sismique.

Si l'aléa sismique n'est pour le moment défini que par une variable aléatoire (du hasard) tel qu'il est stipulé dans les littératures ci-dessus énumérés, il n'en demeure pas moins qu'il reste à réexploiter les pathologies antérieures pour apporter des éclaircissements supplémentaires à ce sujet.

Les constats du diagnostic du tremblement de terre de Boumerdès à laisser un bon nombre de questions non résolues.



Figure 2-4 : Deux bâtiments en voie de réalisation, même site, même conception même qualité de mise en œuvre ont subi un comportement différent.

CHAPITRE III : AMÉNAGEMENTS ANARCHIQUES.

1) Introduction :

L'extension et l'aménagement de logements et autres constructions prennent des proportions inquiétantes. En effet, destinées initialement à des aires de jeux pour enfants et espaces verts, les parcelles de terrain nu se sont transformées en baraques et autres extensions illicites ne répondant à aucune norme réglementaire ou environnementale.

On rencontre aussi des éléments structuraux (voiles, poteaux...etc.) ou non (Ex : murs en maçonnerie...etc.) supprimés pour le gain d'espace sans intervention de l'ingénieur en génie civil. En effet, les cas et les méthodes de procéder aux aménagements illicites sont nombreux, certains seront cités par la suite.

2) Aspects juridiques :

Surtout concernant les biens de l'état, l'aménagement anarchique est interdit carrément. Même délivrer une autorisation permettant à un propriétaire de procéder à des aménagements au niveau de la structure extérieure des biens de l'État est interdit (Ex : pour occuper des parcelles de rue ou de piétiner des réseaux d'assainissement). L'occupant, même détenteur d'un titre de propriété, n'a pas le droit d'opérer des transformations au bien immobilier.

3) Objectifs des transformations :

C'est une classification des transformations suivant l'objectif ou bien le résultat obtenu.

a) Correction et réparation des défauts de l'état initial :

Ces sont des travaux menés essentiellement pour la correction, la réparation des carences et déficits qu'accusent initialement le logement, ou pour le remplacement de tout ce qui ne fonctionne pas : l'installation électrique et de plomberie, refaire la peinture, etc.

b) La rénovation - L'embellissement :

Il s'agit de véritables travaux engagés par l'usager en vue d'améliorer, de moderniser, d'ornez, de décorer une ou plusieurs parties du logement proposé. Tels que refaire le revêtement du plancher avec un nouveau modèle de carrelage ou avec de la dalle de sol ; rajouter un faux

plafond en carreaux de plâtre sculpté ; fixer sur le plafond des rosasses bien ornées ; revêtir certains murs en faïence ; renouveler la menuiserie des portes ; etc.

c) Extension d'espaces :

Ce sont les travaux dont le résultat est l'augmentation de la surface d'un espace aux dépens d'un autre tels que :

- L'extension de la cuisine aux dépens de séchoir.
- L'extension du séjour aux dépens du balcon/loggia.
- L'extension du séjour aux dépens de la chambre.
- L'extension de la chambre aux dépens du balcon/loggia.

d) Changement d'affectation des espaces :

Cela concerne le changement de l'activité initiale attribuée à un espace quelconque proposé par le concepteur : l'espace a pris une nouvelle affectation après les transformations. Cette affectation reste toujours dans le cadre de l'activité d'habitation.

Exemples :

- La cuisine en salle à manger/ salle polyvalente.
- La cuisine en chambre à coucher.
- Le séchoir en cuisine type mini laboratoire.
- Le séjour en chambre à coucher.
- Chambre + loggia en séjour.

e) La « Création ou suppression » des relations entre les espaces :

Ces sont les transformations menées par les habitants usagers en vue de créer ou supprimer les relations entre les différents espaces composants le logement, en donnant des espaces communiquant ou non.

Exemples :

- Supprimer la relation entre séjour et balcon/loggia en obturant la porte.
- Supprimer la relation entre séjour et chambre en obturant la porte.
- Supprimer la relation entre les deux chambres en obturant la porte.
- Créer une relation entre la chambre et le balcon/loggia en ouvrant une porte.

- Créer une relation directe entre la cuisine et le hall/couloir par la démolition partielle ou total du mur qui sépare les deux espaces.
- Créer une relation directe entre la cuisine et le séjour par la démolition partielle ou total du mur qui sépare les deux espaces.
- Créer une relation directe entre le séjour du hall/couloir par la démolition partielle ou total du mur qui sépare les deux espaces.
- Suppression ou ajouts inter espaces :



Figure 3-1 : Photos prises à la cité EL Baz à Sétif dans un immeuble de 9 étages, le RDC comporte des espaces qui ne conviennent à aucune activité, nécessitant la suppression du refend entre les deux espaces.

f) Transformation des ouvertures du logement :

Ces sont les travaux entamés par les habitants usagers touchant l'enveloppe extérieure du logement tels que :

- La pose de barreaudage métallique pour fenêtres et balcons ;
- La surélévation en parpaing des gardes corps pour balcons et séchoirs ;
- L'obturation ou la création des fenêtres ;
- L'ajout d'une porte métallique pour la porte d'accès en bois préexistante.

g) Le détournement d'usage à des fins lucratives

Il s'agit d'un phénomène d'intégration d'activités à caractère lucratif généralement au niveau du RDC et cela concerne surtout les édifices ayant un accès sur une voie mécanique [6].

4) Illustrations typiques d'aménagements anarchiques.

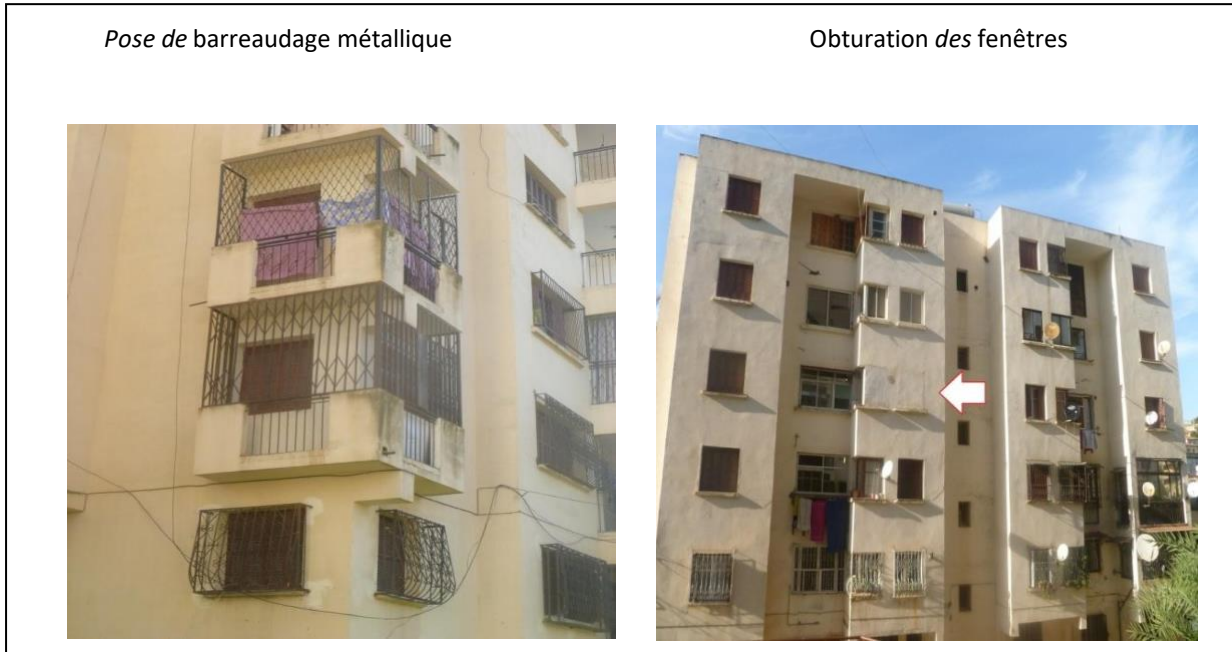


Figure 3-2 : Obturation des baies



Figure 3-3 : aménagement dans un logement

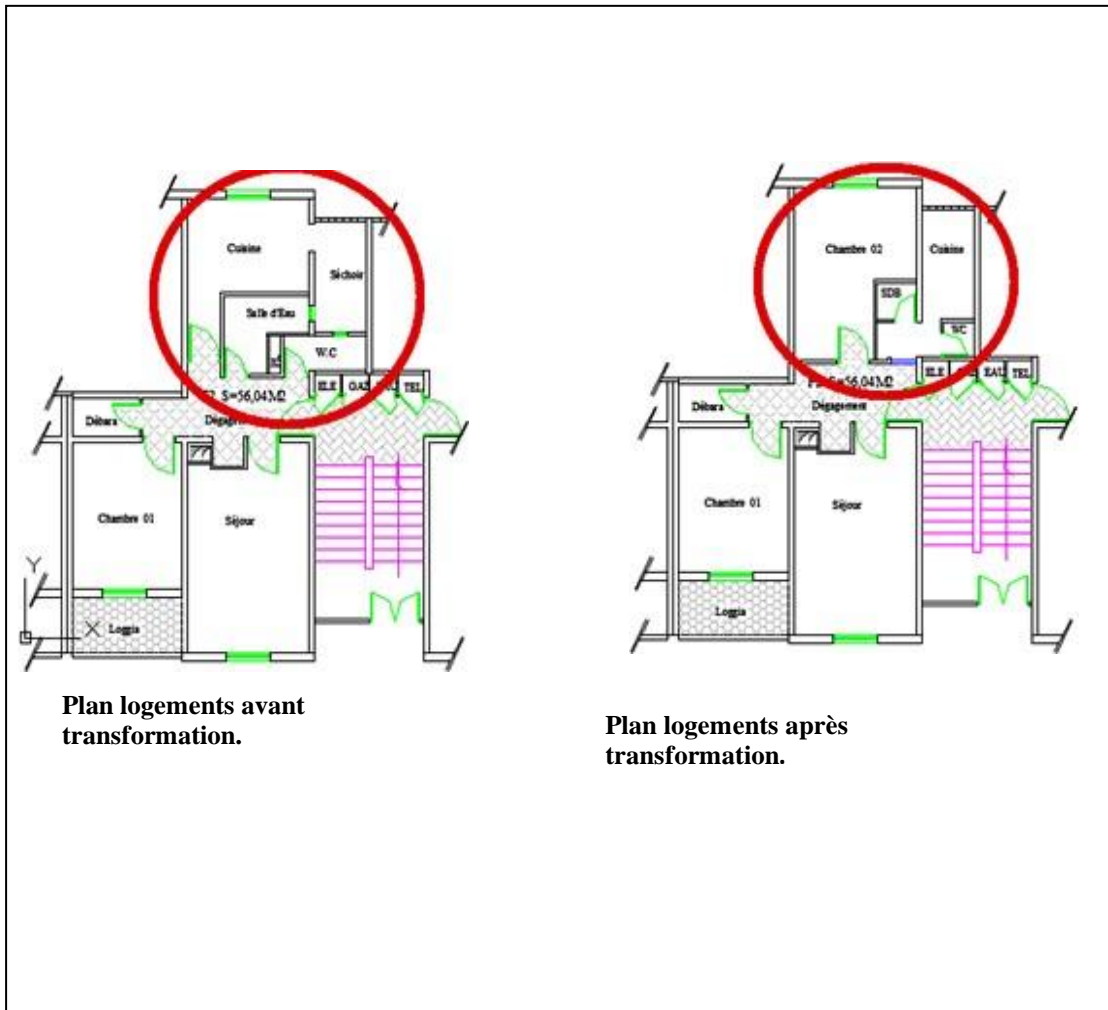


Photo du séchoir après sa transformation en cuisine.

Figure 3-4 : Extension de la cuisine par la suppression du séchoir



Figure 3-5 : Extension du séjour aux dépens de la chambre



Barreaudage métallique pour fenêtre et balcon.



Porte de renforcement métallique avec porte préexistante en bois.

Figure 3-6 : blindage des baies

NB : Le fer a envahi nos façades, ce qui n'est pas certes esthétique et peut devenir dangereux en cas d'accident domestique (incendie etc.).



Pose de persienne et fermeture du balcon en dur.



Pose de véranda en verre translucide.

Figure 3-7 : Dissimulation des balcons et loggias

CHAPITRE IV : SIMULATION DES RISQUES ET VULNÉRABILITÉ SUITE À CES AMÉNAGEMENTS OPÉRÉS DANS LE BÂTIMENT ÉTUDIÉ.

1. Description de l'ouvrage de notre étude à l'état initial non transformé :

- Il s'agit d'un bâtiment R+4 contreventé par des voiles, il est à usage d'habitation implanté à Boumerdès dans la zone III dans un site S₃.
- Longueur totale : 16.25 m
- Largeur totale : 9.25 m
- Hauteur totale : 17.65 m (Hauteur d'étage = 3.25m)
- Tous les planchers sont en plancher corps creux d'épaisseur e=20 cm (16+4cm)
- Tous les voiles sont en BA d'épaisseur e=15cm

2. Illustration du bâtiment en plans :

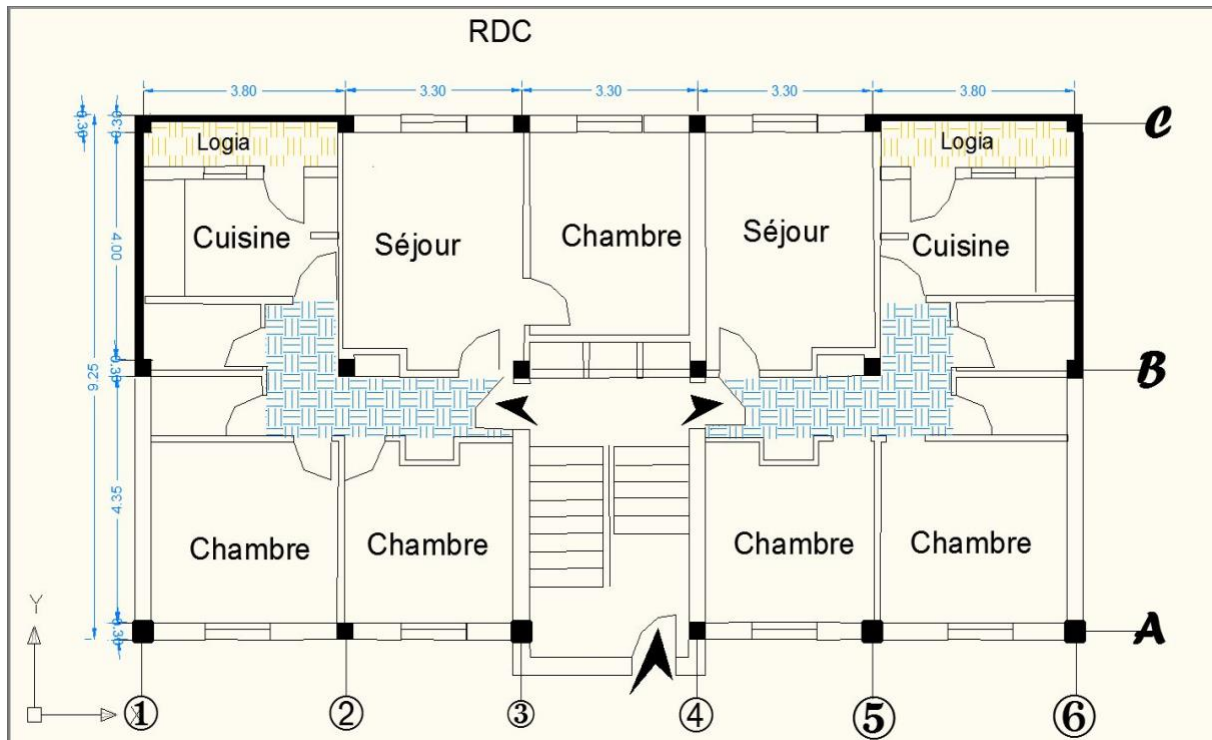


Figure 4-1 : Plan RDC.

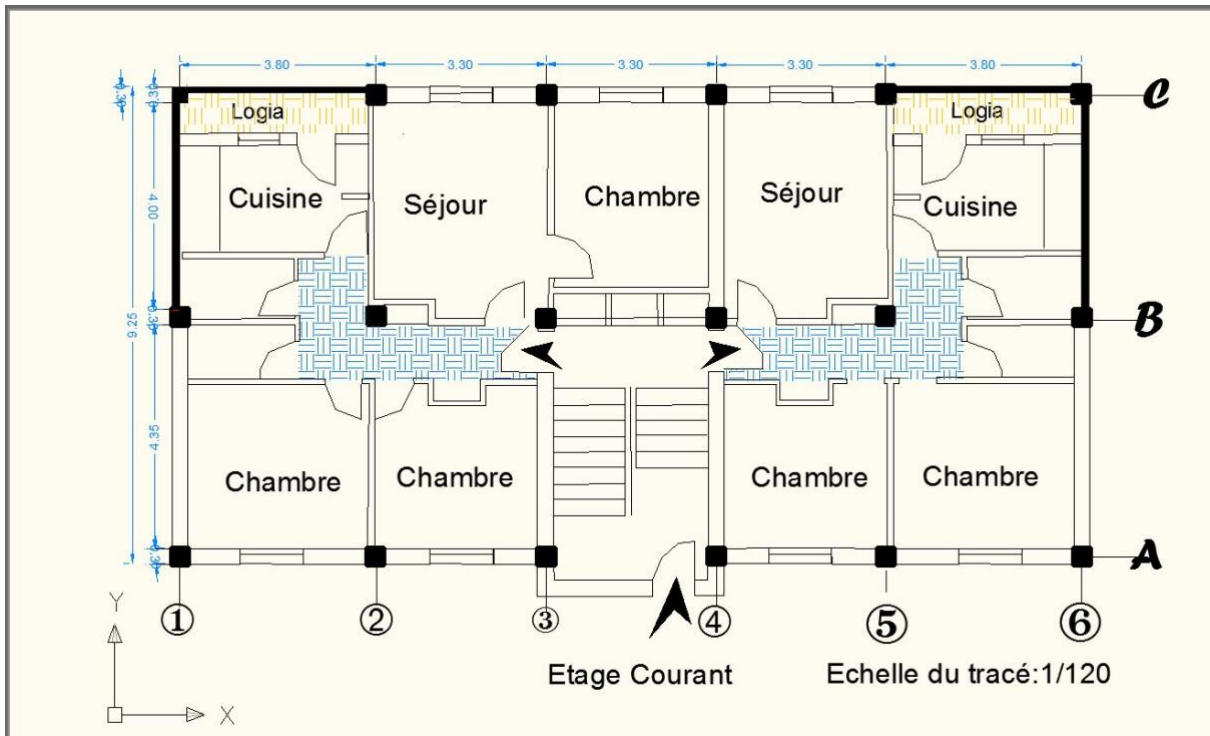


Figure 4-2 : Plan étage courant.

3. Transformations réalisées :

Les transformations entreprises dans le bloc :

3.1. Au RDC :

a) L'utilisateur a changé l'usage de l'appartement F4 (partie gauche : axe 1-2-3-4) en usage commerciale (une supérette) en transformant :

- Le voile axe C(1-2) a été complètement supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.
- Supprimer le mur de la loggia.
- Le voile axe 1(B-C) a été également supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

b) Un autre utilisateur a procédé de son coté à changer l'usage de l'appartement F3 (partie droite : axe4-5-6) en usage commerciale (un café) en transformant :

- Le voile axe C (5-6) a été complètement supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.
- Supprimer le mur de la loggia.
- Le voile axe 6(B-C) a été également supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

3.2.À l'étage courant :

Aux étages courants, tous les locataires ont supprimé le mur de la loggia pour agrandir la cuisine, tout en laissant la baie de la loggia telle qu'elle conçue.

4. Illustration des transformations réalisées :

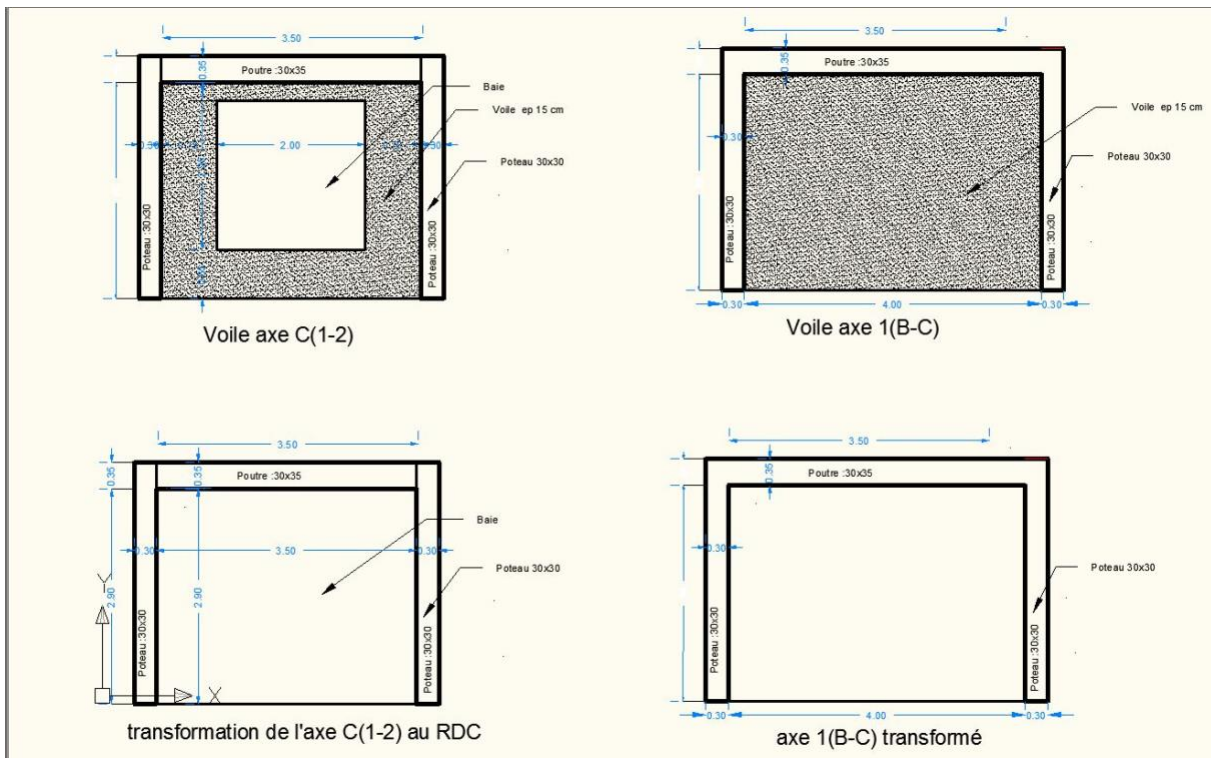


Figure 4-3 : Plans des transformations au RDC

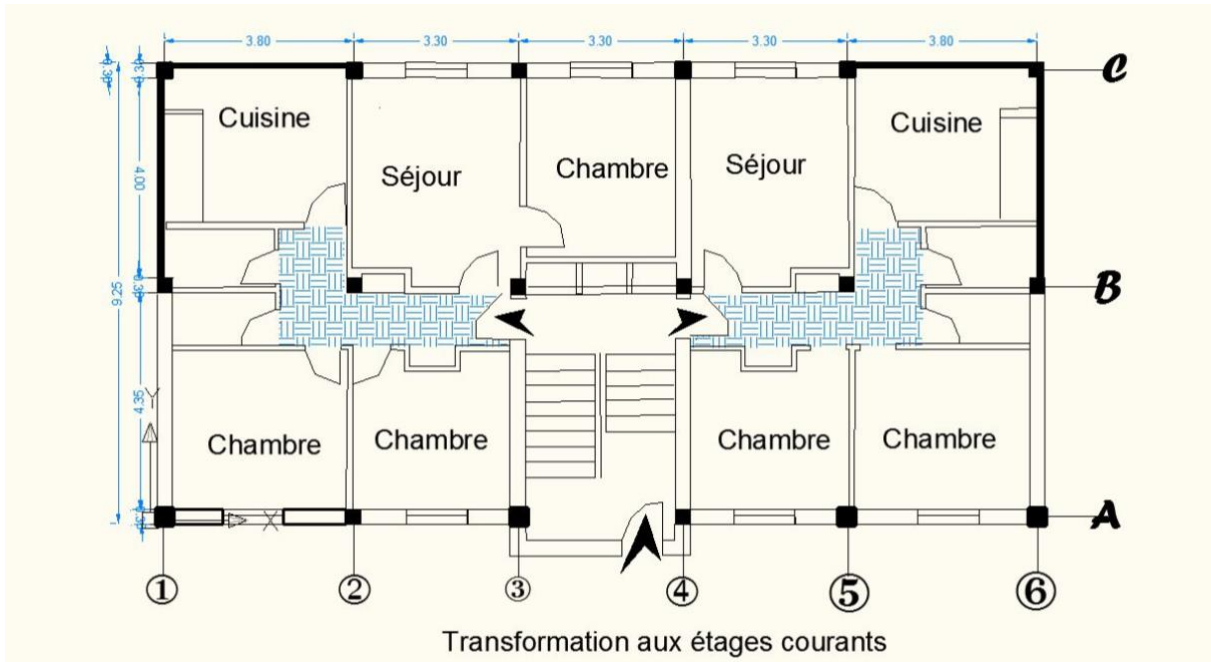


Figure 4-4 : Plan de transformations aux étages courants

5.Évaluation de la force sismique : [2]

5.1. Choix de méthode de calcul : (méthode statique équivalente)

La méthode statique équivalente peut être utilisée dans les conditions suivantes :

- a) Le bâtiment ou bloc étudié, satisfaisait aux conditions de régularité :

En plan :

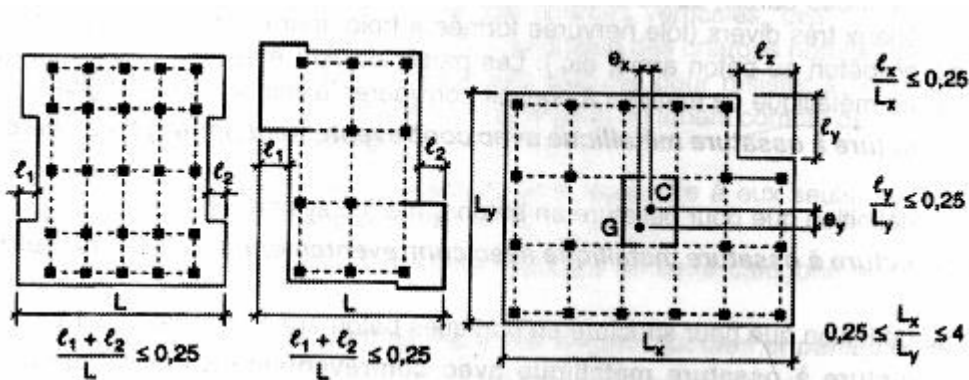


Figure 4-5 : Condition de non décrochement en plan et en élévation

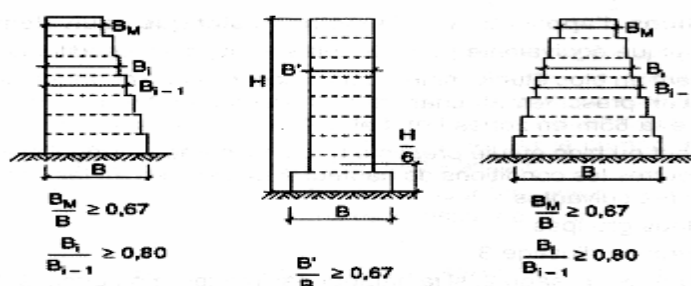


Figure 4-6 : Condition de non décrochement en élévation

Avec une hauteur au plus égale à 65m en zones I et II et à 30m en zones III

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

Zone I : • tous groupes

Zone II : • groupe d'usage 3

- groupe d'usage 2, si la hauteur est inférieure ou égale à 7 niveaux ou 23m.

- groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m.

- groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.

Zone III : • groupes d'usage 3 et 2, si hauteur est inférieure ou égale à 5 niveaux ou 17m.

- groupe d'usage 1B, si la hauteur est inférieure ou égale à 3 niveaux ou 10m.

- groupe d'usage 1A, si la hauteur est inférieure ou égale à 2 niveaux ou 08m.

Dans notre cas :

- la structure est régulière en plan est en élévation car :

$$e_x = e_y = 0 \text{ et } L_x / L_y = 17.65 / 9.25 = 1.91 < 4 \text{ et } 0.25 < 1.91 \text{ CV}$$

$$\text{Toujours : } B_i / B_{i+1} = 1 \text{ CV}$$

- La hauteur totale de structure sise à zone III est : 16.25 m < 30 m

Donc la méthode est valable pour le calcul de force sismique :

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

5.2. Calcul de l'effort tranchant à la base V :

- Détermination de A :

Les valeurs du coefficient d'accélération de zone "A" sont comme suit :

Groupe	ZONE			
	I	IIa	IIb	III
1 A	0,15	0,25	0,30	0,40
1 B	0,12	0,20	0,25	0,30
2	0,10	0,15	0,20	0,25
3	0,07	0,10	0,14	0,18

Tableau 4-1 : Les valeurs du coefficient d'accélération de zone "A"

Dans notre cas (zone III; groupe d'usage 2) : A= 0.25

- Calcul du facteur d'amplification D :

$$D = \begin{cases} 2.5\eta & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta(T_2/T)^{\frac{2}{3}} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta(T_2/3.0)^{\frac{2}{3}}(3.0/T)^{\frac{5}{3}} & T \geq 3.0s \end{cases}$$

T₂: période caractéristique, associée à la catégorie du site et donnée par le tableau 4-2

Site	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
T _{1(sec)}	0,15	0,15	0,15	0,15
T _{2(sec)}	0,30	0,40	0,50	0,70

Tableau 4-2 : Période caractéristique

On a un site S₃= 0.5s

η : est donné par la formule : $\eta = \left(\frac{7}{2 + \xi} \right)^{\frac{1}{2}} \geq 0.7$

Remplissage	Portiques		Voiles ou murs
	Béton armé	Acier	Béton armé/maçonnerie
Léger	6	4	10
Dense	7	5	

Tableau 4-3 : Valeur de ξ

$\xi = 10$ ici

- Estimation de la période fondamentale de la structure (T)

$$T = C_T \cdot h_N^{\frac{3}{4}}$$

- h_N : hauteur mesurée en mètres à partir de la base de la structure jusqu'au dernier niveau (N) ;
- C_T : coefficient, fonction du système de contreventement, du type de remplissage.

Cas n°	Système de contreventement	C_T
1	Portiques autostables en béton armé sans remplissage en maçonnerie	0,075
2	Portiques autostables en acier sans remplissage en maçonnerie	0,085
3	Portiques autostables en béton armé ou en acier avec remplissage en maçonnerie	0,050
4	Contreventement assuré partiellement ou totalement par des voiles en béton armé, des palées triangulées et des murs en maçonnerie	0,050

Tableau 4-4 : Valeurs de C_T

Dans les cas n° 3 et 4, on peut également utiliser aussi la formule :

$$T = 0.09 h_N / \sqrt{D}$$

Où D est la dimension du bâtiment mesurée à sa base dans la direction de calcul considérée.

Dans ce cas de figure il y a lieu de retenir dans chaque direction considérée la plus petite des deux valeurs données précédentes.

AN:

$C_T = 0.05$; $h_n = 16.25$ m ; $T = 0.405$ s

$D_x = 17.65$ m donc $T_x = 0.35$ s; $D_y = 9.25$ m donc $T_y = 0.48$ s

Donc : $T_x = 0.35$ s < $T_2 = 0.5$ s et $T_y = 0.41$ s < $T_2 = 0.5$ s donc : $D_x = D_y = 2.5 \eta$ avec : $\eta = 0.76$

$D_x = D_y = 1.9$

- Calcul coefficient de comportement global de la structure R :

Sa valeur unique est donnée par le tableau 4-5 en fonction du système de contreventement tel que défini en 3.4 dans RPA en cas d'utilisation de systèmes de contreventement différents dans les deux directions considérées il y a lieu d'adopter pour le coefficient R la valeur la plus petite. Fonction du système de contreventement.

Cat	Description du système de contreventement (voir chapitre III § 3.4)	Valeur de R
A	Béton armé	
1a	Portiques autostables sans remplissages en maçonnerie rigide	5
1b	Portiques autostables avec remplissages en maçonnerie rigide	3,5
2	Voiles porteurs	3,5
3	Noyau	3,5
4a	Mixte portiques/voiles avec interaction	5
4b	Portiques contreventés par des voiles	4
5	Console verticale à masses réparties	2
6	Pendule inverse	2

Tableau 4-5 : Valeurs de R

R=5 Car la catégorie est 4a

- Calcul du facteur de qualité de la structure Q :

Q est en fonction de :

- La redondance et la géométrie des éléments qui la constituent
- La régularité en plan et en élévation
- La qualité du contrôle de la construction

La valeur de (Q) est déterminée par la formule : $Q = 1 + \sum_1^6 P_q$ (RPA99-2003)

Critère q »	P _q	
	Observé	N/observé
1. Conditions minimales sur les files de contreventement	0	0,05
2. Redondance en plan	0	0,05
3. Régularité en plan	0	0,05
4. Régularité en élévation	0	0,05
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0,05
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0	0,10

Tableau 4-6 : Valeurs de Q

AN : Q= 1+0+0+0+0+0.05+0.1=1.15

- Détermination du poids total de la structure W : (RPA99-2003)

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

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad \text{avec} \quad W_i = W_{Gi} + \beta W_{Qi}$$

W_{Gi} : poids dû aux charges permanentes et à celles des équipements fixes éventuels, solidaires de la structure

W_{Qi} : charges d'exploitation

β : coefficient de pondération, fonction de la nature et de la durée de la charge d'exploitation et donné par le tableau 4-6.

Pour ce cas β=0.2

Cas	Type d'ouvrage	β
1	Bâtiments d'habitation, bureaux ou assimilés	0,20
2	Bâtiments recevant du public temporairement :	
	- Salles d'exposition, de sport, lieux de culte, salles de réunions avec places debout.	0,30
	- salles de classes, restaurants, dortoirs, salles de réunions avec places assises	0,40
3	Entrepôts, hangars	0,50
4	Archives, bibliothèques, réservoirs et ouvrages assimilés	1,00
5	Autres locaux non visés ci-dessus	0,60

Tableau 4-7 : Valeurs de β

5.3. Distribution de la résultante des forces sismiques :

- Distribution de la résultante des forces sismiques selon la hauteur (verticale)

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

selon les formules suivantes : $V = F_t + \sum F_i$

La force concentrée F_t au sommet de la structure permet de tenir compte de l'influence des modes supérieurs de vibration. Elle doit être déterminée par la formule : $F_t = 0,07 TV$ où T est la période fondamentale de la structure (en secondes).

La valeur de F_t ne dépassera en aucun cas $0,25 V$ et sera prise égale à 0 quand T est plus petite ou égale à 0,7 secondes.

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

$$F_i = \frac{(V - F_t)W_i h_i}{\sum_{j=1}^n W_j h_j}$$

formule :

NB : Cette distribution et l'évaluation de V sont assurées ici par modélisation sur le logiciel ROBOT2010.

5.4. Nombre de modes à considérer :

a) Pour les structures représentées par des modèles plans dans deux directions orthogonales, le nombre de modes de vibration à retenir dans chacune des deux directions d'excitation doit être tel que :

- la somme des masses modales effectives pour les modes retenus soit égale à 90 % au moins de la masse totale de la structure.

- ou que tous les modes ayant une masse modale effective supérieure à 5% de la masse totale de la structure soient retenus pour la détermination de la réponse totale de la structure.

Le minimum de modes à retenir est de trois (03) dans chaque direction considérée.

b) Dans le cas où les conditions décrites ci-dessus ne peuvent pas être satisfaites à cause de l'influence importante des modes de torsion, le nombre minimal de modes (K) à retenir doit être tel que :

$$K \geq 3 \sqrt{N} \quad \text{et} \quad T_k \leq 0.20 \text{ sec}$$

Où : N est le nombre de niveaux au-dessus du sol et T_k la période du mode K.

AN : $K \geq 3 \sqrt{5} = 6.71$; Soit $K=10$ [2]

6. Simulation de structure du bâtiment par ROBOT :

6.1. Structure intacte :

a) Vue en perspective :



Figure 4-7 : Vue en perspective de la structure étudiée

b) Vue de face :

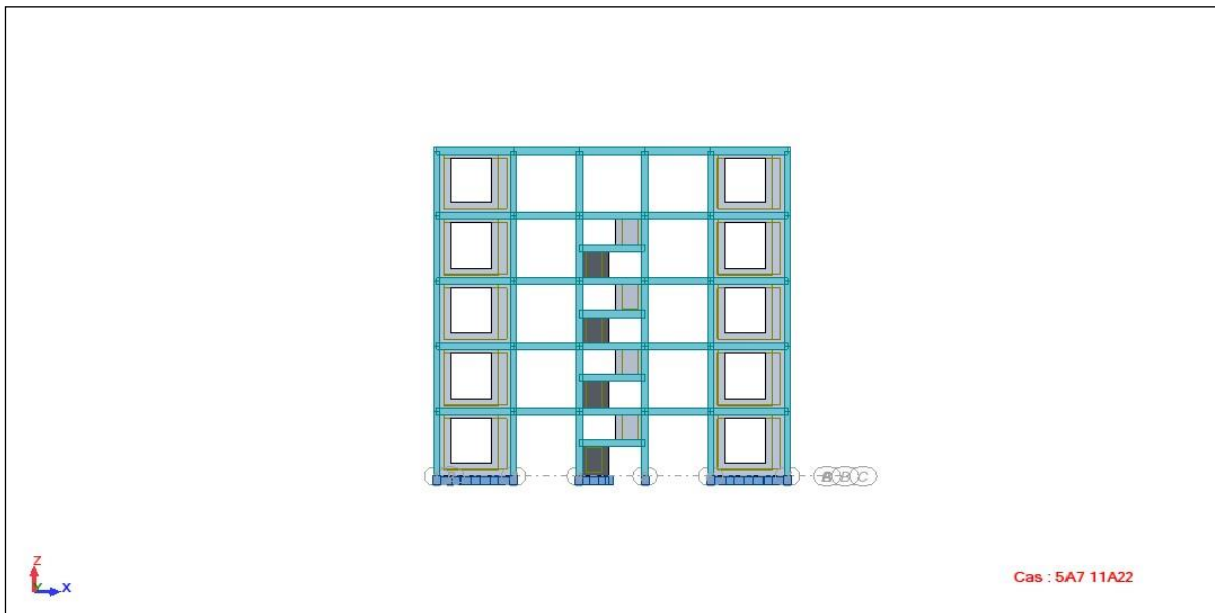


Figure 4-8 : Vue de face sens transversal

c) Vue de droite :

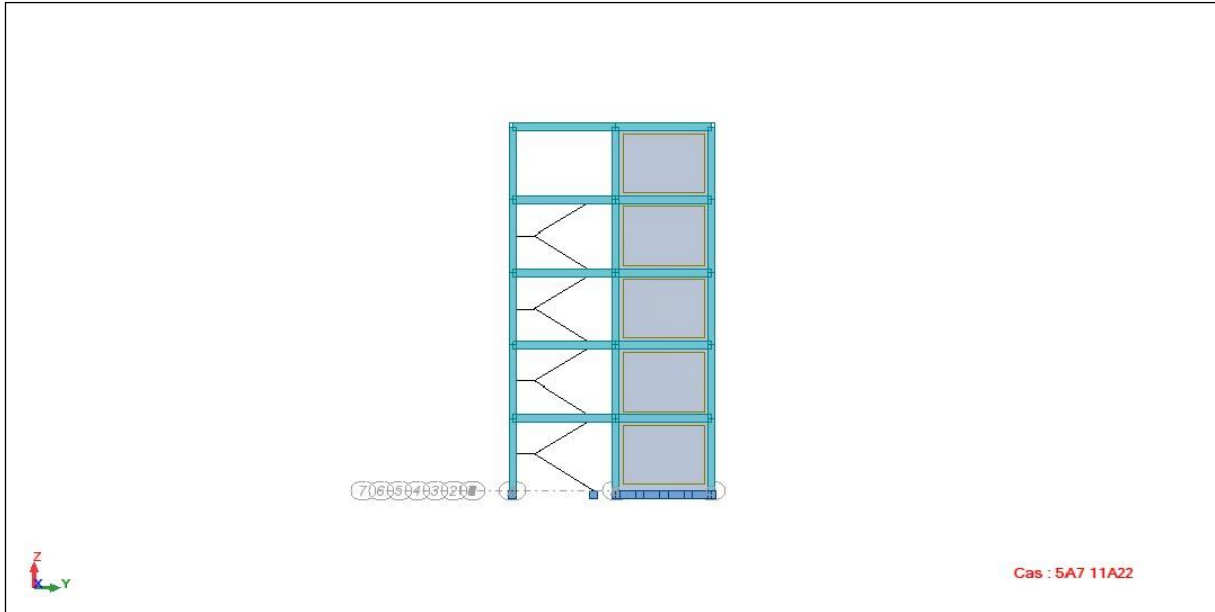
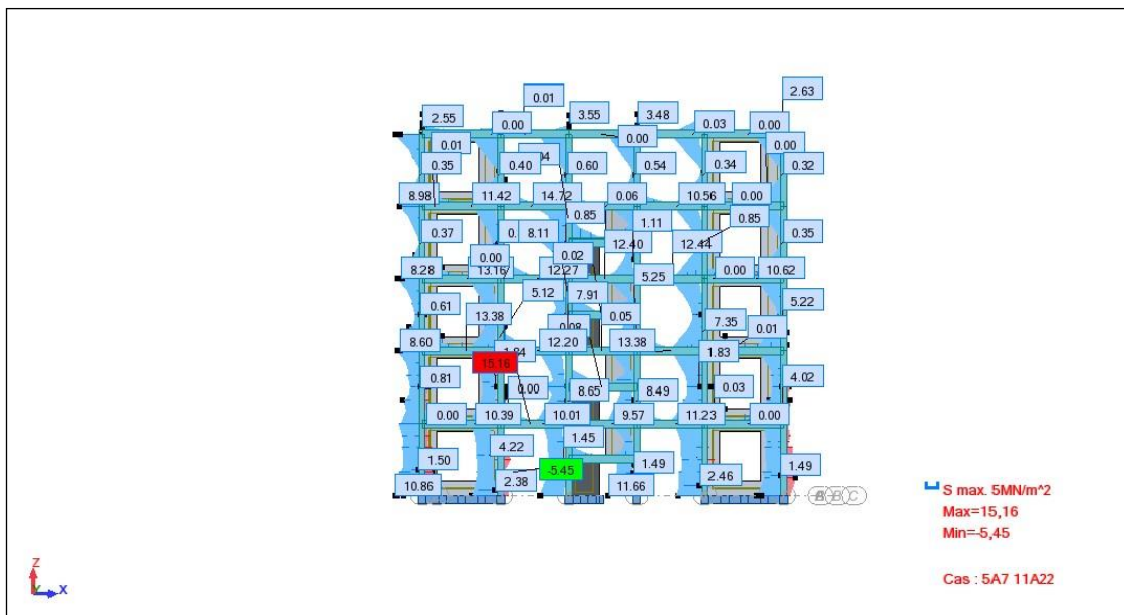


Figure 4-9 : Vue de droite sens longitudinal.

d) Diagramme et concentration des contraintes maximales :



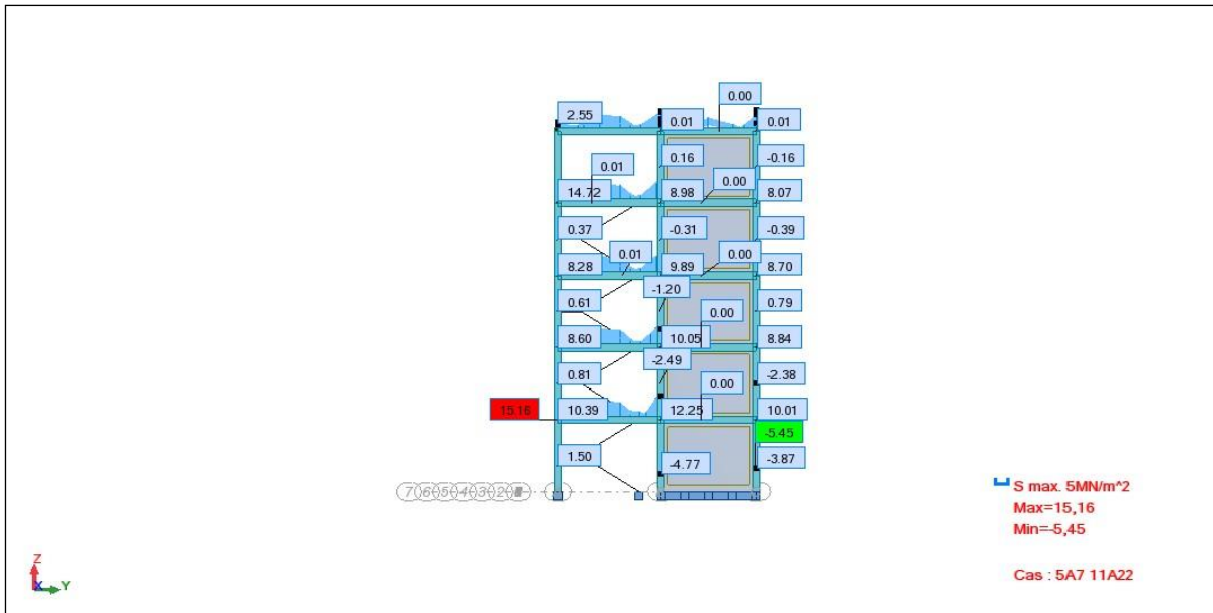


Figure 4-10 : Diagramme des contraintes nodales maximales

e) Diagramme des déformations dans la structure :

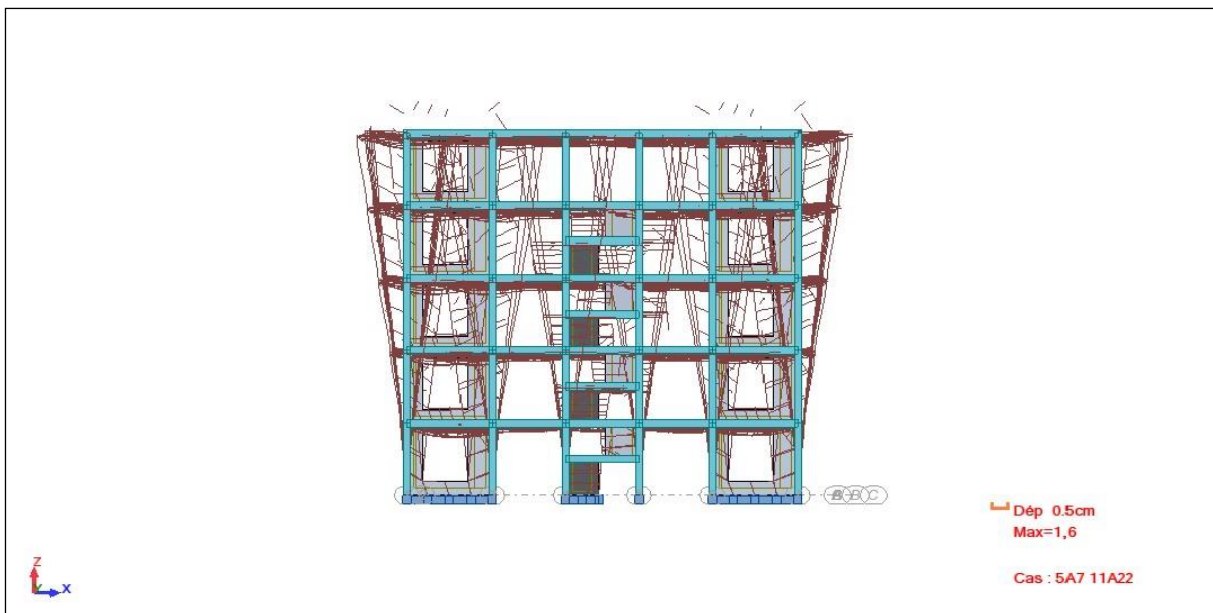


Figure 4-11 : Diagramme des déformations nodales

6.2. Structure aménagée ou transformée :

a) Vue en perspective :



Figure 4-12 : Vue en perspective

b) Vue de face :

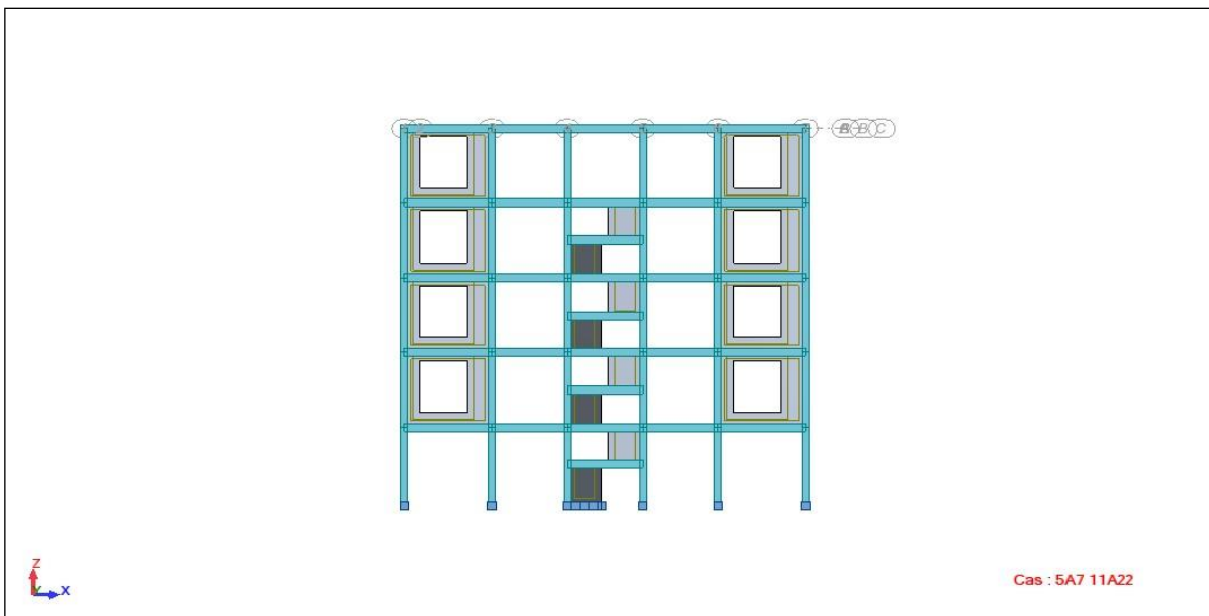


Figure 4-13 : Vue de face

c) Vue de droite :

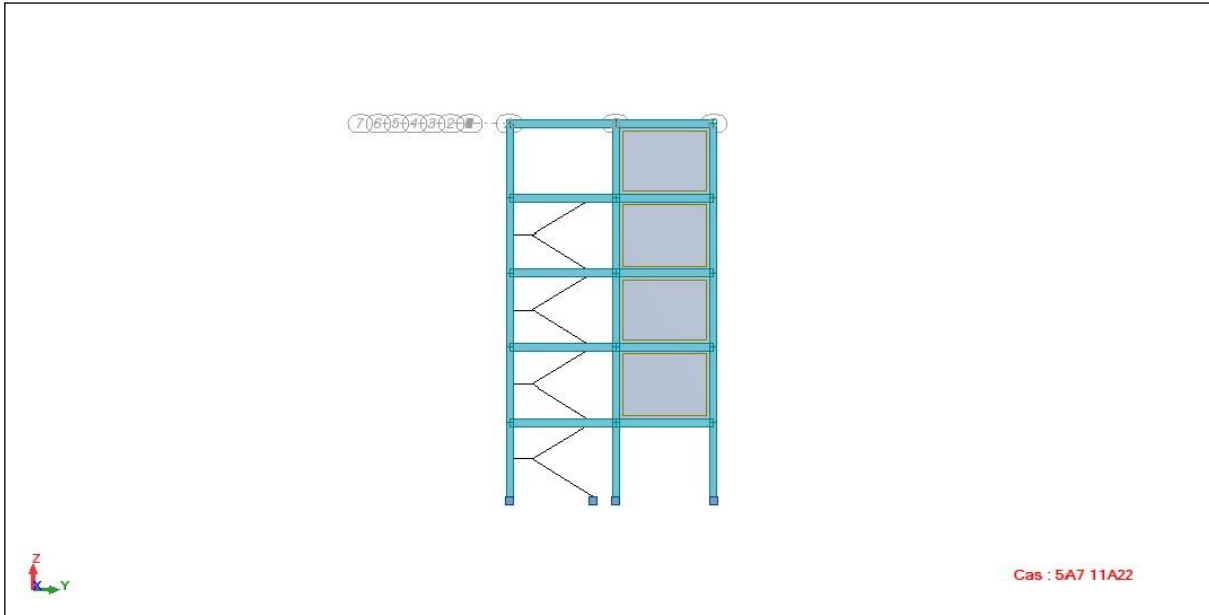


Figure 4-14 : Vue de droite

d) Diagramme et concentration des contraintes maximales :

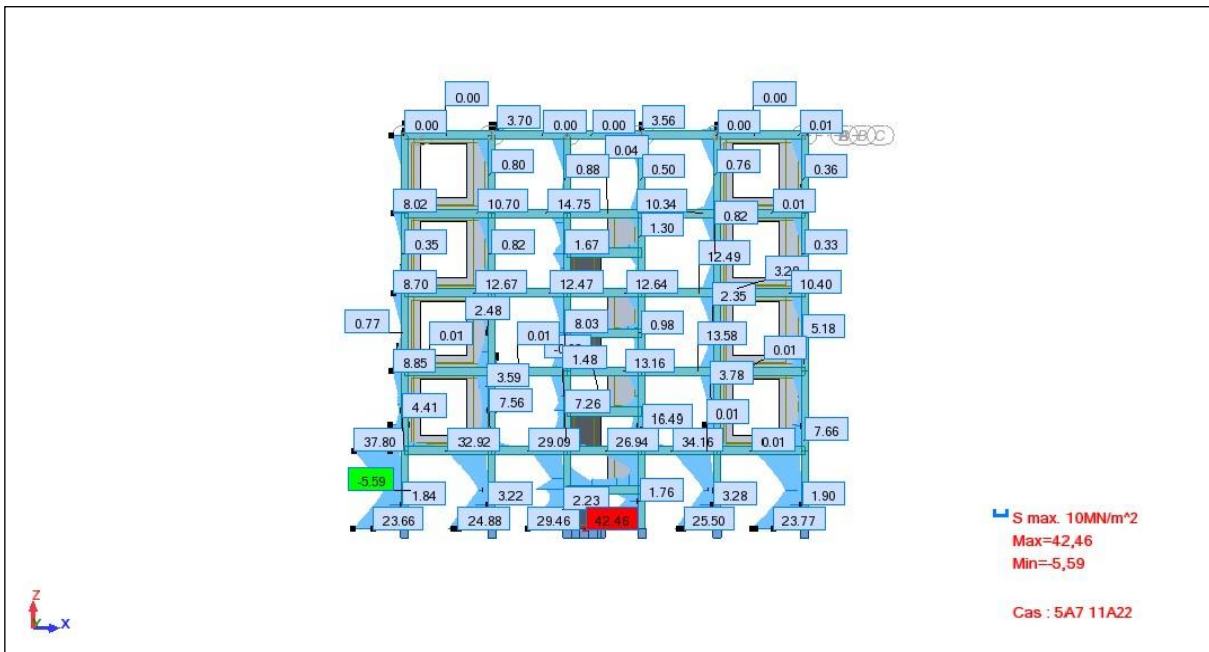


Figure 4-15-a : Illustration sous contrainte maximale-vue de face

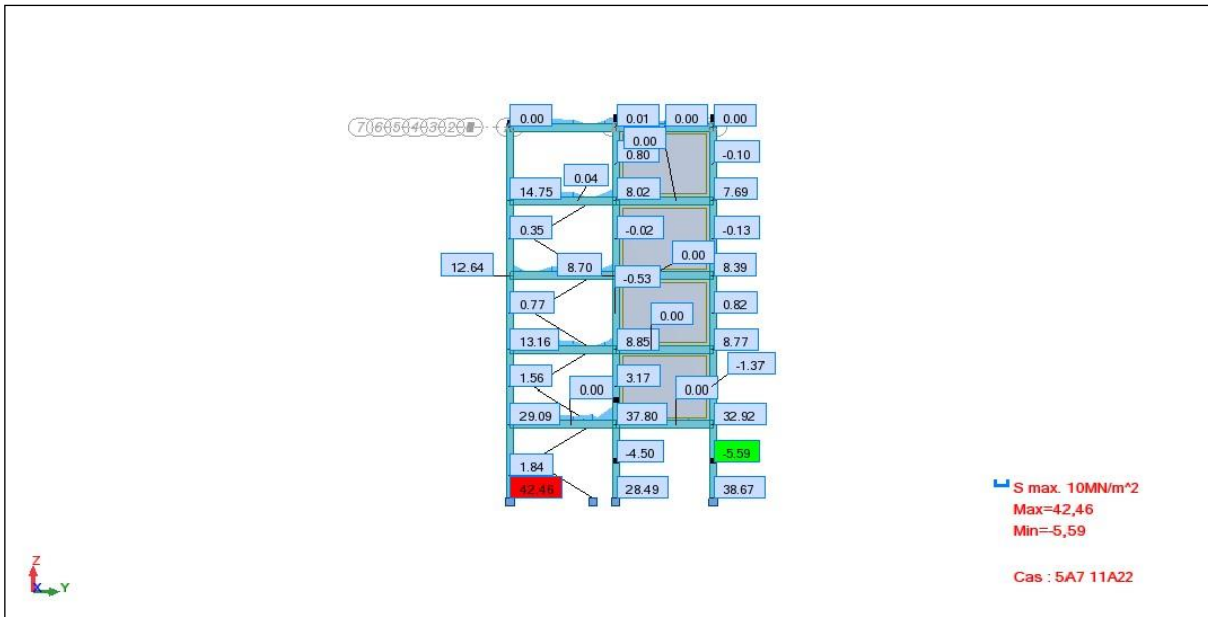
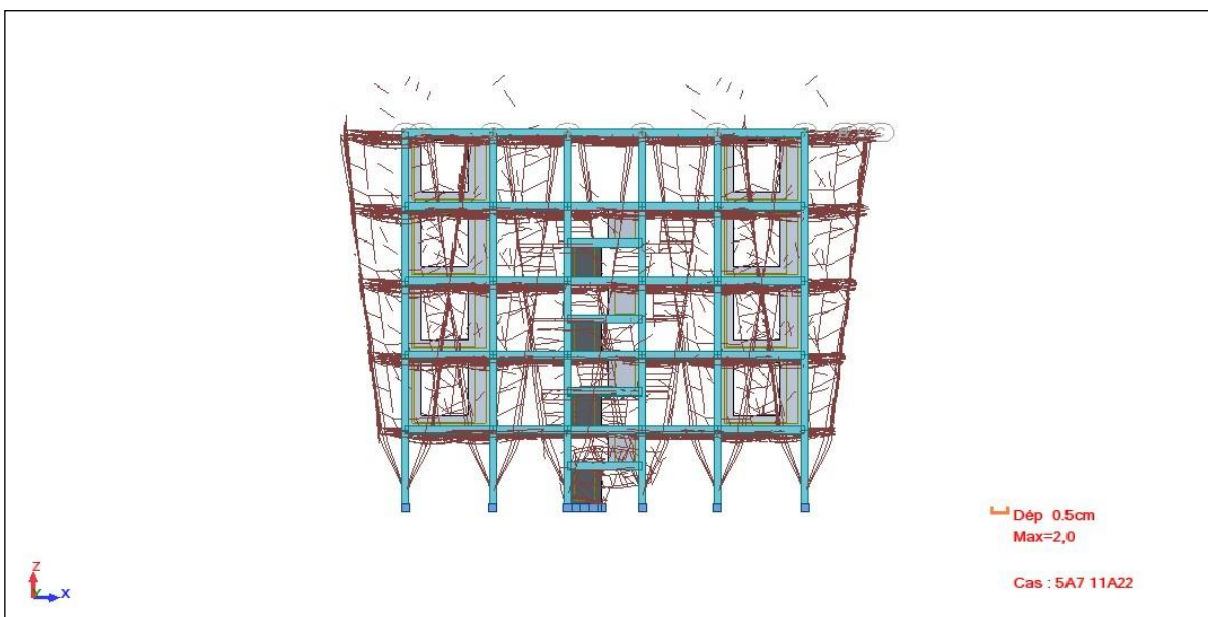


Figure 4-15 b : Illustration sous contrainte maximale-vue de droite

NB :

On constate que la contrainte est majeure au niveau sous premier plancher d'où la rupture est plus probable en cette zone.

e) Illustration de déformation du bâtiment :



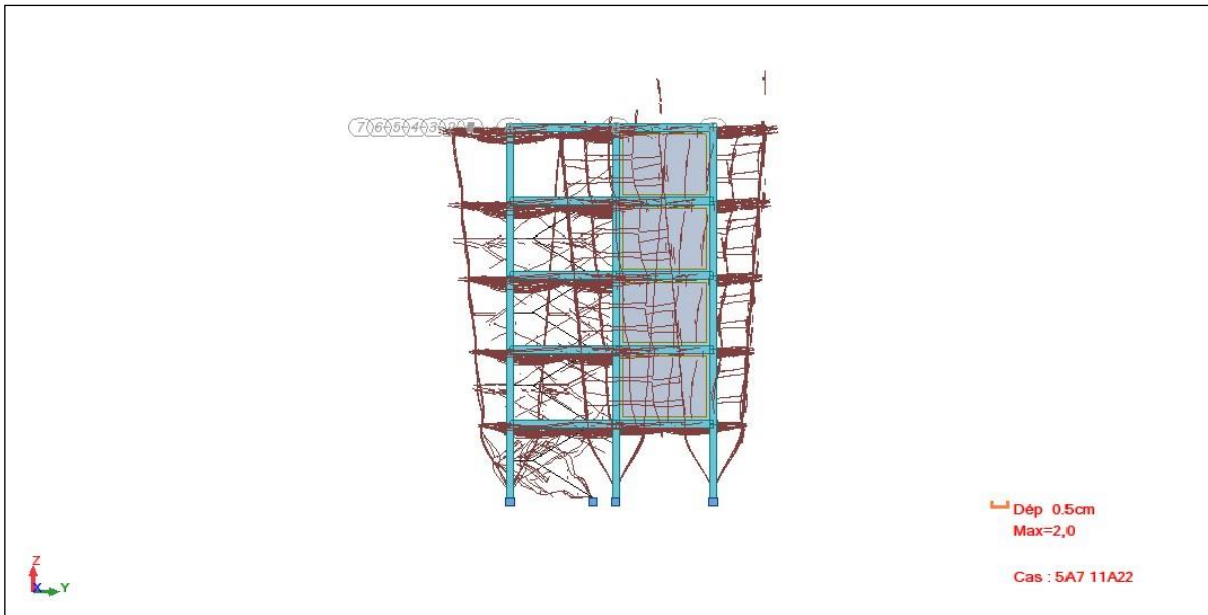


Figure 4-6 : Illustration de déformation du bâtiment

7. Interprétation sommaires des résultats obtenus :

Sur la base des transformations ci-dessus entreprises, nous avons donc simulé le comportement du bâtiment sous l'action de différentes sollicitations les plus défavorables et le diagramme des déformations et des contraintes sont ci-dessus établis.

Ces résultats démontrent bien l'amorçage de la fragilisation du niveau haut RDC.

Ces diagrammes démontrent bien que les niveaux névralgiques sont bien situés au haut RDC. L'accentuation d'une action sismique provoque la dégradation des assemblages poteaux-poutres quels que soient leur ductilité et leurs ténacités comme en témoignent la ruine de quelques blocs de bâtiments suite au séisme de Boumerdès 2003.

Cette dégradation est caractérisée donc par la formation de rotules plastiques qui se traduit par le mécanisme de ruine, aboutissant à un déplacement rigide en rouleau des étages supérieurs relativement au niveau inférieur du RDC.

CHAPITRE V : CORRELATION ENTRE LA SIMULATION ET LES CAS PATHOLOGIQUES RECENSES



Figure 5-1 : Les étages supérieurs au RDC sont complètement ruinés car relativement très vulnérables



Figure 5-2 : Niveau 1^{er} étage complètement rasé vue sa grande vulnérabilité.



Figure 5-3 : la vulnérabilité est cette fois ci observée au niveau du 1^{er} étage



Figure 5-4 : le RDC a complètement disparue de par sa vulnérabilité relative aux autres étages qui ont au contraire supporté le choc sismique.



Figure 5-5 : la même photos du sort d'un RDC d'un bloc similaire au bâtiment précédent.



Figure 5-6 : la même photo du sort d'un RDC d'un bloc de bâtiment complètement rasé alors que les étages, comme on le voit se sont bien comportés.



Figure 5-7: le même mécanisme de ruine



Figure 5-8 : RDC effondré et étages supérieurs intacts



Figure 5-9 : RDC vulnérable renforcé par colonnes métalliques

1. Corrélations :

Comme on l'a interprété auparavant, au chapitre simulation, on peut stipuler dans un esprit ingénieux qu'il est possible de superposer, sans gêner les diagrammes de contraintes et des déformations avec les mécanismes de ruines sus cités.

En effet, il est aisé de constater que les étages présentant une insuffisance de rigidité latérale, quelques soit leurs niveaux, au RDC ou étages supérieurs sont systématiquement ruinés.

Le mécanisme de ruine est tel qu'une fragilisation ponctuelle coïncide avec une concentration de contraintes ou de déformations excessives au même endroit.

Cela reflète bien la bonne corrélation schématique entre la simulation et les mécanismes de ruine sus cités.

Conclusions générales

Dans ce travail, on a abordé la vulnérabilité des constructions suite aux aménagements ou transformations qui peuvent être exécutées anarchiquement dans ces constructions, affectant leur stabilité vis-à-vis des actions accidentelles telles que séismes voire leurs affaiblissements en utilisation limite de service.

Nous avons commencé tout d'abord à expliciter les systèmes de contreventement dites autostables dans les constructions tout usage ; les systèmes de contreventement mixte ont ensuite énuméré.

On a insisté sur l'enjeu de la conception en général, en affirmant qu'un bâtiment bien conçu et mal calculé se comportera toujours mieux face aux séismes qu'un bâtiment bien calculé, mais mal conçu.

Cela nous a permis d'introduire la notion de l'aléa sismique qui est la probabilité d'occurrence sismique dans une région quelconque et dans une période aussi quelconque.

La confrontation et la corrélation de cas pathologiques effectives, nous a permis également d'étendre cette terminologie à dire que le hasard fait que deux bâtiments limitrophes de même conception subissent malgré tout un sort différent et c'est d'après nous la définition adéquate de l'aléa sismique.

Nous avons évoqué que les besoins dictés par ces dites aménagements, sont tous imposés par les vœux de détourner l'usage à des fins lucratives, ou par des exécutions domestiques telles que la création ou la suppression des relations entre espaces.

Nous avons cité dans ce sens, des exemples de cas qui ont fait jurisprudences accompagnées de camouflets des différentes administrations, qui se sont montré plutôt complaisant.

Dans ces cas d'exemples, il a été bien évident authentifié la négligence de la sécurité, la santé des citoyens usagers qui en principe doit en prévaloir.

Dans cette investigation, nous avons pris des exemples très concrets issus de cas pathologiques effectifs tirés des enquêtes du désastre du tremblement de terre de Boumerdès 2003.

La simulation a concerné un immeuble de quatre étages à usage d'habitation dans le système de contreventement était mixte (portique refend), dont la conception parasismique n'était pas sévère comparativement à celle qui s'est homologuée après le désastre de 2003.

À la vue de la mauvaise gestion du patrimoine à l'époque, le RDC a été détourné de l'usage d'habitation à un usage purement commercial. Ceci a prévalu qu'un premier utilisateur à procéder à la transformation de l'appartement F4 (partie gauche : axe 1-2-3-4) en usage commerciale (une supérette) en transformant :

i. Le voile axe C (1-2) a été complètement supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

i. Supprimer le mur de la loggia.

ii. Le voile axe 1(B-C) a été également supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

Un autre utilisateur a procédé de son côté à changer l'usage de l'appartement F3 (partie droite : axe 4-5-6) en usage commerciale (un café) en transformant :

iii. Le voile axe C (5-6) a été complètement supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

iv. Supprimé le mur de la loggia.

v. Le voile axe 6(B-C) a été également supprimé, il ne reste que le cadre poteau poutre.

Aux étages courants, tous les locataires ont supprimé le mur de la loggia pour agrandir la cuisine, tout en laissant la baie de la loggia telle qu'elle conçue initialement.

Sur la base des transformations ci-dessus entreprises, nous avons simulé le comportement du bâtiment sous l'action de différentes sollicitations les plus défavorables. Les diagrammes des déformations et des contraintes sont établis au chapitre IV, qui démontre bien l'amorçage de la fragilisation du niveau haut RDC.

Ces diagrammes démontrent bien que les niveaux névralgiques sont bien situés au haut RDC. L'accentuation d'une action sismique provoque la dégradation des assemblages poteaux-poutres quels que soient leur ductilité et leurs ténacités.

Cette dégradation est caractérisée donc par la formation de rotules plastiques qui se traduit par le mécanisme de ruine, aboutissant à un déplacement rigide en rouleau des étages supérieurs relativement au niveau inférieur du RDC.

Nous avons enfin procédé à établir une certaine corrélation entre notre simulation et des cas pathologiques systématiques observés lors du séisme de Boumerdès.

Il a été mis en évidence que la plupart des immeubles endommagés au RDC suite au séisme (voir figure...), est due à la vulnérabilité de ce niveau relativement aux étages supérieurs. Dans

ce contexte il n'est pas exclusif que seul le RDC démunie qui va subir les conséquences de cet affaiblissement, le même sort peut surgir dans les niveaux incriminés.

Enfin, nous croyons toujours qu'il faut prévaloir la bonne conception sur le calcul numérique des structures. Ne soyons pas trop pessimiste mais admettons en revanche qu'il est vain de prétendre prémunir une construction contre le risque sismique pour la seule vertu de calcul dit calcul antisismique.

Concluons encore, que l'aléa sismique n'est pas encore aujourd'hui une science maîtrisée convenablement, n'a-t-on pas constaté avec étonnement que des immeubles aménagés anarchiquement (dites aménagements aux Bulldozers) se sont bien comportés relativement aux autres bâtis non aménagés qui au contraire ont subis un sort lamentables.

Pour ce qui est des recommandations, nous stipulons qu'il est temps d'entreprendre une politique de gestion du patrimoine immobilier, fondée sur des textes scientifiques non populiste.

Ceci n'est possible que si les pouvoirs publics prennent en charge tous les constats enregistrés, chaque fois qu'un sinistre marque temporellement son occurrence et enregistre ponctuellement son désastre.

LES RÉFÉRENCES :

[1] : Analyse et dimensionnement sismiques : Comportement sismique, dimensionnement en capacité, construction parasismique (Pierino LESTUZZI, 2009) ISBN-978-2-7298-4143-0

[2] : Règlement parasismique algérien (RPA 99V2003)

[3] : (Mémoire Magister en Géophysique : Aléa sismique en un site, méthodologie et application- Mr BELLALEM Fouzi-2006-2007 ; Université de M'hamed BOUGARA-Boumerdés)

[4] : interview avec Le directeur général du CRAAG)

[5] : Site : <http://musee-sismologie.unistra.fr>

[6] : Mémoire Magister en Architecture Option : Urbanisme : espace habite entre appropriation et mutation. Cas du logement collectif à Skikda –Mme FOUFOU Sarra- 2012-2013 UNIVERSITE BADJI MOKHTAR - ANNABA)