

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE.**

**Ministère De l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique**

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Faculté de Génie de la Construction.

Département De Génie civil.



Master Académique

Spécialité : Génie Civil

Option : Structures

Thème :

**Evaluation de la vulnérabilité des structures
existantes dans la ville de Tizi-Ouzou.**

Présenté par : Mlle Belabbas Nabila

Mlle Chaibi Camélia

Encadré par :

MR AKKOUCHE KARIM

MEMBRES DE JURYS :

MR HAMIZI MOHAND

MR BOUKAIS SAID

Promotion : 2020 /2021

REMERCIEMENT

La rédaction de ces quelques lignes représente notre gratitude envers toute personne nous ayant aidé de près ou de loin à conclure notre cursus universitaire.

Nos remerciements vont d'abord au DIEU qui nous a maintenu en santé et nous a doté de courage et de puissance pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à témoigner notre profonde reconnaissance à notre encadreur MR **AKKOUCHE KARIM** pour l'effort qu'il a fourni pour son suivi, ses conseils et orientations, et sa patience envers nous.

Nous adressons nos remerciements aux membres de jury MR **HAMIZI MOHAND** et MR **BOUKAIS SAID** qui vont nous accorder une partie de leurs temps pour examiner et évaluer notre travail.

Nos remerciements vont d'avantage à tous les professeurs du département Génie Civil pour le savoir qu'ils nous ont transmis durant nos années d'étude, En particulier Mr « **AKKOUCHE KARIM** », Mm **BOUZID Leyla**, Mr **NAKMOUCHE Aghiles**.

Nous remercions également les habitants du quartier **BOUZAR** pour leurs aides, et de nous avoir accordé de leurs temps pour nous faire visiter le quartier et répondre à nos questions.

Un remerciement spécial pour ceux à qui nous devons l'essentiel, nos très chers parents pour leurs prières et leurs soutiens tout au long de notre cursus.

Dédicace

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

À l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect : mon cher père Boualem

À la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse : mon adorable mère Louiza.

À mes frères (Yacine et Hosni, Amazigh, Tarek et Malek) qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que Dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur.

À mon chère Lounes pour son soutien et son amour toute au long de ce projet

À mon adorable petite sœur « Assia » qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.

À tous mes amis que j'ai connu jusqu'à maintenant.

Et toute la promo M2 structure 2020 / 2021 Merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon chère binôme Nabila pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet

Chaleureusement Camélia.

Dédicace

À mes très chers, honorables parents...

Maman et papa

Aucune dédicace ne saurait exprimer ce que vous méritent pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance. Je dédie ce travail en témoignage de mon profond amour, et de tous les sacrifices et l'immense tendresse dont vous m'avez toujours donné.

Que ALLAH vous garde et vous procure santé et bonheur.

C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre ;

À mes très chères sœurs, belles-sœurs et mes très chers frères, qui n'ont pas cessé de me conseiller, encourager et soutenir. Que dieu les protège et leurs offre la chance et le bonheur je tiens à leurs remercier pour leurs amours et leurs encouragements ; Vous êtes la meilleure famille au monde.

À mon très cher HAMID, qui est toujours à mes côtés, je tiens à le remercier pour son soutien moral et sa patience et son amour.

À mes chères copines avec qui j'ai passé les moments les plus inoubliables THELILI, MILISSA, LYCIA.

À mes chers amis CAMELIA SAID NAZIM NASREDDINE avec qui j'ai passé toutes les périodes difficiles et les bons moments de cette année, je tiens à les remercier du fond de cœur.

À toute la Promo M2 structure 2020/2021.

Et finalement, à mon binôme Camélia pour sa patience et sa compréhension tout au long de ce travail.

Chaleureusement Nabila

Résumé :

Tizi-Ouzou, zone de sismicité modérée, le risque sismique peut-être relativement élevé puisque celui-ci inclut la vulnérabilité des bâtiments, en plus de l'aléa sismique. Or la majorité des bâtiments existants, sont conçus suivant un mode de construction particulier souvent imposé par la nature du site montagneux.

À cet effet, dans ce PFE, une étude sur la vulnérabilité des structures implantées dans la ville de Tizi-Ouzou est effectuée. Pour mener bien cette recherche, nous avons considéré deux parties distinctes. Dans la première phase, le but c'est de dégrossir le problème c-à-d. distinguer les structures vulnérables de celles qui ne le sont pas, en s'appuyant sur la fiche d'évaluation élaborée en amont, une inspection visuelle des structures (77 structures) implantées à Tizi-Ouzou « Bouzar » est effectuée. Dans la seconde phase, en s'appuyant, d'une part sur les résultats issus du traitement de la banque de données (77 fiches d'évaluation), d'une autre part, sur la théorie existante, à savoir la méthode statique non linéaire dite push over, une étude plus approfondie est menée sur une structure existante jugée vulnérable après inspection visuelle. Après analyse, la structure avec voiles « structure existante » est comparée à une autre sans voile « structure témoin ». La comparaison est effectuée à l'échelle ;

- Globale en s'appuyant sur les courbes de capacités et le niveau de performance,
- Locale selon la nature des rotules plastiques apparues sur les éléments poteaux et poutres.

Mots clé : Bâtiment ; fiche d'inspection ; vulnérabilité ; pushover ; courbe capacité ; rotule plastique.

abstract:

Tizi-Ouzou, zone of moderate seismicity, the seismic risk may be relatively high since the risk includes the vulnerability of buildings, in addition to the seismic hazard. However, the majority of existing buildings are designed according to a particular construction method often imposed by the nature of the mountainous site.

To this end, in this work, a study on the vulnerability of structures located in the city of Tizi-Ouzou is conducted. To carry out this research, we considered two distinct parts. In the first phase, with the aim of roughing out the problem, i.e., distinguishing vulnerable structures from those that are not, based on the evaluation form developed in the first phase, a visual inspection of the structures (77 structures) located in Tizi-Ouzou "Bouzar" is carried out. In the second phase, based, on the one hand, on the results of the processing of the database (77 evaluation forms), and on the other hand, on the existing theory, namely the static non-linear method called push over, a more thorough study is conducted on an existing structure deemed vulnerable after visual inspection. After analysis, the structure with veil "existing structure" is compared to another one without veil "control structure". The comparison is made at the scale;

- Global based on capacity curves and performance level.

- the local scale according to the nature of the plastic hinges appeared on the columns and beams.

Key words: Building; inspection sheet; vulnerability; pushover; capacity curve; plastic hinge.

- I. Remerciements
- II. Dédicaces
- III. Résumés
- IV. Tables des matières
- V. Liste des figures
- VI. Liste des tableaux

Table des matières
Introduction générale.

Chapitre I

Etat de l’art sur la théorie d’évaluation de vulnérabilité

- I. Introduction 01
- II. Définition 01
- III. Historique de la sismicité Algérie 02
- IV. Récapitulation des méthodes d’évaluation..... 03
- V.L’étude de la sismicité..... 04
- VI. Présentation de quelques fiches d’évaluation 05
- VII. Conclusion 20

Chapitre II

Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou

Partie A : présentation des structures

- I. Introduction 21
- II. Présentation de la zone d’étude. 21

III. Présentation des structures	24
III.1. Structures en maçonnerie.....	24
III.2. Structures en portiques.....	25
III.3. Structures mixtes.....	25
III.4. Structures en voiles	26

Partie B : présentation des structures

IV. Conclusion	31
----------------------	----

Chapitre III

Interprétation des résultats

I. Introduction.....	32
II. récapitulatif des résultats	32
III. interprétation des résultats.....	34
III.1. Classification par types de constructions	34
III.2. Classification par usages	35
III.3. Classement par rapport à l'étude sismique.....	35
III.4. Classification par rapport à la qualité d'exécution	36
III.5. Classification des structures par rapport à la présence du vide sanitaire	37
III.6. Classification par rapport à la présence d'entresol.....	38
III.7. Classification par rapport à l'inclusion des voiles	39
III.8. Classification par rapport aux nombres de niveaux d'entresols.....	39
IV. Conclusion	40

Chapitre IV

L'analyse non linéaire

I. Introduction.....	41
Partie A : présentation de méthode d'analyse Push-Over	
II. Analyse Push-Over	41
II.1. Les objectifs d'utilisation de la méthode Push-Over	43
II.2. Principe de la base de la méthode Push-Over.....	43
II.3. Rotules plastiques	44
II.4. Formation des rotules plastiques	45
II.5. Distribution des forces horizontales	45
II.6. Courbe de capacité.....	46
II.7. Niveau d'endommagement.....	47
II.8. Identification de point de performance.....	47
II.9. Niveaux de performance.....	49
Partie B : partie modélisation	
III. Etapes de modélisation.....	52
III.1. Caractéristiques du bâtiment	52
III.2. Les charges considérés	53
III.3. Modélisation avec l'outil ETABS	53
IV. Conclusion	57

Chapitre V

Interprétation des résultats de l'analyse non linéaire

I. Introduction.....	58
II. Présentation et interprétation à l'échelle globale.....	58

II.1. Comparaison des deux structures	58
II.2. Structure existante « voile intégré »	59
II.3. structure témoin « sans voile »	61
III. Présentation et interprétation à l'échelle local	62
IV. Evolution des rotules plastique	62
IV.1. Cas de structure avec voiles	63
IV.2. Cas de structure sans voiles	66
V. Comparaison entre les deux structures	69
VI. Conclusion	70
Conclusion général et pespectives	65

Listes des figures.

Chapitre I :

Figure I-1:Séisme du 21 mai 2003 à Boumerdes (Zemmouri 2003).....	1
Figure I-2:Fiche d'évaluation de la vulnérabilité des structures Italienne (Baggio et al. 2007)	6
Figure I-3:Fiche d'évaluation de la vulnérabilité sismique des structures Indienne.....	8
Figure I-4:Fiche d'évaluation de la vulnérabilité des structures en France (Milan ZaCek1998).....	9
Figure I-5:Fiche d'évaluation des structures existantes Algériennes-ville de Constantine	10
Figure I-6:Fiche d'évaluation des structures existante de Tizi-Ouzou.....	12

Chapitre II:

Figure II-1 :Présentation de la ville de Tizi-Ouzou	14
Figure II-2 :les quartiers de la ville de Tizi-Ouzou.....	16
Figure II-3 :structure en maçonnerie (Cherifi, 2016).....	16
Figure II-4 :Structure en béton armé (Cherifi.F, 2016).....	17
Figure II-5 :structure en poteaux-poutres	18
Figure II-6 :Structures mixtes	18
Figure II-7 :Structure en voile	19
Figure II-8 :La structure inspectée	19
Figure II-9 :poteau, voile et poutre	21
Figure II-10 :Plan de fondation de la structureinspectée	21
Figure II-11 :La fiche d'évaluation de la structure	22
Figure II-12 :Eléments en maçonnerie	23
Figure II-13 :Vue sur la structure avoisinante de la structure inspectée	24

Chapitre III :

Figure III-1 :Type de construction.....	27
Figure III-2 :Classification par usage	28
Figure III-3 :Conformité sismique.....	29
Figure III-4 :Entreprises qualifiées.....	30
Figure III-5 :Vide sanitaire.....	31

Figure III-6 :La présence d’entresol	31
Figure III-7 :Présence de voile	32
Figure III-8 :Niveaux d’entresols	33

Chapitre VI :

Figure VI-1 :la courbe « Push-over » qui représente la variation de l’effort tranchant à la base en fonction du déplacement au sommet du bâtiment. (Abdesslam.I2018)	35
Figure VI-2 :Principe de l’analyse push-over	36
Figure VI-3 :Rotules plastiques au niveau des poteaux et des poutres	37
Figure VI-4 :Rotule plastique au niveau des poteaux et des poutres	37
Figure VI-5 :Formation des zones plastifiées (Mohamed Maziani. 2015)	38
Figure VI-6 :Distribution des forces horizontales associées à diverses déformations.....	38
Figure VI-7 :transformation de la courbe de push-over en courbe de capacité	39
Figure VI-8 :Niveaux d’endommagement représenté par une courbe de capacité.	40
Figure VI-9 :point de performance et principe d’évaluation de la courbe de capacité. (EC-8 2004)	41
Figure VI-10 :Point de performance et principe d’évaluation de la courbe de capacité.....	41
Figure VI-11 :Point de performance – principe de réduction du spectre	42
Figure VI-12 :Courbe de capacité et les niveaux de performance structurelle. (Abdesslam.I 2018)....	43
Figure VI-13 :Représentation graphique de l’état d’endommagement des structures en B.A.....	44
Figure VI-14 :La géométrie du modèle	46
Figure VI-15Les propriétés mécaniques des matériaux.....	47
Figure VI-16 :Les caractéristiques géométriques des poutres.....	47
Figure VI-17 :Les caractéristiques géométriques des poteaux.....	48
Figure VI-18 : Spectre RPA99/03	48
Figure VI-19 :Les combinaisons de charges.....	49
Figure VI-20 :Rotules plastiques.....	49

Chapitre V :

Figure V-1 :Comparaison entre les deux structures étudiées selon leurs courbes de capacité	51
Figure V-2 :Intersection de la tangente de la courbe de capacité de la structure avec voile.....	52

Figure V-3 :Position du Point de performance de la structure avec voile	53
Figure V-4 :Intersection de la tangente de la courbe de capacité de la structure sans voile	54
Figure V-5 :Position du Point de performance de la structure sans voile en fonction des degrés	55
Figure V-6 :Distribution des rotules plastique issues du troisième pas de charge.....	56
Figure V-7 :Distribution des rotules plastique issues du cinquième pas de charge	57
Figure V-8 :Distribution des rotules plastique issues du septième pas de charge	58
Figure V-9 :Distribution des rotules plastique issues du quatrième pas de charge	59
Figure V-10 :Distribution des rotules plastique issues du cinquième pas de charge	60
Figure V-11 :Distribution des rotules plastique issues du sixième pas de charge.....	61

Liste des tableaux.

Tableau I.1 : Principaux séismes d'Algérie.....	2
Tableau.III.01 :Résultats d'inspection.....	25
Tableau.IV.1 : les sections des poteaux de la structure analysée.....	45
Tableau.IV.2 : Les poutres de la structure analysée.....	45
Tableau V.1 : Etat d'endommagement des structures en béton	53

INTRODUCTION GENERALE

La vulnérabilité sismique des bâtiments peut être évaluée pour un ensemble de structures par des méthodes d'évaluation à l'échelle urbaine. Ces méthodes qualitatives, basées sur une simple expertise visuelle des bâtiments, peuvent entraîner des incertitudes sur l'évaluation, par contre, le recours à des méthodes quantitatives est une solution parfaite lors d'une évaluation de la vulnérabilité sismique d'un seul bâtiment.

L'Algérie n'a pas cessé tout au long de son histoire d'être ravagée par des séismes marqués par des dégâts matériels et des pertes humaines considérables. A cet effet, comme tout autre pays sismique, pour se protéger des tremblements de terre, l'Algérie s'est dotée d'un protocole préparatoire (Phases post-crise, pendant crise et pré-crise) pour une gestion meilleure des situations catastrophique. Selon certain chercheurs (Hamizi et al 2008, Bouzid et al 2020), vu l'importance du parc immobilier, parmi ces phases, la pré-crise est l'une des étapes les plus importantes et plus cruciales. Cette phase se traduit essentiellement par des propositions de méthodes permettant d'estimer le niveau de vulnérabilité à l'échelle de structure (Boukri et al 2014, Chirifi 2016, Akkouche et al 2018) et à l'échelle d'une ville (Bendetti.D 1988, Dunanad.F 2010, Maamar et al 2016).

De telles méthodes se fondent sur des bases de données bien spécifique (Mode de construction, sol de construction, matériaux de construction, code de calcul, règlement parasismique...etc.), en d'autre termes, l'utilisation de ces méthodes dans le contexte du bâti Algérien, en particulier, les bâtiments implantés dans la ville de T-O induit des erreurs systématiques. Dans cette perspective, une nouvelle fiche d'inspection des structures existantes dans la ville de TO est proposée dans ce travail.

Notre travail a pour objectif d'estimer le niveau de vulnérabilité dans la ville de Tizi-Ouzou (quartier BOUZAR) qui se situe dans une zone de moyenne sismicité selon les règles parasismiques RPA99/03. Pour mener à bien ce travail, deux approches distinctes, à savoir : l'approche qualitative dans le but de dégrossir le problème (le nombre de structures) et une autre dite quantitative permettant d'approcher au mieux le comportement de la structure.

La structure du présent manuscrit est organisée comme suit :

Chapitre 1 : Une revue bibliographique des différentes théories est donnée dans un premier temps. Dans un second temps, une fiche d'évaluation propre aux structures implantées dans la ville de Tizi-Ouzou est élaborée.

Chapitre 2 : Après présentation des différents quartiers de la ville de Tizi-Ouzou, un exemple permettant d'éclaircir les différentes étapes de l'inspection visuelle est donné.

Chapitre 3 : Présentation et interprétation des résultats de l'inspection visuelle.

Chapitre 4 : Une revue bibliographique relative à la théorie d'analyse statique non linéaire est donnée suivit d'une présentation de différentes étapes de modélisation d'une structure inspectée en amont.

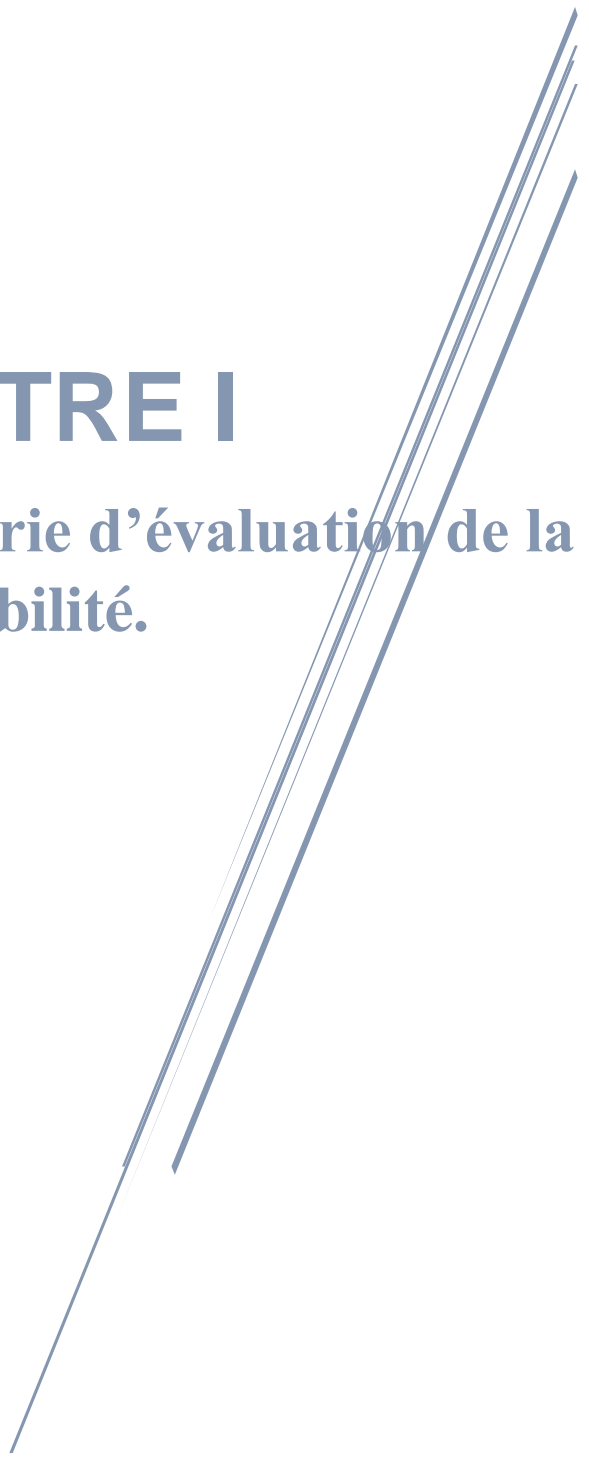
Chapitre 5 : Deux types de résultats sont donnés, à savoir :

- À l'échelle locale : assimilé à l'apparition des rotules plastiques au niveau des éléments poutres et poteaux.
- À l'échelle globale : se traduit par l'identification du niveau de performance de la structure étudiée.

Les différentes conclusions obtenues dans ce présent travail de recherche, ainsi que certaines perspectives pour des travaux futurs sont données à la fin de ce manuscrit.

CHAPITRE I

Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la
vulnérabilité.



CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

I. Introduction

Ce chapitre est scindé en deux parties très distinctes, dans un premier temps, la définition des séismes, et, une revue bibliographique de la théorie d'évaluation et d'estimation du niveau de vulnérabilité des structures est donnée. En s'appuyant sur la théorie existante, dans la deuxième partie, une fiche permettant d'évaluer le niveau de vulnérabilité des structures existantes dans la ville de Tizi Ouzou est développée.

II. Définition

Les séismes sont des phénomènes naturels très destructeurs causant d'énormes pertes (humaines et matérielles). Ces dernières dépendent essentiellement de l'importance de l'intensité sismique, mais aussi, du niveau de vulnérabilité du parc bâtis (voir figure I.1).



Figure.I.1 : Séisme du 21 mai 2003 à Boumerdes (Zemmouri 2003).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

III. Historique de la sismicité en Algérie

L'activité sismique en Algérie est connue depuis le 02 janvier 1365 date à laquelle s'est produit le séisme d'Alger, antérieurement à cette date, la sismicité n'est pas connue faute de disponibilité de documentation ou d'étude sur les archives relatives aux époques médiévale et de notre pays (Beldjoudi 2011).

De nombreux séismes se sont produits (voir le tableau I.1), parmi eux :

Tableau I.1 : Principaux séismes d'Algérie (Abbacha 2015).

Date	épicentre	magnitude	intensité	Morts et blessés
09-sept-1980	Wilaya de chalef	7.3	IX	5000 morts, 9000 blessés
27-oct-1985	Wilaya de Constantine	5.9	inconnue	6 morts de la dizaine de blessés
29-oct-1989	Wilaya Tipaza	5.9	VII	30 morts 245 blessé
21-mai-2003	Wilaya de Boumerdes	6.8	X	2266morts .10261 blessés
27-mai-2003	Wilaya d'Alger	5.1	inconnue	9 morts 180blessés
14-mai-2010	Wilaya de Bouira	5.6	inconnue	2 morts. 43 blessés
1 aout 2014	Wilaya d'Alger	5.3	VI	6 morts. 400 blessés
29-mai-2016	Wilaya de Médéa	4.6	/	/
05-mars-2017	Wilaya de Skikda	5.0	/	/
02-janv-2018	Wilaya de Blida	5.0	/	Aucun
21-janv-2020	Wilaya de Jijel	5.0	/	/
22-nov-2020	Wilaya de Skikda	5.2	/	Aucun
18-mars-2021	Wilaya de Bejaïa	6.0	/	Aucun

IV. Récapitulation des méthodes d'évaluation du niveau de vulnérabilité

Pour se protéger des destructions pouvant être occasionnées par les tremblements de terre, plusieurs travaux de recherches ont été effectués dans le monde (Akkouche.K 2020). Ces travaux peuvent être classés en trois grandes familles, à savoir :

A- L'étude qualitative

Parmi les méthodes qualitatives, les plus réputées sont :

- Méthode GNDT : selon (Benedetti.D 1988), la première formulation a été élaborée par Benedetti et al. Son objectif a été la définition d'une méthode d'évaluation de la vulnérabilité à une échelle urbaine. Cette méthode de l'indice de vulnérabilité repose sur un système de notation des différents éléments structuraux et non structuraux.
- La méthode RISK-UE : La méthode RISK-UE (Dunanad.F 2010), a été élaborée dans le cadre d'un projet européen par des organismes de différents pays européens et elle a été appliquée dans sept villes : Bitola (Macédoine), Thessalonique (Grèce), Catane (Italie), Bucarest (Roumanie), Barcelone (Espagne), Sofia (Bulgarie) et Nice (France).
- Méthode VULNERALP : La méthode VULNERALP (Dunanad.F 2010), est une adaptation de la méthode GNDT (Benedetti. 1988), par la simplification de l'enquête.

B- L'étude quantitative

Les méthodes quantitatives nécessitent d'apprécier le comportement mécanique de chaque ouvrage. Plusieurs types de méthodes sont utilisés, en fonction de la typologie structurale, mais aussi des objectifs recherchés (Maamar et al 2016). Parmi les méthodes les plus courantes, on peut citer :

- Les méthodes d'analyse linéaires souvent préconisées par les codes parasismiques « analyse en forces latérales, analyses modales avec utilisation d'un spectre de réponse » (Maamar et al 2016);
- Les méthodes non linéaires, dans cette optique plusieurs théories existent, à savoir : l'analyses statiques non linéaires en poussée progressive, l'analyses dynamiques temporelles non linéaires avec utilisation d'accélérogrammes...etc (Maamar et al 2016).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Le recours à ces méthodes est nécessaire dès lors que l'on s'engage dans des évaluations précises de la vulnérabilité, dans l'optique du dimensionnement et de l'évaluation des coûts de renforcement.

C- L'étude mixte

Selon (Mammar et al 2016) basées sur des approches qualitatives, le plus souvent indicielles (fondées sur la définition indice de vulnérabilité), couplées à des méthodes de calculs simplifiées, ou faisant appel pour les cas les plus complexes, aux méthodes quantitatives.

V. L'étude de la sismicité

Comme tous pays concernés, y compris à sismicité modérée, l'Algérie c'est dotée d'un protocole préparatoire pour la gestion de crise sismique. Celui-ci est obtenu par un cheminement de plusieurs tâches complémentaires suivant un ordre logique. D'une manière générale, la gestion peut être représentée par trois phases très distinctes : « pré-crise », « Pendant la crise » et « post-crise ». Ces dernières années, en particulier après le séisme de Boumerdes en 2003, les dirigeants politiques de notre pays et les responsables des organismes de gestion de crise (en particulier le « CGS ») ont pris conscience de la vulnérabilité des centres urbains situés en zone sismique. Ainsi, un vaste programme d'action axé sur l'intégration de la prévention des risques majeurs en tant que paramètre essentiel dans différents programmes de développement, d'aménagement du territoire et d'urbanisme. Parmi les travaux réalisés on retrouve, entre autres, ceux qui s'inscrivent dans :

A- La phase pré-crise

Les recherches effectuées durant cette phase, se concentrent en grande partie sur : l'évaluation de la vulnérabilité du bâtis existants (Hamizi et al. 2010 ; Boukais et al, 2013 ; Kahil et al. 2017 ; Nekmouche et al. 2017), la réalisation des différents scénarios pouvant apparaître après séisme (Boukri et al. 2018)

B- La phase post-crise

Les études effectuées durant cette phase se focalise sur l'amélioration du niveau de protection des nouvelles constructions. A cet effet, en plus de la prise en compte des progrès scientifiques, l'actualisation des différents codes de construction et règlements parasismiques est effectués aussi suivant les conclusions tirées du retour d'expérience. Exemple, l'édition de cinq

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

(05) versions successives du RPA, révisées et enrichies après chaque événement sismique (entre 1981 et 2003).

Sachant que, l'apparition des dommages est un fait inévitable après de tels événements, en plus des deux actions préventives évoquées ci-dessus (phases pré et post crise), il est donc important de procéder à une amélioration de la gestion de la situation « pendant la crise ». Parmi les tâches figurant dans cette phase, pour diverses raisons, celle de l'évaluation des dommages joue un rôle très important dans cette phase. Elle permet d'une part, d'accélérer le sauvetage des personnes qui peuvent encore l'être après le choc principal et d'une autre part, de les aider aussi à reprendre une vie normale le plus tôt possible. À cet effet, la communauté scientifique et la société civile s'accordent pour souligner le caractère primordial de l'évaluation des dommages occasionnés aux bâtis. (Akkouche. 2019).

VI. Présentation de quelques fiches d'évaluation

A- La fiche Italienne

En 2007, Baggio et al ont développé un guide d'évaluation des structures Italienne. Ce manuel est subdivisé en deux grandes parties, la première est réservée à l'inspection des structures avant séisme c.-à-d. à l'identification des structures vulnérables (voir figure I.2), et la seconde est réservée à l'évaluation des dommages post-sismique.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO DEI SERVIZI
TECNICI NAZIONALI



Presidenza del Consiglio dei Ministri
DIPARTIMENTO NAZIONALE DELLA PROTEZIONE CIVILE

Consiglio Nazionale delle Ricerche
GRUPPO NAZIONALE PER LA
DIFESA DAI TERREMOTI



7.1.1.1 1° LEVEL FORM FOR POST-EARTHQUAKE DAMAGE AND USABILITY ASSESSMENT

7.1.1.1.1 AND EMERGENCY COUNTERMEASURES IN RESIDENTIAL BUILDINGS (AeDES 05/2000)

SECTION 1 Building identification		SURVEY IDENTIFICATION		day	month	year
Province:	_____	Team	_____	Form n.	_____	_____
Municipality:	_____	Date	_____	_____	_____	_____
Locality:	_____	1.1. BUILDING IDENTIFICATION		Region Istat	Province Istat	Municipality Istat
Address	_____	Aggregate No.	_____	Building No.	_____	_____
1 <input type="radio"/> Street	Number	Istat Hamlet code	_____	Type of map	_____	_____
2 <input type="radio"/> Road		Istat Census code	_____	Map No.	_____	_____
3 <input type="radio"/> Alley		Cadastral data	Sheet _____	Allegato _____		
4 <input type="radio"/> Square		Parcels	_____	_____	_____	_____
5 <input type="radio"/> Other		Building position	1 <input type="radio"/> Isolated	2 <input type="radio"/> Internal	3 <input type="radio"/> Extreme	4 <input type="radio"/> Corner
Building denomination or owner's name	_____	Destination Code	S	_____	_____	_____

Photocopy of the structural aggregate with building indication

SECTION 2 Building description																																								
Metric data			Age	Use																																				
Total number of stories	Average storey height [m]	Average storey surface [m ²]	Construction and renovation [max 2]	Use	No. of units in use	Utilisation	No. of occupants																																	
<input type="radio"/> 1 <input type="radio"/> 9 <input type="radio"/> 2 <input type="radio"/> 10 <input type="radio"/> 3 <input type="radio"/> 11 <input type="radio"/> 4 <input type="radio"/> 12 <input type="radio"/> 5 <input type="radio"/> >12 <input type="radio"/> 6 <input type="radio"/> 7 <input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 1 ≤ 2.50 <input type="radio"/> 2 $2.50-3.50$ <input type="radio"/> 3 $3.50-5.0$ <input type="radio"/> 4 > 5.0 No. of basements <input type="radio"/> A 0 <input type="radio"/> C 2 <input type="radio"/> B 1 <input type="radio"/> D ≥ 3	<input type="radio"/> A ≤ 50 <input type="radio"/> I $400-500$ <input type="radio"/> B $50-70$ <input type="radio"/> L $500-650$ <input type="radio"/> C $70-100$ <input type="radio"/> M $650-900$ <input type="radio"/> D $100-130$ <input type="radio"/> N $900-1200$ <input type="radio"/> E $130-170$ <input type="radio"/> O $1200-1600$ <input type="radio"/> F $170-230$ <input type="radio"/> P $1600-2200$ <input type="radio"/> G $230-300$ <input type="radio"/> Q $2200-3000$ <input type="radio"/> H $300-400$ <input type="radio"/> R > 3000	<input type="radio"/> 1 ≤ 1919 <input type="radio"/> 2 $19-45$ <input type="radio"/> 3 $46-61$ <input type="radio"/> 4 $62-71$ <input type="radio"/> 5 $72-81$ <input type="radio"/> 6 $82-91$ <input type="radio"/> 7 $92-01$ <input type="radio"/> 8 ≥ 2002	<input type="radio"/> A Residential <input type="radio"/> B Production <input type="radio"/> C Business <input type="radio"/> D Offices <input type="radio"/> E Public services <input type="radio"/> F Warehouse <input type="radio"/> G Strategic services <input type="radio"/> H Touristic	<input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> _____	<input type="radio"/> A $> 65\%$ <input type="radio"/> B $30-65\%$ <input type="radio"/> C $< 30\%$ <input type="radio"/> D Not utilised <input type="radio"/> E In construction <input type="radio"/> F Uncompleted <input type="radio"/> G Abandoned	<table border="1"> <tr> <th>100</th> <th>10</th> <th>1</th> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 0</td> <td><input type="radio"/> 0</td> <td><input type="radio"/> 0</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 1</td> <td><input type="radio"/> 1</td> <td><input type="radio"/> 1</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 2</td> <td><input type="radio"/> 2</td> <td><input type="radio"/> 2</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 3</td> <td><input type="radio"/> 3</td> <td><input type="radio"/> 3</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 4</td> <td><input type="radio"/> 4</td> <td><input type="radio"/> 4</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 5</td> <td><input type="radio"/> 5</td> <td><input type="radio"/> 5</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 6</td> <td><input type="radio"/> 6</td> <td><input type="radio"/> 6</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 7</td> <td><input type="radio"/> 7</td> <td><input type="radio"/> 7</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 8</td> <td><input type="radio"/> 8</td> <td><input type="radio"/> 8</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 9</td> <td><input type="radio"/> 9</td> <td><input type="radio"/> 9</td> </tr> </table>	100	10	1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 9
100	10	1																																						
<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 0																																						
<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 1																																						
<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 2																																						
<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 3																																						
<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 4																																						
<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 5																																						
<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 6																																						
<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 7																																						
<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 8																																						
<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 9	<input type="radio"/> 9																																						
				Property	<input type="radio"/> A Public	<input type="radio"/> B Private																																		

SECTION 3 Building Typology (multiple answer; for masonry buildings indicate max 2 combinations of vertical and horizontal structures)

PARTIE (A).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Vertical structures Horizontal Structures		Masonry buildings								Other structures			
		Unknown	Irregular layout or bad quality (rubble stones, pebbles,...)			Regular layout and good quality (Blocks, bricks, squared stone...)		Isolated columns	Mixed	Strengthened	R.c. frames		Steel frames
			W/O tie rods or tie beams	With tie rods or tie beams	W/O tie rods or tie beams	With tie rods or tie beams	R.c. shear walls						
			A	B	C	D	E				F	G	
1	Not identified	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	SI	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2	Vaults without tie rods	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	G1	H1	<input type="checkbox"/>	
3	Vaults with tie rods	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4	Beams with flexible slab (wooden beams with a single layer of wooden planks, beams and shallow arch vaults,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	NO	G2	H2	<input type="checkbox"/>	
5	Beams with semirigid slab (wooden beams with a double layer of wooden planks, beams and hollow flat blocks,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6	Beams with rigid slab (r.c. floors, beams well connected to r.c. slabs,...)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	G3	H3	<input type="checkbox"/>	

REGULARITY	Irregular	Regular
	A	B
1 Plan and elevation	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 infills distribution	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Roof	
1	<input type="checkbox"/> Thrusting heavy
2	<input type="checkbox"/> Non thrusting heavy
3	<input type="checkbox"/> Thrusting light
4	<input type="checkbox"/> Non thrusting light

SECTION 4 Damage to structural elements and existing short term countermeasures

Damage level - extension Structural component Pre-existing damage	DAMAGE ⁽¹⁾									EXISTING SHORT TERM COUNTERMEASURES						
	D4-D5 Very Heavy			D2-D3 Medium-Severe			D1 Light			Null	None	Removal	Ties	Repair	Propping	Barriers or passage protection
	> 2/3	1/3 - 2/3	≤ 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	≤ 1/3	> 2/3	1/3 - 2/3	≤ 1/3							
	A	B	C	D	E	F	G	H	I							
1 Vertical structures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Floors	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Stairs	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Roof	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Infills and partitions	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Pre-existing damage	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

(1) - The damage extension must be filled only if the corresponding damage level is present in the building.

SECTION 5 Damage to non-structural elements and existing short term countermeasures

Damage	PRESENT	EXISTING SHORT TERM COUNTERMEASURES					
		None	Removal	Propping	Repair	No entry	Barrier or passage protection
		B	C	D	E	F	G
1 Falling of plaster, coverings, false-ceilings	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Falling of tiles, chimneys...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 Falling of eaves, parapets....	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 Falling of other internal or external objects	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 Damage to hydraulic or sewage systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 Damage to electric or gas systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

SECTION 6 External risk induced by other constructions and existing short term countermeasures

Potential cause	Risk on			Existing short term countermeasures	
	Building	Entry road	Lateral roads	No entry	Barriers or passage protection
	A	B	C	D	E
1 Objects falling from adjacent buildings	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 Failure of distribution systems	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

PARTIE (B).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

La partie A (Partie A de la figure I.2) est réservée au recensement des différentes informations relatives à la construction, plus précisément, nous pouvons citer les trois sections suivantes :

- SECTION 1** - Identification du bâtiment,
- **SECTION 2** - Description du bâtiment,
- **SECTION 3** – Typologie,

Par contre, la partie B (Partie B de la figure I.2) est réservée à l'inspection des éléments (résistants et non résistants) et à l'identification des menaces externes (en particulier, les constructions voisines). Cette partie est subdivisée en trois sections (4 à 6), à savoir :

- **SECTION 4** - Dommages aux éléments structurels et contre-mesures à court terme effectués.
- **SECTION 5** - Dommages aux éléments non structurels et contre-mesures à court terme effectués.
- **SECTION 6** - dommages externes dus à d'autres constructions et contre-mesures à court terme réalisées.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

SECTION 7 Soil and Foundation

SITE MORPHOLOGY				DAMAGE (present or possible): <input type="checkbox"/> Slopes <input type="checkbox"/> Foundation Soil			
1 <input type="radio"/> Crest	2 <input type="radio"/> Steep slope	3 <input type="radio"/> Mild slope	4 <input type="radio"/> Plain	A <input type="radio"/> Absent	B <input type="radio"/> Produced by eqk.	C <input type="radio"/> Worsened	D <input type="radio"/> Preexistent

Province Istat | | | Municipality Istat | | | Team | | | Form No. | | | | | | Date | | | | | |

SECTION 8 Usability assessment

Risk evaluation					Usability Classification		
RISK	STRUCTURAL (Sect. 3 e 4)	NONSTRUCTURAL (Sect. 5)	EXTERNAL (Sect. 6)	GEOTECHNICAL (Sect. 7)	A	B	C
LOW	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	USABLE building	UNUSABLE building (totally or partially), but USABLE after short term countermeasures	PARTIALLY UNUSABLE building (1)
LOW WITH COUNTERMEASURES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	TEMPORARILY UNUSABLE building requiring a more detailed investigation	UNUSABLE building	UNUSABLE building due to external risk (1)
HIGH	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>			

(1) Restrictions on building use must be clearly reported in the notes when building is classified as B or C, causes of external risk when building is classified as F.

Survey accuracy

1 <input type="radio"/> Only from outside	4 <input type="radio"/> Not surveyed because of:	a <input type="radio"/> Survey refused	b <input type="radio"/> Ruins	c <input type="radio"/> Demolished
2 <input type="radio"/> Partial		d <input type="radio"/> Absent owner	e <input type="radio"/> Other	
3 <input type="radio"/> Complete (> 2/3)				

Suggested short term countermeasures, limited (*) or extended ()**

*	**	Suggested short term countermeasures	*	**	Suggested short term countermeasures
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tightening and application of strands	7 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Removal of eaves, parapets, overhangs
2 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Repair of light damages to infill panels and partition walls	8 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Removal of other internal or external objects
3 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Roof repair	9 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Barriers and passage protection
4 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Stairs propping	10 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Repair of utility systems
5 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Removal of plasters, coverings, false ceilings	11 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Removal of tiles, chimneys, parapets	12 <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Unusable building units, families and people to be evacuated

Unusable building units | | | Families to be evacuated | | | People to be evacuated | | | | | |

SECTION 9 Notes

On damage, short term countermeasures, usability, etc.		
Topic	Notes	Picture of the building

The surveyors (capital letters)	Signature
_____	_____

PARTIE (C).

Figure I.2 : Fiche d'évaluation de la vulnérabilité des structures Italienne (Baggio et al. 2007).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

La dernière partie de la fiche (Partie C de la figure I.2) est discrétisée en trois sections, la première est réservée à l'inspection de l'infrastructure, la deuxième étape est destinée à l'attribution de la décision finale, et une dernière étape pour noter les informations additionnelles. Les sections données ci-après, récapitule le contenu de la partie C :

- SECTION 7 - Sol et fondations,
- SECTION 8 - Jugement d'utilisabilité,
- SECTION 9 - Autres observations.

B- La fiche Indienne

En 2011, Ravi Sinha et Alok Goyal, ont mis en œuvre un guide pour l'évaluation des structures existantes en Inde. Ainsi, comme le montre la figure I.3. ci-après, ce manuel est constitué de trois fiches distinctes. Chaque fiche représente à une ou plusieurs zones sismiques, à savoir :

- Première partie : Fiche A adoptée à la zone sismique II
- Deuxième partie : Fiche B adoptée à la zone sismique III
- Troisième partie : Fiche C adoptée à la zone sismique IV et V.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

			Address: _____ _____ Pn _____ Other Identifiers _____ GPS Coordinates (if available) _____ No. Stories _____ Year Built _____ Surveyor _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft./sq. m) _____ Building Name _____ Use _____ Current Visual Condition: Excellent <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Damaged <input type="checkbox"/> Distressed <input type="checkbox"/> Building on Sills / Open Ground Floor: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/> Construction Drawings Available: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/>							
PHOTOGRAPH (OR SPECIFY PHOTOGRAPH NUMBERS)										
Plan and Elevation Scale:										
OCCUPANCY		SOIL TYPE (IS 1893:2002)		FALLING HAZARDS						
Assembly	Govt	Office	Max. Number of Persons	Type I	Type II	Type III	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	Residential	0-10	Hard Soil	Medium Soil	Soft Soil	Chimneys	Pantries	Ceiling	Other
Emer. Service	Industrial	School	11-100							
			101-1000							
			1000+							
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S										
BUILDING TYPE	Wood	B1	B2	C1	C2	C3	URU1	URU2	URU3	URU4
	FRAG	SAF	SMF	SH	SM	SW	SHO-ME	SHO-ME		
Basic Score	4.0	4.0	4.0	4.4	4.2	4.4	4.0	4.0	4.0	4.0
Mid Rise (4 to 7 stories)	NA	-0.2	NA	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	-0.0	-0.0
High Rise (>7 stories)	NA	-1.0	NA	-1.0	0.0	-0.4	NA	NA	NA	NA
Vertical Irregularity	-1.0	-0.0	NA	-1.5	-0.0	-0.0	-1.5	-0.0	-1.5	-1.5
Plan Irregularity	-0.5	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Code Dating	NA	-0.4	NA	-0.0	-0.4	NA	NA	NA	NA	NA
Soil Type I	-0.4	-0.0	-0.4	-0.0	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4
Soil Type II	-0.0	-1.4	-1.0	-1.4	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0
Liquefiable Soil	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-1.0	-1.4	-1.4	-1.4
FINAL SCORE, S										
Result Interpretation (Likely building performance) 0 < 0.3 High probability of Grade 5 damage, Very high probability of Grade 4 damage 0.3 < 0.7 High probability of Grade 4 damage, Very high probability of Grade 3 damage 0.7 < 2.0 High probability of Grade 3 damage, Very high probability of Grade 2 damage 2.0 < 3.0 High probability of Grade 2 damage, Very high probability of Grade 1 damage 3 > 3.0 Probability of Grade 1 damage										Further Evaluation Recommended YES NO

PARTIE(A).

			Address: _____ _____ Pn _____ Other Identifiers _____ GPS Coordinates (if available) _____ No. Stories _____ Year Built _____ Surveyor _____ Date _____ Total Floor Area (sq. ft./sq. m) _____ Building Name _____ Use _____ Current Visual Condition: Excellent <input type="checkbox"/> Good <input type="checkbox"/> Damaged <input type="checkbox"/> Distressed <input type="checkbox"/> Building on Sills / Open Ground Floor: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/> Construction Drawings Available: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/>							
PHOTOGRAPH (OR SPECIFY PHOTOGRAPH NUMBERS)										
Plan and Elevation Scale:										
OCCUPANCY		SOIL TYPE (IS 1893:2002)		FALLING HAZARDS						
Assembly	Govt	Office	Max. Number of Persons	Type I	Type II	Type III	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Commercial	Historic	Residential	0-10	Hard Soil	Medium Soil	Soft Soil	Chimneys	Pantries	Ceiling	Other
Emer. Service	Industrial	School	11-100							
			101-1000							
			1000+							
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S										
BUILDING TYPE	Wood	B1	B2	C1	C2	C3	URU1	URU2	URU3	URU4
	FRAG	SAF	SMF	SH	SM	SW	SHO-ME	SHO-ME		
Basic Score	4.4	3.0	3.0	3.0	3.0	3.2	3.4	3.0	3.0	2.4
Mid Rise (4 to 7 stories)	NA	-0.4	NA	-0.2	-0.4	-0.2	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4
High Rise (>7 stories)	NA	-0.8	NA	-0.5	-0.0	-0.4	NA	NA	NA	NA
Vertical Irregularity	-3.0	-0.0	NA	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-1.5	-1.5
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
Code Dating	NA	-1.4	NA	-1.2	-1.0	-1.2	-0.0	-0.0	NA	NA
Soil Type I	-0.2	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0	-0.4	-0.4
Soil Type II	-0.0	-1.2	-1.0	-1.0	-1.2	-1.0	-1.2	-1.2	-0.0	-0.0
Liquefiable Soil	-1.2	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
FINAL SCORE, S										
Result Interpretation (Likely building performance) 0 < 0.3 High probability of Grade 5 damage, Very high probability of Grade 4 damage 0.3 < 0.7 High probability of Grade 4 damage, Very high probability of Grade 3 damage 0.7 < 2.0 High probability of Grade 3 damage, Very high probability of Grade 2 damage 2.0 < 3.0 High probability of Grade 2 damage, Very high probability of Grade 1 damage 3 > 3.0 Probability of Grade 1 damage										Further Evaluation Recommended YES NO

PARTIE(B).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

<table border="1" style="width: 100%; height: 300px;"> <tr><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td><td style="width: 10%;"></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table> <p>Plan and Elevation Scale: _____</p>																																																																																																																																																																																																																																																																									<p>Address: _____ _____ Pin _____</p> <p>Other Identifiers _____</p> <p>GPS Coordinates (if available) _____</p> <p>No. Stories _____ Year Built _____</p> <p>Surveyor _____ Date _____</p> <p>Total Floor Area (sq. ft./sq. m) _____</p> <p>Building Name _____</p> <p>Use _____</p> <p>Current Visual Condition: Excellent <input type="checkbox"/> / Good <input type="checkbox"/> / Damaged <input type="checkbox"/> / Distressed <input type="checkbox"/></p> <p>Building on Stilts / Open Ground Floor: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/></p> <p>Construction Drawings Available: Yes <input type="checkbox"/> / No <input type="checkbox"/></p> <p style="text-align: center;">PHOTOGRAPH (OR SPECIFY PHOTOGRAPH NUMBERS)</p>
OCCUPANCY	SOIL TYPE (IS 1893:2002)	FALLING HAZARDS																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Assembly</th> <th>Govt. Office</th> <th>Commercial</th> <th>Historic Residential</th> <th>Industrial School</th> <th colspan="2">Max. Number of Persons</th> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0-10</td> <td>11-100</td> </tr> <tr> <td>Emer. Service</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>101-1000</td> <td>1000+</td> </tr> </table>	Assembly	Govt. Office	Commercial	Historic Residential	Industrial School	Max. Number of Persons							0-10	11-100	Emer. Service					101-1000	1000+	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>Type I</th> <th>Type II</th> <th>Type III</th> </tr> <tr> <td>Hard Soil</td> <td>Medium Soil</td> <td>Soft Soil</td> </tr> </table>	Type I	Type II	Type III	Hard Soil	Medium Soil	Soft Soil	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td colspan="7"></td> </tr> <tr> <td>Chimneys</td> <td>Parepats</td> <td>Ceiling</td> <td>Other.</td> <td colspan="7"></td> </tr> </table>										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								Chimneys	Parepats	Ceiling	Other.																																																																																																																																																																																																																				
Assembly	Govt. Office	Commercial	Historic Residential	Industrial School	Max. Number of Persons																																																																																																																																																																																																																																																																				
					0-10	11-100																																																																																																																																																																																																																																																																			
Emer. Service					101-1000	1000+																																																																																																																																																																																																																																																																			
Type I	Type II	Type III																																																																																																																																																																																																																																																																							
Hard Soil	Medium Soil	Soft Soil																																																																																																																																																																																																																																																																							
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																																																																																						
Chimneys	Parepats	Ceiling	Other.																																																																																																																																																																																																																																																																						
BASIC SCORE, MODIFIERS, AND FINAL SCORE, S																																																																																																																																																																																																																																																																									
BUILDING TYPE	Wood	S1 (FRAME)	S2 (SI)	C1 (SP)	C2 (SI)	C3 (SF)	URM1 (BAND-RO)	URM2 (BAND-FD)	URM3	URM4																																																																																																																																																																																																																																																															
Basic Score	3.8	2.8	3.2	2.6	2.8	2.8	2.8	2.8	1.8	1.4																																																																																																																																																																																																																																																															
Mid Rise (4 to 7 stories)	N/A	-0.2	N/A	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4	-0.4	-0.2	-0.4																																																																																																																																																																																																																																																															
High Rise (>7 stories)	N/A	-0.6	N/A	-0.8	-0.8	-0.3	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																																																																																																																																																															
Vertical Irregularity	-2.0	-1.0	N/A	-1.5	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0																																																																																																																																																																																																																																																															
Plan Irregularity	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5																																																																																																																																																																																																																																																															
Code Detailing	N/A	-0.4	N/A	-0.2	-1.4	-0.2	N/A	N/A	N/A	N/A																																																																																																																																																																																																																																																															
Soil Type I	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4																																																																																																																																																																																																																																																															
Soil Type II	-0.8	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.6																																																																																																																																																																																																																																																															
Liquefiable Soil	-0.8	-1.2	-1.0	-1.2	-0.8	-0.8	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8																																																																																																																																																																																																																																																															
FINAL SCORE, S																																																																																																																																																																																																																																																																									
Result Interpretation (Likely building performance)										Further Evaluation Recommended																																																																																																																																																																																																																																																															
S < 0.3	High probability of Grade 5 damage; Very high probability of Grade 4 damage									<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">YES</td> <td style="text-align: center;">NO</td> </tr> </table>		YES	NO																																																																																																																																																																																																																																																												
YES	NO																																																																																																																																																																																																																																																																								
0.3 < S < 0.7	High probability of Grade 4 damage; Very high probability of Grade 3 damage																																																																																																																																																																																																																																																																								
0.7 < S < 2.0	High probability of Grade 3 damage; Very high probability of Grade 2 damage																																																																																																																																																																																																																																																																								
2.0 < S < 3.0	High probability of Grade 2 damage; Very high probability of Grade 1 damage																																																																																																																																																																																																																																																																								
S > 3.0	Probability of Grade 1 damage																																																																																																																																																																																																																																																																								

Partie(C).

Figure I.3 : Fiche d'évaluation de la vulnérabilité sismique des structures Indienne (Ravi Sinha & Alok Goyal. 2011).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Note : l'emploi des fiches A, B et C est conforme pour les zones sismiques « II », « III » et « IV et V », respectivement.

C- La fiche Française

En 1998, Milan ZACEK a développé une fiche permettant d'inspecter les structures françaises.

Evaluation de l'endommagement selon la fiche de ZACEK

$\sum K_i > 100$ Présomption très forte de vulnérabilité

$50 < \sum K_i < 100$ Présomption forte de vulnérabilité

$25 < \sum K_i < 50$ Présomption moyenne de vulnérabilité

$10 < \sum K_i < 25$ Présomption faible de vulnérabilité

$\sum K_i < 10$ Présomption très faible de vulnérabilité

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

EVALUATION QUALITATIVE DE LA PRESOMPTION DE VULNERABILITE									
Propriétaire du bâtiment :									
Dénomination et adresse du bâtiment :									
Année de construction :									
Date du diagnostic :									
Auteur du diagnostic :									
Coefficients de pénalité K_i									
A	Implantation du bâtiment	1 Pente générale du terrain >40% 5			2 Proximité d'un changement de pente D<2H du bâtiment - 15			OBSERVATIONS	
B	Environnement du bâtiment	1 Bâtiments accolés : joint = 0 ou rempli d'un matériau 25			2 Joints entre blocs adjacents <2cm : 25 2 à 4 cm : 10 >4 cm : 5				
C	Type de structure	1 Murs en maçonnerie de blocs 15	2 Murs en béton non armé 10	3 Murs en béton armé 5	4 Ossature poteaux-poutres sans remplissage 20	5 Ossature poteaux-poutres avec remplissage 25	6 Système mixte murs en maçonnerie et ossature 20	7 Panneaux de façade BA préfabriqués poteaux 10	8 Ossature BA préfabriquée porteuse 50
D	Forme en plan	1 Irrégulière 5		2 Eclaircissement en plan L/B > 4 5		3 Parties saillantes ou rentrantes 5			
E	Forme en élévation	1 Étages en encorbellement >2m 15	2 Retraits en façade >40% 20	3 Planchers d'un même étage situés à des hauteurs différentes 10	4 Présence d'un plancher lourd ou d'une toiture lourde 10	5 Absence de daphragme horizontal en toiture 20			
F	Contreventement	1 Variation verticale croissante des rigidités 0 à 100 (voir formule 1)		2 Dissymétrie : torsion faible : 5 accouée : 50	3 Absence de contreventement dans le sens des x ou y 100		4 Densité de voiles de contreventement sans x et/ou y 0 à 100 (voir formule 2)		
G	Zones ou éléments critiques	1 Descente de charge en balconnette 25	2 Présence de poteaux courts ou partiellement bridés participant au contreventement 50		3 Présence de poteaux diencés 10		4 percements inserts dans les poteaux e<D/3 25	5 percements inserts dans les poteaux e=D/3 10	6 percements inserts dans les nœuds e<D/3 50
		7 Présence d'un angle de façade affaibli 15	8 Axes poteaux et poutres non concourants e<D/2 10	9 Diaphragmes horizontaux avec grandes ouvertures >10%S 10		10 Absence de chaînages encadrant les murs de contreventement en MAC verticaux : 25 horizontaux : 75			
H	Divers	1 Etat de conservation du gros œuvre médiocre : 10 mauvais : 25		2 Risque de chute d'éléments non structureux 5		3 Façade BA préfabriquée non porteuse 10			
Total des pénalités partielles : $\sum K_i$									
<p>Formule 1 $K = 50 (\mu^{10} - 1)$ avec $\mu = \Sigma I$ supérieur / ΣI inférieur (cf. figures données en page suivante)</p> <p>Formule 2 $K = 25 (1000 \lambda - 5)^2 / 4$ avec $\lambda = \Sigma I / S H$ (cf. figure donnée en page suivante)</p> <p>dans ces formules : ΣI = somme des inerties des segments de voile dans la direction de calcul (m⁴) S = surface du plancher courant (m²) H = hauteur totale du bâtiment (m)</p>									

Figure I.4 : Fiche d'évaluation de la vulnérabilité des structures en France (Milan ZaCek1998).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

D- La fiche Algérienne

En 2014, Boukri et al., ont mis en œuvre une fiche permettant l'évaluation du niveau de vulnérabilité des bâtiments implantés dans la ville de Constantine (voir figure I.5).

<u>NATIONAL EARTHQUAKE ENGINEERING RESEARCH CENTRE (CGS)</u>				
<u>BUILDING INVENTORY FORM OF CONSTANTINE CITY</u>				
Name:	Date...../...../.....			
N° of inventory form:				
District:				
Islet:				
Address:				
<u>Construction Type:</u>				
Building <input type="checkbox"/>	Single house <input type="checkbox"/>	Hangar <input type="checkbox"/>	Mosque <input type="checkbox"/>	Precarious <input type="checkbox"/>
Other (precise)				
<u>Construction Use:</u>				
Dwelling <input type="checkbox"/>	Hospital <input type="checkbox"/>	Commercial <input type="checkbox"/>	Administrative <input type="checkbox"/>	Sports <input type="checkbox"/>
Industrial <input type="checkbox"/>	School <input type="checkbox"/>	Socio-cultural <input type="checkbox"/>	Hydraulic <input type="checkbox"/>	
Other (precise).....				
<u>Structure Type:</u>				
Reinforced concrete <input type="checkbox"/>	Masonry <input type="checkbox"/>	Steel <input type="checkbox"/>	Wood <input type="checkbox"/>	
Other (precise).....				
If Reinforced concrete:		Moment frame <input type="checkbox"/>	Shear wall <input type="checkbox"/>	Dual <input type="checkbox"/>
If Masonry:		Confined <input type="checkbox"/>	Non-Confined <input type="checkbox"/>	
<u>Date of construction (approximately):</u>				
Before 1981 <input type="checkbox"/>	1981-1999 <input type="checkbox"/>	2000-2003 <input type="checkbox"/>	After 2003 <input type="checkbox"/>	
Number of stories:		Number of basement:		
Existence of under floor space: Yes <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>				
<u>Dimension of the structure:</u> X =m ; Y=m ; Nb of bays:....				
<u>Plane regularity:</u> Regular <input type="checkbox"/> Light irregularity <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/>				
<u>Elevation regularity:</u> Regular <input type="checkbox"/> Light irregularity <input type="checkbox"/> Irregular <input type="checkbox"/>				
<u>Building implantation:</u>				
- On an unstable ground (settlement)	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
- At the edge of a cliff	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
- At top or bottom of a hill	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
- At the border of a river	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
- On a rough ground with break of significant slope	Yes <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>		
<u>Construction is at:</u> Corner <input type="checkbox"/> Middle <input type="checkbox"/> Isolated <input type="checkbox"/>				
If existence of seismic joint:..... (Thickness):.....cm				
<u>General state of the construction:</u>				
Good <input type="checkbox"/>	Average <input type="checkbox"/>		Bad <input type="checkbox"/>	
<u>General observations:</u>				

Figure I.5: Fiche d'évaluation des structures existantes Algériennes-ville de Constantine (Boukri et al.2014).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Cette fiche englobe une trentaine d'informations renseignant essentiellement sur des :

- Données relatives à la construction, à savoir : année de construction, type de construction, nombre de niveau, usage, dimensions de la construction...etc.,
- Informations sur la régularité de la construction, en plan et en élévation,
- Eclaircissements sur le site d'implantation de la construction,
- La décision finale.

Malgré l'apport positif de toutes ces méthodes d'inspections, la généralisation de leurs applications est quasiment impossible, C.à.d., l'utilisation de ces méthodes dans le contexte du bâti Algérien, en particulier, les bâtiments implantés dans la ville de T-O induit des erreurs systématiques. À cet effet, en s'appuyant sur les travaux réalisés (boukri et al 2014, mammar et al 2016, akkouche et al 2018, RPA99/03, ...etc.), une fiche d'évaluation (voir figure I.6) des structures implantées dans la ville de TO est élaborée dans ce projet de fin d'étude.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Fiche d'évaluation des structures existantes de Tizi-Ouzou			
Inspecteur :		Date: / /	
Identification de la construction			
Adresse :		Position GPS: X:...../Y:...../Z:.....	
Entreprise :/B.E.T :			
Usage de la construction			
Habitation « Collectif <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> » / Commercial <input type="checkbox"/> / Habitation & Commercial <input type="checkbox"/> / Scolaire <input type="checkbox"/> / Sportif <input type="checkbox"/> / Hospitalier <input type="checkbox"/> / Industriel <input type="checkbox"/> / Socioculturelle <input type="checkbox"/> / Administration <input type="checkbox"/> / Réservoir d'eau <input type="checkbox"/> / Autres <input type="checkbox"/>			
Description de la construction			
Année de construction :		Vide sanitaire : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	H RDC :m
Nombre de niveau :		Sous-sol : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /Nbr :	H Étage :m
Joint de dilatation : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /E _w :		Entre-sol : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /Nbr :	H Niveau-inf :m
Régulière en plan : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Réalisation : Entreprise qualifiée <input type="checkbox"/>	Calculée au séisme: Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Régulière en élévation : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>		Entreprise quelconque <input type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/>	Contrôlée par le CTC: Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
Soi de la construction			
Site : Rocheux (S1) <input type="checkbox"/> Ferme (S2) <input type="checkbox"/>		Glissement : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Affaissement : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>
T Très meuble (S3) <input type="checkbox"/> Meuble (S4) <input type="checkbox"/>		Liquéfaction : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
Inspection de l'infrastructure			
Semelle Isolée <input type="checkbox"/> Semelle Filante <input type="checkbox"/>		Description :	
Radier général <input type="checkbox"/> Pieux en BA <input type="checkbox"/>		
Voile périphérique: Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Incls: Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /Nbr de côté: 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> / Nbr de niveau :			
Inspection de la superstructure			
Éléments porteurs		Accéçibilité : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>	
Murs en maçonnerie <input type="checkbox"/>		Description :	
Voiles en BA <input type="checkbox"/>		
Poteaux en BA <input type="checkbox"/>		
Poteaux métalliques <input type="checkbox"/>		
Poteaux en bois <input type="checkbox"/>		
Autres indications : Poteau court <input type="checkbox"/> /Nbr de P-C : / Niveau : /			
Contreventement		Accéçibilité : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>	
Murs en maçonnerie <input type="checkbox"/>		Description:.....	
Voiles BA <input type="checkbox"/>		
Portiques BA <input type="checkbox"/>		
Portique métallique <input type="checkbox"/>		
Palées de stabilité <input type="checkbox"/>		
Autre <input type="checkbox"/>		
Toiture :		Accéçibilité : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>	
Couverture en tuiles <input type="checkbox"/>		Description:.....	
Couverture métallique <input type="checkbox"/>		
Couverture en bois <input type="checkbox"/>		
Couverture en amiante <input type="checkbox"/>		
Autres <input type="checkbox"/>		

Section 1

Section 2

Section 3

Section 4

Partie(A).

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

Dans la partie A de la fiche d'inspection peut être décrite :

La première section de la fiche est consacrée à l'identification de la construction, dans la deuxième section, une description détaillée de la construction est donnée. La troisième section est consacrée à la description du sol de la construction et de l'infrastructure. Une description détaillée de la partie structure résistante (la structure porteuse et le contreventement) est donnée dans la quatrième section.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

<u>Escalier</u>	Bon état <input type="checkbox"/> Mauvaise état <input type="checkbox"/> État moyen <input type="checkbox"/>
Béton Armé <input type="checkbox"/>	Description :.....
Métallique <input type="checkbox"/>
Bois <input type="checkbox"/>
Autres <input type="checkbox"/>
<u>Balcon</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Mur extérieur</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Acrotère</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Corniche</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Cheminée</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Plafond</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Mur Intérieur</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Élément vitré</u>	Description :.....
Bon état <input type="checkbox"/>
Mauvaise état <input type="checkbox"/>
<u>Structure voisine</u>	Description :.....
Danger permanent <input type="checkbox"/>
Aucun danger <input type="checkbox"/>
<u>Autres indications</u> :	
.....	
.....	
Structure : Invulnérable <input type="checkbox"/> Vulnérable <input type="checkbox"/>	Nombre de Logements :...../Nombre d'habitants :.....
	Indications: Enfants :...../Vieux:...../Handicapés:.....
Une évaluation profonde est nécessaire : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
<u>Autres informations</u> :	
.....	
.....	
.....	

Partie(B).

Figure I.7 : Fiche d'évaluation des structures existante de Tizi-Ouzou.

CHAPITRE I : Etat de l'art sur la théorie d'évaluation de la vulnérabilité.

La fiche d'inspection comporte plusieurs points, En particulier les balcons, les corniches, l'acrotère, escalier, chemine, plafond, murs extérieurs, murs intérieurs, structures voisines éléments vitrés.

VII. Conclusion

Ce premier chapitre a permis de faire un rappel des différentes méthodes d'évaluation de la vulnérabilité existante. Ces méthodes peuvent généralement être séparées en deux catégories : les méthodes quantitatives et les méthodes qualitatives. Il existe également des méthodes mixtes, combinant ces deux notions. La synthèse des recommandations issues des différentes théories exposées dans ce chapitre (règlements, articles scientifiques, rapports d'expertise, livres...etc.) nous a permis d'élaborer une approche simplifiée applicable dans le cas du bâti existant de la ville de Tizi-Ouzou.

CHAPITRE II

**Analyse et inspection visuelle
des bâtiments ou bien des
structures de la ville de Tizi-**

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

I. Introduction

Ce chapitre est discrétisé en deux parties, la première est consacrée à la présentation des structures implantées dans des différents quartiers de la ville de Tizi-Ouzou. Pour distinguer entre les bâtiments vulnérables et ceux qui ne sont pas, dans la deuxième partie, en s'appuyant sur la fiche d'évaluation présentée dans le chapitre précédant, une inspection des structures implantées dans cette zone (en particulier le quartier lotissement BOUZAR) est effectuée.

Partie A : Présentation des structures.

II. Présentation de la zone d'étude

Selon la recherche effectuée par (Cherifi.F, 2016), la commune de Tizi-Ouzou a une superficie de 10 236 hectares. Son relief, caractérisé par environ 60% de montagnes, 30% de collines et 10% de vallées, fait d'elle un point d'articulation entre, plain et montagne du Djurdjura. Située au centre-ouest de la [wilaya de Tizi Ouzou](#), la commune de Tizi Ouzou touche les communes de [Draâ Ben Khedda](#) et [Tirmitine](#) à l'ouest, de [Maâtka](#) au sud-ouest, de [Ath Zmenzer](#) et [Ath Aïssi](#) au sud, d'[Irdjen](#) au sud-est, d'[Ouaguenoun](#) et [Tizi Rached](#) à l'est et [Ath Aïssa Mimoun](#) au nord-est.



a) - Vue générale de la ville de Tizi-Ouzou.



b) - Situation de la ville Tizi-Ouzou.

Figure II.1 : Présentation de la ville de Tizi-Ouzou.

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

Tizi-Ouzou est principalement une ville de commandement administratif et, accessoirement, une zone industrielle et agricole. La ville actuelle constitue le pôle attractif de toute une région ; elle est en effet un important carrefour économique, commercial et administratif.

Comme toute ville, le développement du centre urbain de Tizi-Ouzou s'est fait par zone, à cet effet, plusieurs quartiers ont été édifiés, des images réelles permettant d'identifier les différentes zones de la ville de T-O sont données ci-après (voir Figure.II.2).



1) - QUARTIER LES GENET.



2 - QUARTIER LES COURBEAUX.

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.



3- QUARTIER BOUAZIZ



4- QUARTIER LES SIXCENTS.



5- QUARTIER BOUZAR

Figure II.2 : les quartiers de la ville de Tizi-Ouzou.

III. Présentation des structures

Malgré le fait que chaque zone de Tizi-Ouzou (voir figure II.2) s'identifie par une présence prépondérante d'un seul type de bâtiment (conséquence du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme noté PDAU issu des autorités locales), dans chacun des quartiers, nous percevons plusieurs types de structures, à savoir :

III.1. Les structures en maçonnerie

La présence de ce type de structure est constatée essentiellement dans les quartiers résidentiels tel que : Centre-ville Lotissement Bouaziz, Tour villa, Haute ville, ...etc.



Figure II.3 : Vue de structures en maçonnerie (Cherifi, 2016).

De la figure II.3, on constate qu'un nombre important de structure en maçonnerie sont toujours présentes dans la ville de Tizi-Ouzou, par ailleurs malgré la valeur de ce patrimoine historique, suite aux modifications périodiques (chaque 10ans) du PDAU, souvent ces structures issues de l'époque coloniale sont remplacées par un autre type de structure (voir figure II.4).



Figure II.4 : Vue de structure en béton armé (Cherifi.F, 2016).

III.2. Structures en portiques

La présence des structures en poteaux-poutres est remarquable dans certaines zones en particulier les bons lieux de la ville de Tizi-Ouzou (Exp : cité Azib Ahmed), aussi, pour diverses raisons, ces structures se concentrent dans les mêmes zones que celles en maçonnerie (structure en maçonnerie).



Figure II.5 : Vue de structures en poteaux-poutres.

III.3. Structures mixtes

Tel que présenté ci-dessus, le développement de la zone urbaine est effectué essentiellement durant les deux dernières décennies. De ce fait, un nombre important de structures, réalisées en cette période ne répondent pas à certaines exigences de la nouvelle version du règlement RPA99/03. Tel que présenté dans la figure II.2, la présence de ce type de structures est constatée dans la quasi-totalité des quartiers, ainsi une illustration est donnée dans la figure II.6.



Figure II.6 : Vue de structures mixtes.

III.4. Structures en voiles

Ce type de construction se concentrent essentiellement dans deux quartier, à savoir : KRIM BELKACEM et nouvelle ville (voir figureII.7). Le nombre limité de ce genre de construction dépend principalement de l'importance des entreprises de réalisation.



Figure II.7 : Vue de structures en voiles.

En plus des structures présentées ci-dessus, la ville Tizi-Ouzou comporte plusieurs autres constructions dont la nature est régie par son usage. Parmi celles-ci, nous pouvons citer les structures à usage scolaire, hospitalier, mosquée ... etc.

A cet effet, dans cette partie, l'investigation se limite au quartier dit BOUZARD, situé à KRIM BELKACEM, Nouvelle ville, Tizi-Ouzou. Ainsi, en s'appuyant sur la fiche développée et présentée ci-dessus, une inspection visuelle sur les structures implantées dans cette zone est effectuée.

Partie B : Inspection des structures.

Cette partie est consacrée à l'inspection des structures implantées dans le quartier BOZARD, KRIM BELKACEM, Nouvelle ville, Tizi-Ouzou. Pour se faire, dans ce qui suit, seul un exemple détaillé d'une structure inspectée (voir figure II.8) visuellement est donné.



Figure II.8 : La structure inspectée.

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

Fiche d'évaluation des structures existantes de Tizi-Ouzou			
Inspecteur : Akkouch, Belebès, Chaïbi			
Identification de la construction			
Adresse: lotissement bouzar, lot 132.....		Position GPS: X:...../Y:...../Z:.....	
Entreprise : quelconque		/ B.E.T : Hammadi (IMDarridi)	
Usage de la construction			
Habitation « Collectif <input type="checkbox"/> Individuel <input type="checkbox"/> » / Commercial <input type="checkbox"/> / Habitation & Commercial <input checked="" type="checkbox"/> / Scolaire <input type="checkbox"/> / Sportif <input type="checkbox"/> / Hospitalier <input type="checkbox"/> / Industriel <input type="checkbox"/> / Socioculturelle <input type="checkbox"/> / Administration <input type="checkbox"/> / Réservoir d'eau <input type="checkbox"/> / Autres <input type="checkbox"/>			
Description de la construction			
Année de construction: 2013.....	Vide sanitaire : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	H RDC : 3,5m	
Nombre de niveau : 8.....	Sous-sol : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> /Nbr :	H Étage : 3,06m	
Joint de dilatation : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/> /E _p : /:	Entre-sol : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /Nbr 2.....	H Niveau-inf : 3,06...m	
Régulière en plan : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	Réalisation : Entreprise qualifiée <input type="checkbox"/>	Calculée au séisme: Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
Régulière en élévation : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	Entreprise quelconque <input checked="" type="checkbox"/> Autres <input type="checkbox"/>	Contrôlée par le CTC: Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	
Sol de la construction			
Site : Rocheux (S1) <input type="checkbox"/> Ferme (S2) <input checked="" type="checkbox"/>	Glissement : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	Affaissement : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>	
T Très meuble (S3) <input type="checkbox"/> Meuble (S4) <input type="checkbox"/>	Liquéfaction : Oui <input type="checkbox"/> Non <input checked="" type="checkbox"/>		
Inspection de l'infrastructure			
Semelle Isolée <input type="checkbox"/> Semelle Filante <input checked="" type="checkbox"/>	Description : ...d'après le propriétaire selon les plans d'architectures et génie civil l'étude et la réalisation ont été effectués dans les normes		
Radier général <input type="checkbox"/> Pieux en BA <input type="checkbox"/>		
Voile périphérique: Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Inclus: Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> /Nbr de côté: 1 <input checked="" type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> /Nbr de niveau : 02			
Inspection de la superstructure			
<u>Éléments porteurs</u>	Accèsibilité : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input checked="" type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>		
Murs en maçonnerie <input type="checkbox"/>	Description : suite à l'inspection on constate que les travaux d'exécution ont été faits dans les normes (suite ferraillement) des plans on constate que les éléments sont dimensionnés correctement		
Voiles en BA <input type="checkbox"/>			
Poteaux en BA <input checked="" type="checkbox"/>			
Poteaux métalliques <input type="checkbox"/>			
Poteaux en bois <input type="checkbox"/>			
Autres indications : Poteau court <input type="checkbox"/> /Nbr de P-C : / Niveau : / rien à signaler			
<u>Contreventement</u>	Accèsibilité : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>		
Murs en maçonnerie <input type="checkbox"/>	Description : ...globalement la position et les dimensions des voiles sont dans les normes		
Voiles BA <input checked="" type="checkbox"/>			
Portiques BA <input type="checkbox"/>			
Portique métallique <input type="checkbox"/>			
Palées de stabilité <input type="checkbox"/>			
Autre <input type="checkbox"/>			
<u>Toiture :</u>	Accèsibilité : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> / Etat : Bonne <input type="checkbox"/> Mauvaise <input type="checkbox"/> Moyenne <input type="checkbox"/>		
Couverture en tuiles <input checked="" type="checkbox"/>	Description : ...de l'extérieur la toiture paraît en bon état aussi d'après le propriétaire (constructeur) au dessous de la tuile y'a un plancher incliné		
Couverture métallique <input type="checkbox"/>			
Couverture en bois <input type="checkbox"/>			
Couverture en amiante <input type="checkbox"/>			
Autres <input type="checkbox"/>			

Partie (A)

La première partie de la fiche est consacrée à l'identification de la structure (lieu d'implantation, nombre de niveaux, propriétaire...etc) et l'évaluation de certains composants, en particulier ses éléments résistants. Parmi ces derniers, mis à part la toiture qui était inaccessible, les images présentées dans la figure ci-après permettent de justifier le niveau de vulnérabilité affecté à chaque composant.



Figure II.9 : Elément poteau, voile et poutre.

Dans certaines situations, les évaluateurs sont confrontés à un manque de données (Exp : éléments inaccessibles tel que les fondations, la toitureetc.), à cet effet, la prise de décision se limite aux renseignements communiqués par le propriétaire (ou le constructeur) et/ou informations collectées des plans d'exécution (architecture et génie civil). Ainsi, concernant la structure présentée ci-dessus, la décision relative à la partie infrastructure, c'est appuyée essentiellement sur les plans donnés par la figure (fig.II.10) ci-après.

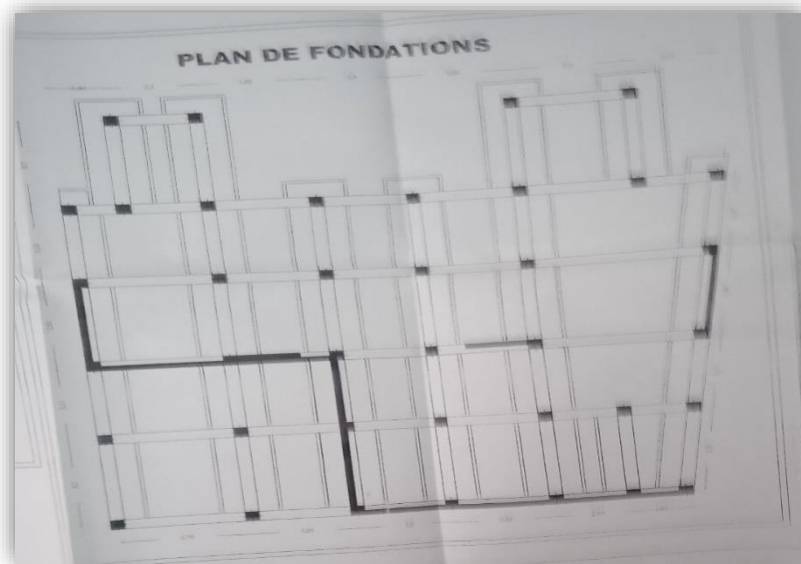


Figure.II.10 : Plan de fondation de la structure inspectée.

De la figure ci-dessus, on constate que la fondation de la structure est de type semelle

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

filante. Autre que les éléments présentés ci-dessus, la deuxième partie de la fiche d'inspection (voir figure II.11) est consacrée essentiellement à l'appréciation du niveau de vulnérabilité des composants « éléments secondaires » et de la structure « appréciation finale ».

<u>Escalier</u>	Bon état <input checked="" type="checkbox"/> Mauvaise état <input type="checkbox"/> État moyen <input type="checkbox"/>
Béton Armé <input checked="" type="checkbox"/>	Description : aucun dommage n'apparaît sur l'élément escalier
Métallique <input type="checkbox"/>	
Bois <input type="checkbox"/>	
Autres <input type="checkbox"/>	
<u>Balcon</u>	Description : aucune pathologie n'apparaît sur l'élément balcon
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Mur extérieur</u>	Description : dans l'ensemble aucun dommage
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Acrotère</u>	Description :
Bon état <input type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Corniche</u>	Description :en bonne état sauf les pointes de jonction de descente d'eaux doivent être
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Cheminée</u>	Description :paraît en bonne état comme de l'intérieur et l'extérieur
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Plafond</u>	Description :dans deux cas l'élément plafond sont en plâtre (bonne état) et..... dans d'autres cas les logement sont au cours de finition
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Mur Intérieur</u>	Description : la jonction des murs et des éléments poutre porteur est parfaitement exécuter
Bon état <input checked="" type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input type="checkbox"/>	
<u>Élément vitré</u>	Description :les éléments vitrés inspecter doivent être réhabilité
Bon état <input type="checkbox"/>	
Mauvaise état <input checked="" type="checkbox"/>	
<u>Structure voisine</u>	Description : sont stables avec des joints sismiques entre les structures voisines et les structures inspectés
Danger permanent <input type="checkbox"/>	
Aucun danger <input checked="" type="checkbox"/>	
<u>Autres indications</u> : rien a signalé	
Structure : Invulnérable <input type="checkbox"/> Vulnérable <input checked="" type="checkbox"/>	Nombre de Logements :20/Nombre d'habitants : ≈37 Indications: Enfants : /Vieux: / Handicapés/
Une évaluation profonde est nécessaire : Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	
<u>Autres informations</u> : ...de plus de l'irrégularité de la structure l'élément voile périphériques (calculé au poussé de sol) est inclus dans la structure pour cela on juger la structure comme vulnérable	

PARTIE (A).

Figure II.11 : Fiche d'évaluation des structures implantées à T-O.

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

Essentiellement, cette partie peut être discrétisée en trois grandes sections, à savoir :

- Première section : pour l'évaluation des éléments secondaire (mur intérieur, élément vitrés ...etc..)
- Deuxième section : pour l'appréciation de l'état des structures voisines ;
- Troisième section : pour la prise de décision finale (si la structure est vulnérable ou pas).

Les photos présentées dans la figure II.12, permettent de justifier le degré de vulnérabilité associé à l'état de chaque composant.



Figure.II.12 : Eléments en maçonnerie.

Dans la figure ci-dessus des échantillons représentatifs pour chaque élément sont présentés. L'appréciation de l'état de chaque élément s'appuie sur plusieurs paramètres, à savoir ; présence de pathologie, sa nature, leurs nombres, leurs importance (profondeur, longueur et largeur), leurs localisation (sur l'élément), la localisation des éléments dans la structure ...etc., exemple : l'élément en maçonnerie représenté par l'image II.12., est jugé « en bon état » suite aux observations suivantes :

- Aucune fissure apparie sur les composants de l'élément mur en maçonnerie,
- La connexion entre l'élément en maçonnerie (briques) et la maçonnerie avec les éléments poteaux-poutres apparait en parfaite état,
- Pas d'autres dommages visibles (pas de décollement du mortier, ni de fissuration du parois muraux).

CHAPITRE II : Analyse et inspection visuelle de la ville de Tizi-Ouzou.

De plus des éléments structuraux et non structuraux, l'impact de l'état des structures voisines sur le niveau de vulnérabilité de la structure « inspectée » est pris en considération. La figure II.12., permet de justifier l'appréciation effectuée sur les structures voisines (voir la figure.II.13).



Figure II.13 : Vue sur la structure avoisinante de la structure inspectée.

Note : De l'expérience acquise sur le terrain (inspection de 77 structures), il est important de signaler que le temps du remplissage de la fiche d'inspection vari de 40min à 01h20min, cette variation est conséquence de la complexité de structure inspectée.

IV. Conclusion

De l'investigation menée dans cette phase d'étude, on constate qu'un nombre important de quartiers se trouvent sur des sites accidentés, ce qui nous mène aussi à constater que plus de la moitié des structures implantées à Tizi-Ouzou sont à voile intégré. Aussi, malgré que l'emploi de la fiche exige des connaissances dans le domaine et que la décision finale dépend essentiellement des compétences individuelles de l'évaluateur, la mise en pratique de la fiche d'inspection démontre la facilité de son utilisation.

CHAPITRE III

Interprétation des résultats



CHAPITRE III : Interprétation des résultats

I. Introduction :

Après l'inspection visuelle effectuée dans cette zone urbaine, une banque de données composées de 70 fiches (constructions) est édifiée. Dans ce chapitre, une étude statistique permettant l'identification des éléments pouvant induire un comportement vulnérable des structures existantes vis à vis des séismes est menée.

II. Récapitulatif des résultats :

Tel que présenté dans le chapitre II, dans cette étude, seul les constructions implantées dans la zone dite « Lotissement BOUZAR » ont été inspectées. Les informations prélevées sur les différentes structures (70 fiches) sont exposées dans le tableau ci-dessous (tableau.III.1).

Tableau.III.01 : Résultats d'inspection visuelle.

N°strctr	T Str	Ann Strc	E S	Clc S	C etc	N° ES	N°NV	Inclus	vides
1	Mixte	2008	oui	oui	non	2	7	oui	non
2	Mixte	/	oui	oui	non	2	8	oui	non
3	Mixte	/	oui	oui	non	2	9	oui	non
4	Mixte		oui	oui	non	1	8	oui	non
5	Mixte	2016	non	oui	non	0	7	non	non
6	Mixte	/	oui	oui	non	3	10	oui	non
7	Mixte	/	oui	oui	non	1	6	oui	non
8	Mixte	/	oui	oui	non	1	6	oui	non
9	Mixte	/	oui	oui	non	2	10	oui	non
10	Mixte	2008	oui	oui	non	1	6	oui	non
11	Mixte	2007	oui	oui	non	2	7	oui	non
12	Mixte	/	oui	oui	oui	1	7	oui	non
13	Mixte	/2016	oui	oui	non	4	11	oui	non
14	Mixte	/	oui	oui	non	3	9	oui	non
15	Mixte	/	oui	oui	oui	1	7	oui	non
16	Mixte	2009	oui	oui	non	2	7	oui	non
17	Mixte	2016	oui	oui	non	2	9	oui	non
18	Mixte	/	oui	oui	non	2	10	oui	non
19	Mixte	/	oui	oui	non	1	7	oui	non
20	Mixte	2007	oui	oui	non	3	11	oui	non
21	Mixte	/	oui	oui	non	2	9	oui	non
22	Mixte	2007	oui	oui	non	1	6	oui	non
23	Mixte	2007	oui	oui	non	4	11	oui	non

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

24	PP	2005	oui	/	/	1	7		non
25	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
26	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
27	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
28	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
29	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
30	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
31	PP	1997	oui	non	non	1	7	oui	non
32	PP	2010	non	oui	non	0	7	non	non
33	PP	/	oui	/	/	2	6	oui	non
34	PP	2010	oui	oui	/	2	9	oui	non
35	PP	2000	non	/	/	0	7	non	non
36	PP	/	oui	/	/	1	7	oui	non
37	PP	/	oui	/	/	1	7	oui	non
38	PP	2004	non	oui	/	0	9	non	Oui
39	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
40	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
41	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
42	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
43	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
44	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
45	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
46	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
47	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
48	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
49	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
50	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
51	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
52	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
53	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
54	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
55	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
56	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Oui
57	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Non
58	PP	/	non	oui	oui	0	6	non	Non
59	PP	/	oui	/	/	2	10	oui	Non
60	PP	2001	oui	/	/	1	6	oui	Non
61	PP	/	oui	/	/	2	8	oui	Non
62	PP	/	non	/	/	0	4	non	Non
63	PP	2003	oui	oui	/	1	7	oui	Non
64	PP	/	oui	/	/	1	7	oui	Non

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

65	PP	/	oui	/	/	1	7	oui	Non
66	PP	/	non	/	/	0	6	non	Non
67	mixte	2016	oui	oui	non	4	11	oui	non
68	mixte	2016	non	oui	non	0	7	non	non
69	mixte	2016	non	oui	non	0	7	non	non
70	mixte	2016	non	oui	non	0	7	non	non

Note :

-T Str : type de structure ; *Ann Strc* : année de construction ; *E S* : entresol ; *Clc S* : calculé au séisme ; *C ctc* : calculé par ctc ; *N° ES* : nombres d'entresol ; *N°NV* : nombre de niveau.

Vide s : vide sanitaire ; *pp* : poteau poutre ; / : pas d'informations.

Le tableau ci-dessus résume les résultats de l'inspection visuelle, à cet effet, après un long cheminement d'étapes permettant de faire le tri des fiches, seul les paramètres jugés favorable à un comportement vulnérable des structures ont été gardés. Dans ce qui suit, l'importance (en terme de présence) de chacun des paramètres cités ci-dessus est exposée.

III. Interprétation des résultats :

III.1. Classification par types de constructions :

Tel qu'exposé ci-dessus, parmi les structures implantées dans la zone inspectée (lotissement BOUZAR) nous distinguons principalement trois types de structures, à savoir ; poteaux poutres, voiles porteur et mixte.

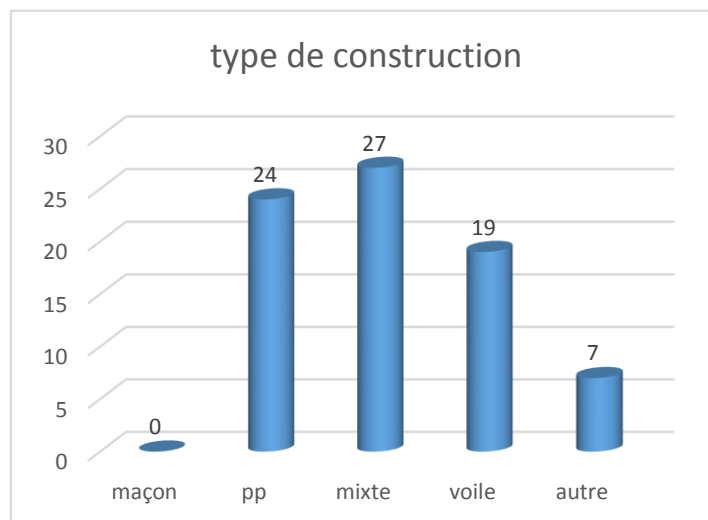


Figure.III.1 : Type de construction

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

De la figure (Figure.III.1), on constate que les constructions dont le contreventement est assuré exclusivement par des portiques (constructions en poteaux poutre) et des voiles et portiques (constructions mixtes) représentent la grande partie des structures implantées dans la zone, ainsi d'une manière plus détaillée les structures de type poteaux poutres et mixtes représentent 31.17% et 35.06% respectivement, 24.68% de structures sont de type voiles porteurs, par contre un faible pourcentage (9.09%) est enregistré pour les autres structures (mosquée, école,...etc.).

III.2. Classification par usage :

Vue que l'étude est effectuée dans la zone urbaine de Tizi-Ouzou, mais à part des structures d'accompagnement (Exp : mosquée, école, etc.), la quasi-totalité des structures sont soit à usage d'habitation ou d'habitation-commercial.

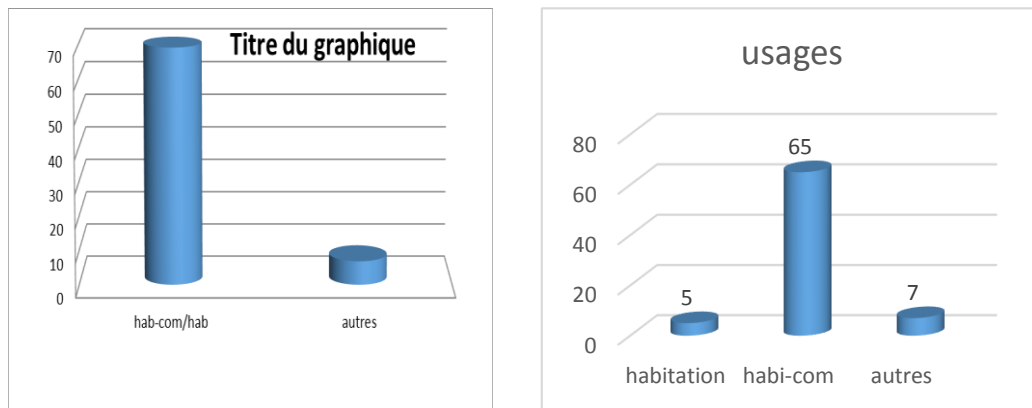


Figure.III.2 : Classification par usage

De la figure (Figure.III.2) ci-dessus, on distingue que la majeure partie des structures (soit 84.42%) implantées dans cette zone sont à usage habitation et commercial (noté habi-com). Par ailleurs, un faible pourcentage est enregistré pour les structures à usage d'habitation et les autres, quantitativement ces structures représentent 6.49% et 9.09%, respectivement.

III.3. Classement par rapport à l'étude sismique :

Dans cette partie, le tri des structures est effectué par rapport à la fiabilité de l'étude sismique. Malgré le fait que l'intensité sismique est prise en compte dans les études de structures inspectées, pour diverses raisons, la version actualisée du règlement parasismique algérien RPA99/03 est peu employée dans cette zone, à savoir :

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

-L'étude ou/et la réalisation des structures sont menées avant le séisme de boumerdes en 2003, C.-à-d. avant l'apparition du nouveau règlement (RPA99/03).

- Aussi, d'après le constat effectué sur le terrain, aucune de ces structures existantes n'a subi des travaux de renforcement, en d'autre terme, ces constructions ne peuvent être considérées conformes au règlement (RPA99/03).

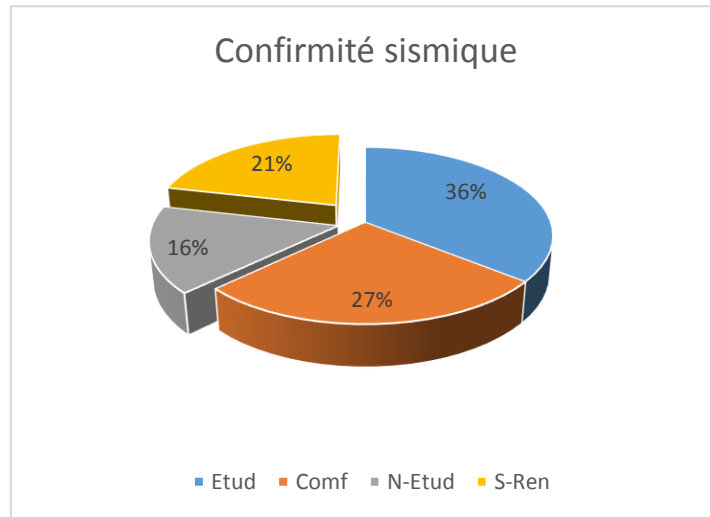


Figure.III.3 : Conformité sismique

Sachant que les modifications apportées au règlement (RPA 99) ne portent pas atteinte aux structures de type voile porteur, des résultats communiqués par la figure ci-dessus (Figure.III.3.), nous avons jugé que 63% des structures inspecté (36% étudiées au séisme « notées Etude » et 27% conforme au règlement « notées Conf ») répondent aux exigences de l'ultime version du règlement RPA99/03. Concernant le reste de structures, on distingue d'une part, 16% comme structure non conforme (notées ; N-Etud) vis-à-vis du (RPA99/2003), et d'une autre part, 21% comme structures non renseignées (notées ; S-Ren).

III.4. Classification par rapport à la qualité d'exécution :

Comme tout domaine, le secteur bâtiment exige deux phases distinctes et complémentaires, à savoir ; phase études et phase réalisation, ainsi, de plus des exigences imposées par le règlement dans la phase étude, et malgré le fait que ce même règlement recommande certaines pratiques dans la phase d'exécution, pour diverses raisons, dans ce travail, il a été jugé utile de prendre en considération le facteur qualification des entreprises reflétant d'une manière directe la qualité de la main d'œuvre. À cet effet, pour simplifier cette démarche, la classification des entreprises s'appuie essentiellement sur un seul paramètre, ce

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

dernier se traduit par la présence des instances étatique (en particulier, l'organisme CTC « Contrôle Technique de Constructions ») lors de la phase d'exécution. Les détails apportés par cette démarche sont communiqués par la figure (Figure.III.4.).

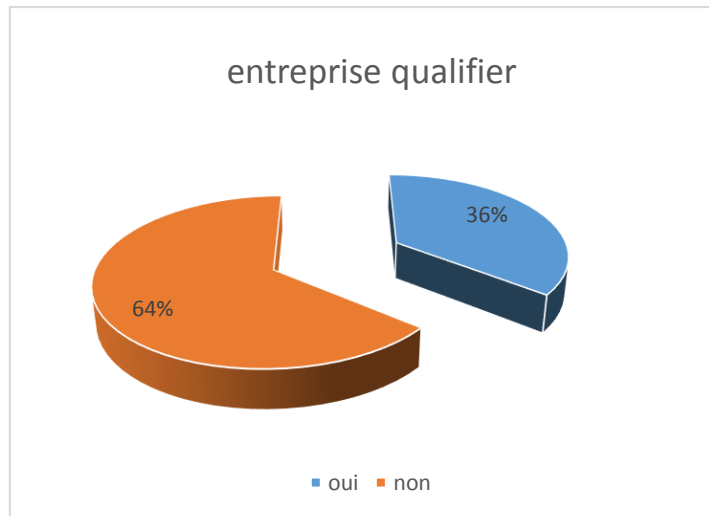


Figure.III.4 : Entreprises qualifiées

Les résultats donnés dans la figure ci-dessus témoignent de l'importance du paramètre qualification des entreprises au quel aucune considération n'est accordée lors de la demande et de l'obtention d'un permis de construction. De la même figure, on constate, d'une part, qu'un nombre important (équivalent à 64%) de structures réalisées par un personnel non qualifié, et d'une autre part, de la banque de données (77 structures) un pourcentage limité (36%) est réalisé par des entreprises qualifiées. Ces dernières sont soit des entreprises étatiques ou des entreprises suivies par le CTC.

III.5. Classification des structures par rapport à la présence du vide sanitaire :

Malgré l'apport positif (du point de vue exploitation) de ce composant, en se référant à la théorie existante, en particulier, les rapports d'expertises (AFPS. 2003, Davidovici. 2003) poste séisme Boumerdes en 2003, il a été constaté que plusieurs dommages irréversibles sont occasionnés aux structures suite à la présence du vide sanitaire. À cet effet, la considération de ce composant lors de l'appréciation du niveau de vulnérabilité des bâtis existant est inévitable.

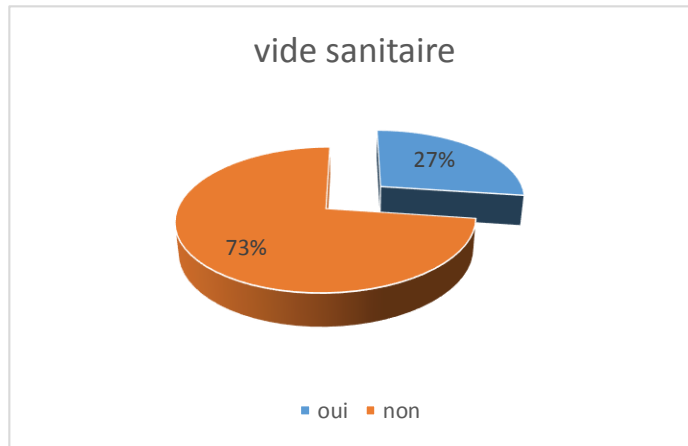


Figure.III.5 : _Vide sanitaire

Des résultats présentés dans la figure ci-dessus(FigureIII.5), on constate que les structures dotées d'un vide sanitaire représentent un pourcentage minime avoisinant les 27% du nombre total. Par contre, le reste des structures (représentant la majorité 73%) sont épargnées de la présence de se composant.

III.6. Classification par rapport à la présence d'entresol :

Comme il a été présenté dans le chapitre I et II, la quasi-totalité des structures implantées dans la zone urbaine, en particulier, le quartier inspecté, se caractérisent par la présence d'un ou plusieurs entresols. Les résultats communiqués par la figure (Figure III.6) témoignent de l'importance (en terme de nombre de cas) de cette partie de la structure.

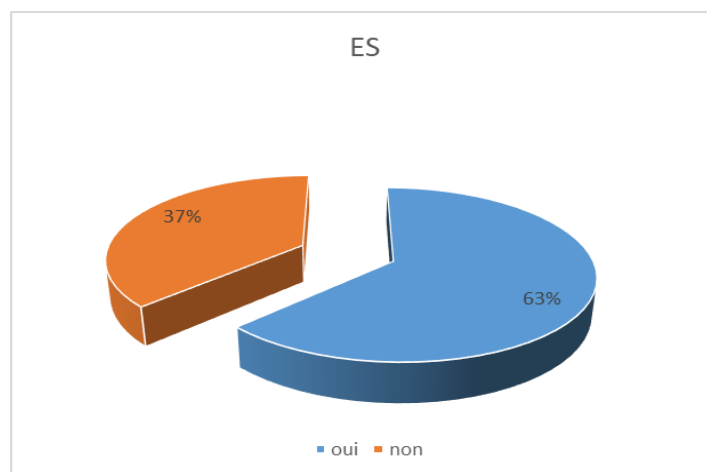


Figure.III.6 : La présence d'entresol

CHAPITRE III : Interprétation des résultats

De la base de données (70 fiches d'évaluation), un nombre important de structures (équivalent à 63%) se caractérise par la présence d'au moins un niveau servant d'entresol, en d'autre terme, un faible pourcentage (37%) est enregistré pour les structures épargnées de la présence d'entresol.

Note : Dans ce qui suit, la banque de données se réduit à 44 fiches d'expertises c.à.d. 44 structures=63%.

III.7. Classifications par rapport à l'inclusion des Voiles périphériques dans la structure :

En se référant à la phase inspection de structures, il a été constaté que la majorité des structures se caractérise par la présence d'un mur de soutènement, pour diverse raisons, en particulier économique, souvent cet élément est associé au reste de la structure.

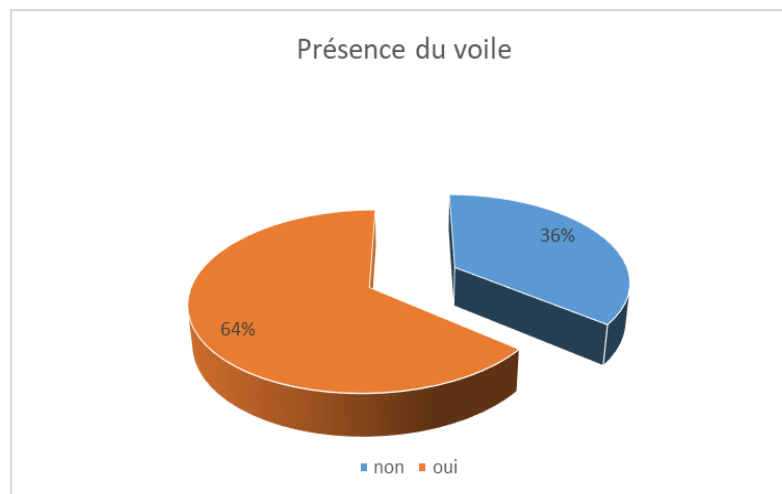


Figure.III.7 : Présence de voile (mur de soutènement)

Des résultats exposés dans la figure (figureIII.7), on remarque que 64% des structures inspectées se caractérisent par la présence d'un mur de soutènement inclus dans la partie superstructure. Par contre, un pourcentage faible (33%) est enregistré pour les structures sans voiles, l'absence de ce composant est fortement lié à la nature du site d'implantation (de l'inspection visuelle, ces terrains sont classés comme des sites plats).

III.8 Classifications par rapport au nombres de niveaux d'entresols :

La déférence du nombre de niveaux appartenant à la partie inférieure de chacune des structures est essentiellement lié à la variation de la dénivelée du site (lotissement Bouzard). La figure(figureIII.8) illustre l'importance de ce paramètre.

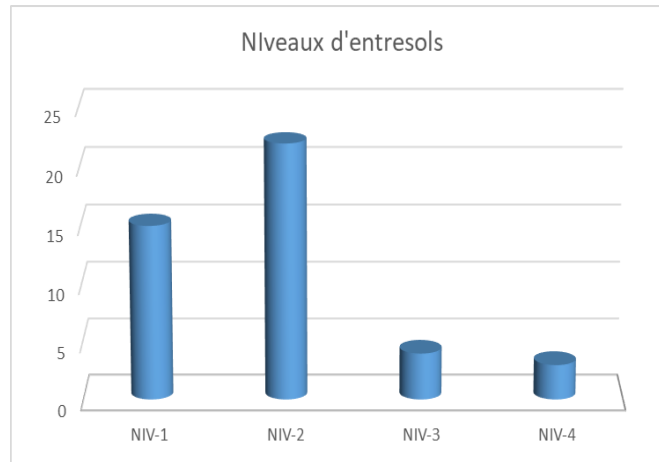


Figure.III.8 : Niveaux d'entresols

La banque de données peut être discrétisée en deux parties, à savoir ; la première se caractérise par une plage de variation allant de [1-2] niveaux, alors que dans la seconde, le nombre d'entresols varie de [3-4]. De la figure (Figure.III.8), on constate qu'un nombre important de structures 84,1% (dont 34,1% avec 1 niveau et 50% avec 2 niveaux) sont issues de la première catégorie, par contre, la deuxième catégorie est représentée par un faible pourcentage 15,9% (dont 9,1% avec 3 niveaux et 6,8 % avec 4 niveaux).

IV. Conclusion :

De cette étude, on conclut que la majorité des structures étudiées se caractérisent par la présence d'au moins un élément pouvant affecter son comportement vis-à-vis du séisme, aussi, de tous les éléments jugés initialement vulnérables, l'inclusion du mur de soutènement est constatée dans un nombre important de structures. À cet effet, de plus de cette investigation, une étude approfondie permettant de quantifier l'impact de cet élément sur le niveau de vulnérabilité des structures est indispensable.

CHAPITRE IV

L'analyse non linéaire



I. Introduction

Ce chapitre est discrétisé en deux parties. La première partie est consacré, à une présentation détaillée de la méthode d'analyse push-over. Un résumé des différentes étapes de modélisation de la structure considéré initialement sont donnés dans la seconde partie.

Partie A : Présentation de méthode d'analyse Push-over.

Les méthodes d'analyse classiques, citées dans la plupart des codes parasismique utilisées dans la conception sismique pour les structures, parmi elles, celles de l'étage souple elles ne représentent pas les mécanismes de rupture d'une manière adéquate. Ces mécanismes seraient fréquemment la cause de l'effondrement des structures.

Ce cas a conduit à l'intérêt de définir les procédures d'analyse, capable de fournir une prédiction précise de tels mécanismes d'effondrement non élastique, et ce en évitant l'effort de calcul excessif. Parmi ces procédures, les procédures statiques non linéaires qui apparaissent comme outil attractif, parce qu'elles sont faciles à utiliser et fournissent une représentation simple et efficace de la réponse structurelle par la courbe de capacité, à partir de laquelle on peut déterminer un nombre de paramètres de la réponse attendue. (Abdesslam.I 2018)

Cette méthode d'analyse statique non linéaire sera détaillée dans ce chapitre.

II. Analyse push-over

L'analyse push-over est fondamentalement une analyse statique non linéaire approximative, exécutée sous charges horizontales croissantes d'une façon monotone distribuées sur tous la hauteur de la structure selon un modèle prédéfini jusqu'à ce que les modes de ruines commencent à apparaître (Ait ramdane.I 2014). D'autres auteurs définissent l'analyse 'push-over' comme une procédure dans laquelle la structure subite des charges latérales suivant un certain modèle prédéfini en augmentant l'intensité des charges jusqu'à ce que les modes de ruine commencent à apparaître dans la structure (voir figureIV.1).

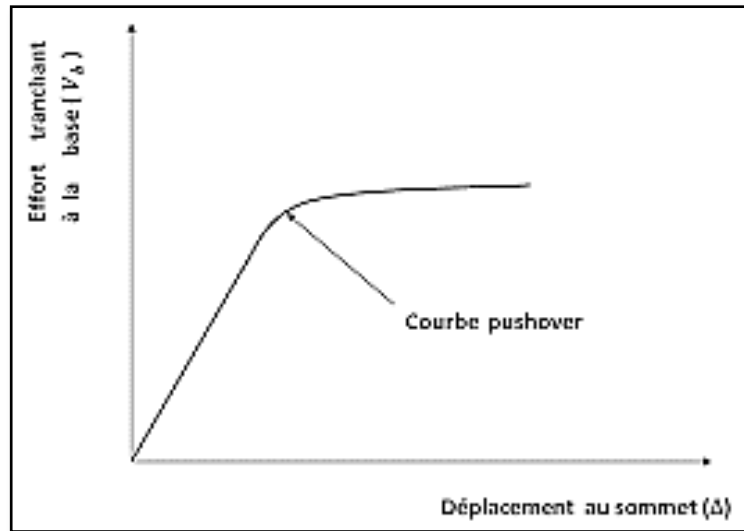


Figure.IV.1 : la courbe « Push-over » qui représente la variation de l'effort tranchant à la base en fonction du déplacement au sommet du bâtiment. (Abdesslam.I 2018)

L'analyse push-over donne des informations sur beaucoup de caractéristiques de la réponse qui, ne peuvent être obtenues qu'à partir d'une analyse élastique ou dynamique linéaire. Dans ce qui suit, on présente des exemples de telles caractéristiques :

- Les demandes réalistes de forces dans les éléments, telles que les demandes en forces axiales dans les poteaux, les demandes en forces dans les connections des contreventements les demandes en moments dans les connections poteaux-poutres, et les demandes en cisaillement dans les poutres épaisses.

- Estimations des demandes en déformations pour les éléments qui doivent se déformer inélastiquement pour dissiper l'énergie provenant des séismes.
- Les conséquences de la détérioration de la rigidité des éléments individuels sur le comportement global de la structure.
- Identification des zones critiques dans lesquelles les demandes en déformations sont supposées être élevées et qui doivent être l'objet d'une attention particulière durant la conception.
- Identification des discontinuités des résistances en plan ou en élévation qui résultent des modifications des caractéristiques dynamiques dans le domaine non linéaire.
- Estimations des déplacements entre les niveaux qui tiennent compte des discontinuités des résistances ou des rigidités et qui peuvent être utilisés pour contrôler l'endommagement et pour évaluer l'effet P- Δ .

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

- Vérification de la complétude du chemin de chargement considérant tous les éléments de la structure, les éléments non structuraux rigides ainsi que les fondations. (Abdesslam.I 2018)

II.1. Les objectifs d'utilisation de la méthode push-over

Cette méthode a pour but :

- D'évaluer les mécanismes plastiques attendus et la distribution des dommages dans la structure ;
- De connaître quels sont les modes des ruines possibles ;
- D'approcher d'avantage le comportement réel de la structure ;
- L'identification des zones critiques dans lesquelles les déformations sont supposées être grandes ;
- L'évaluation des différents paramètres en termes de déplacement et de sollicitations dans les éléments de la structure
- -D'assurer que la séquence de formation des rotules plastiques est conforme à l'hypothèse de conception ;
- -D'évaluer la performance sismique des structures existantes ou renforcées. (Lafi. DJ.E 2002)

II.2. Principe de base de la méthode push-over

Push-over est une méthode de calcul qui permet d'établir une courbe de capacité de la structure soumise à un chargement statique croissant. L'allure du chargement appliqué lors de l'analyse a pour objectif de représenter l'effet d'un séisme par une force de remplacement statique. A partir de cette charge appliquée par étape, le comportement non linéaire de la structure peut être défini (voir figure IV.2).

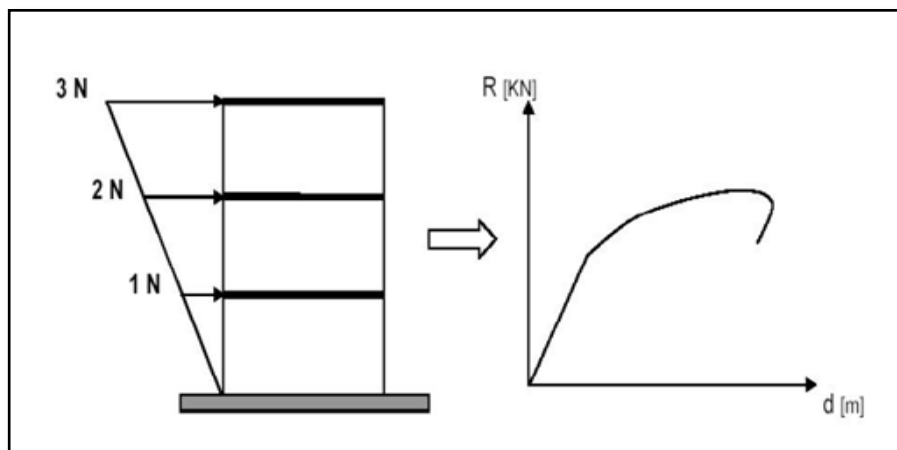


Figure.IV.2 : Principe de l'analyse push-over.

II.3. Rotules plastiques

La rotule plastique est une zone d'un élément de structure (poutres, poteaux, voiles) subissant des déformations irréversible et capables de dissiper de l'énergie sous sollicitations alternées. Au-delà d'un seuil de sollicitation, elle se comporte comme une articulation autorisant la rotation des autres parties de l'élément.

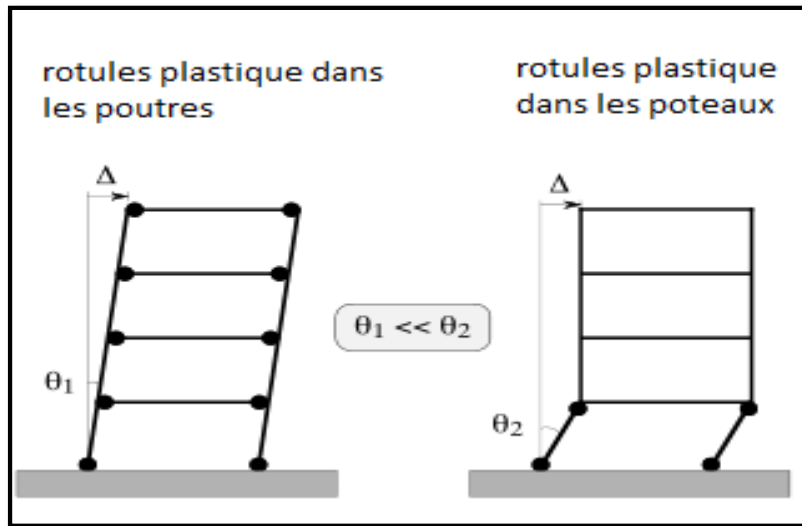
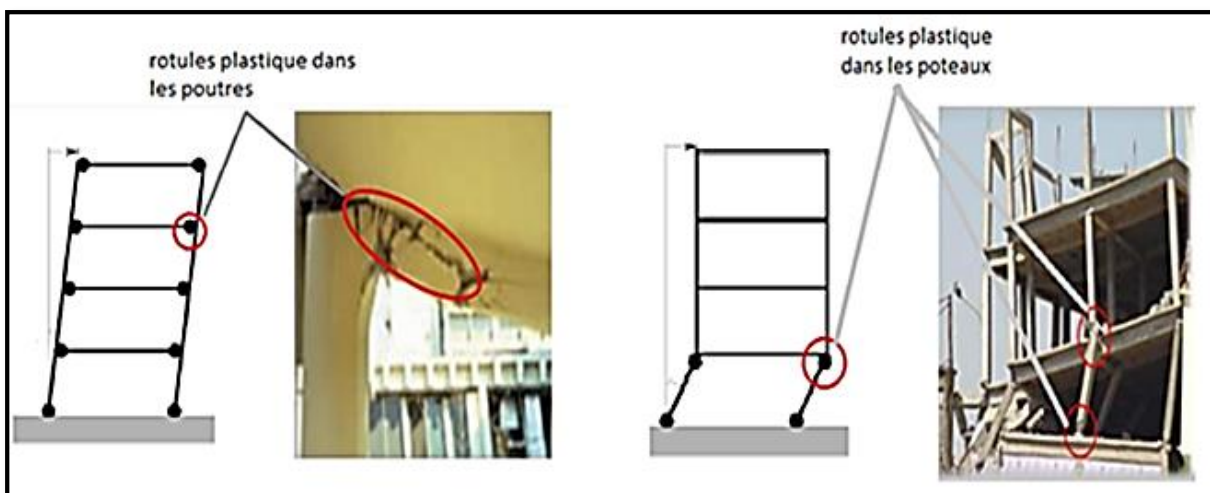


Figure IV.3 : Rotules plastiques au niveau des poteaux et des poutres

Le comportement non linéaire des poutres et des poteaux est représenté par l'attribution concentré des rotules plastiques aux extrémités des éléments (Mohamed.M 2015).



a) -Rotule plastique au niveau des poutres.

b) -Rotule plastique au niveau des poteaux.

Figure IV.4 : Rotule plastique au niveau des poteaux et des poutres.

II.4. Formation des rotules plastiques

L'analyse push-over nous permet d'évaluer l'état de comportement des éléments de la structure si ces derniers passent aux domaines plastiques (rotules plastiques), et vérifier l'emplacement des rotules plastiques dans les différents éléments structurels (poteaux, poutres). Ces rotules plastiques doivent être formées dans les éléments poutres plutôt que dans les éléments poteaux (voir figure IV.5), ce qui est conforme au principe du poteau fort/poutre faible. Après le début de plastification des barres longitudinales, la déformation se concentre dans une région appelée rotule plastique.

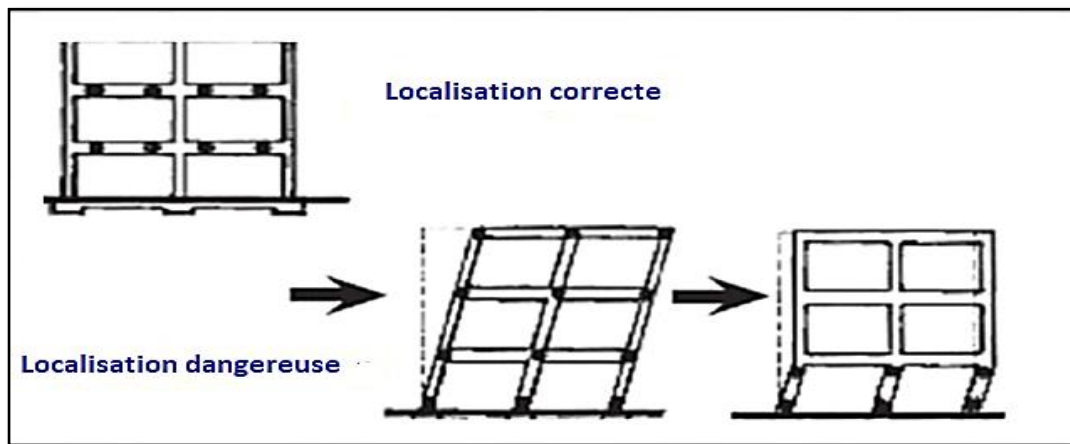


Figure IV.5: Formation des zones plastifiées (Mohamed Maziani. 2015).

I.5. Distribution des forces horizontales

L'utilisation de la méthode d'analyse push-over pose le problème de la définition de la distribution des forces horizontales appliquées. La forme des actions sismiques appliquées à la structure est en règle générale, triangulaire ou trapézoïdale (Figure IV.6) d'intensité proportionnelle aux premiers modes propres de la structure. Les coefficients de proportionnalité étant simplement les masses de chacun des niveaux.

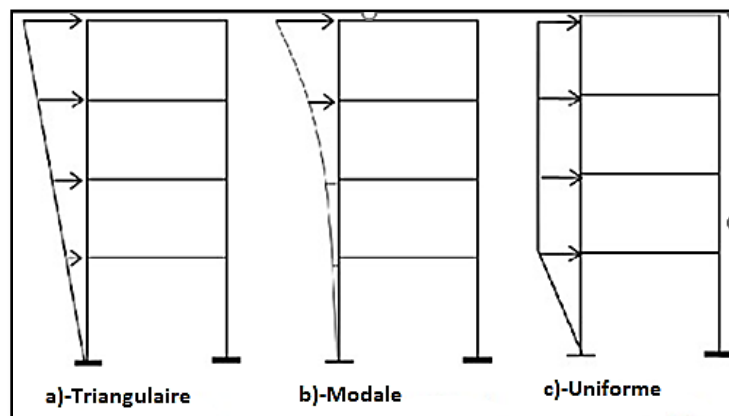


Figure IV.6 : Distribution des forces horizontales associées à diverses déformations élasto-plastiques de la structure

II.6. Courbe de capacité

La méthode push-over passe par la détermination des déplacements latéraux de la structure quand l'effort tranchant en pied est incrémenté de manière régulière, cela en considérant les hypothèses suivantes :

- ✓ La distribution des efforts latéraux est maintenue constante pendant l'analyse ;
- ✓ La distribution des efforts latéraux suit en principe la déformée du mode fondamental ;
- ✓ Alors que l'effort tranchant est incrémenté au cours du processus, le comportement de chaque élément est analysé tant en terme de variation de raideur que de résistance ;
- ✓ En intégrant dans le modèle des lois matériaux et des lois de dégradation des nœuds de structure sollicités au-delà de leur limite élastique, une courbe reliant l'effort tranchant sismique appliqué à la structure au déplacement de la structure peut être générée (Association Française du Génie Parasismique, 2014.).

La détermination de la courbe de capacité par l'analyse push-over, consiste à appliquer un chargement latéral statique monotone croissant équivalent, cette application de charge dépend directement de la réponse modale de la structure.

En effet, le chargement doit reproduire, les modes déterminants retenus pour la structure en appliquant des facteurs de charges compatibles avec le mode considéré dans une analyse multimodale. La force sismique (l'effort tranchant à la base V_b) est transformée en accélération spectrale S_a le déplacement réel au niveau du toit U_t est transformé en déplacement spectral S_d .

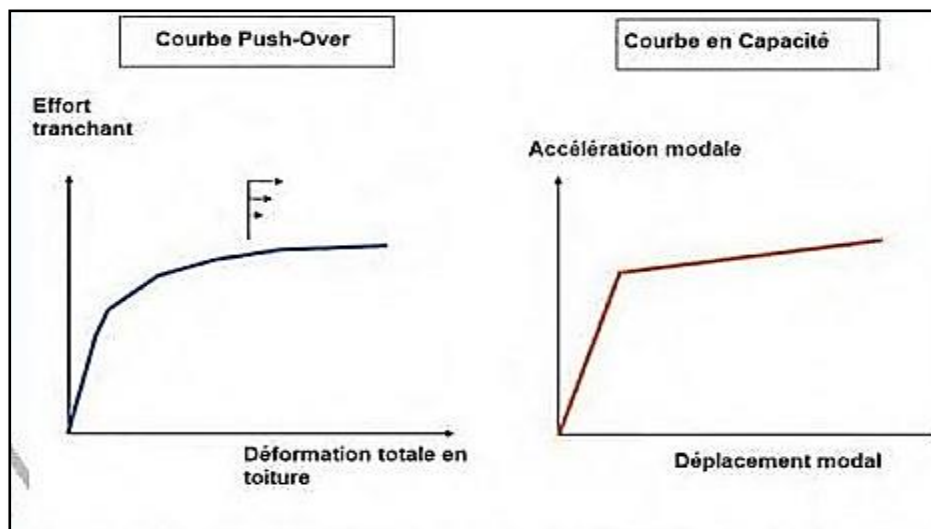


Figure IV.7 : transformation de la courbe de push-over en courbe de capacité.

II.7. Niveaux d'endommagement

Selon (Association Française du Génie Parasismique, 2013/2014) la courbe de capacité peut être divisée en quatre sections, chaque segment correspond à une étape d'endommagement (voir Figure IV.8).

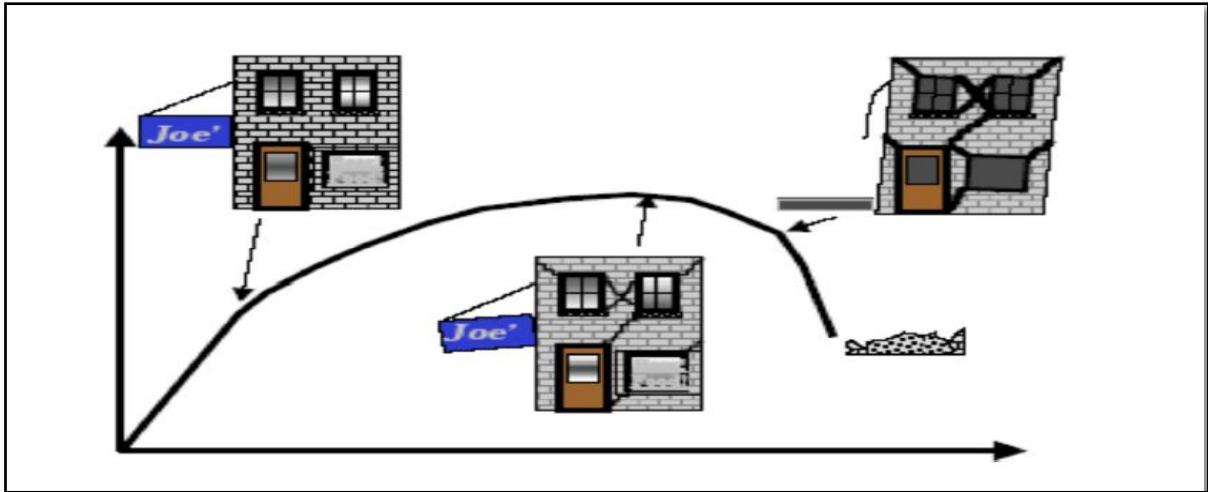


Figure IV.8: Niveaux d'endommagement représentés par une courbe de capacité. (Ben melouka.A 2013)

- Le premier niveau : correspond au comportement élastique de la structure et représente le niveau de conception parasismique habituel. Il indique par conséquent un état d'endommagement superficiel (ou bien de non endommagement).
- Le deuxième niveau : d'endommagement correspond à un niveau de dommage contrôlé. La stabilité de la structure n'est pas en danger, mais toutefois un endommagement mineur est susceptible de se développer.
- c) -Le troisième niveau : représente un état d'endommagement avancé, sa stabilité étant en danger. Au-delà de ce niveau, la structure est susceptible à l'effondrement, ne présentant aucune capacité de résistance. (Abed.M 2014)

II.8. Identification de point de performance

Le niveau de performance d'une structure est obtenu en fonction de deux paramètres à savoir :

La demande sismique et la capacité sismique qui sont données par le spectre de calcul et la courbe de capacité, respectivement

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

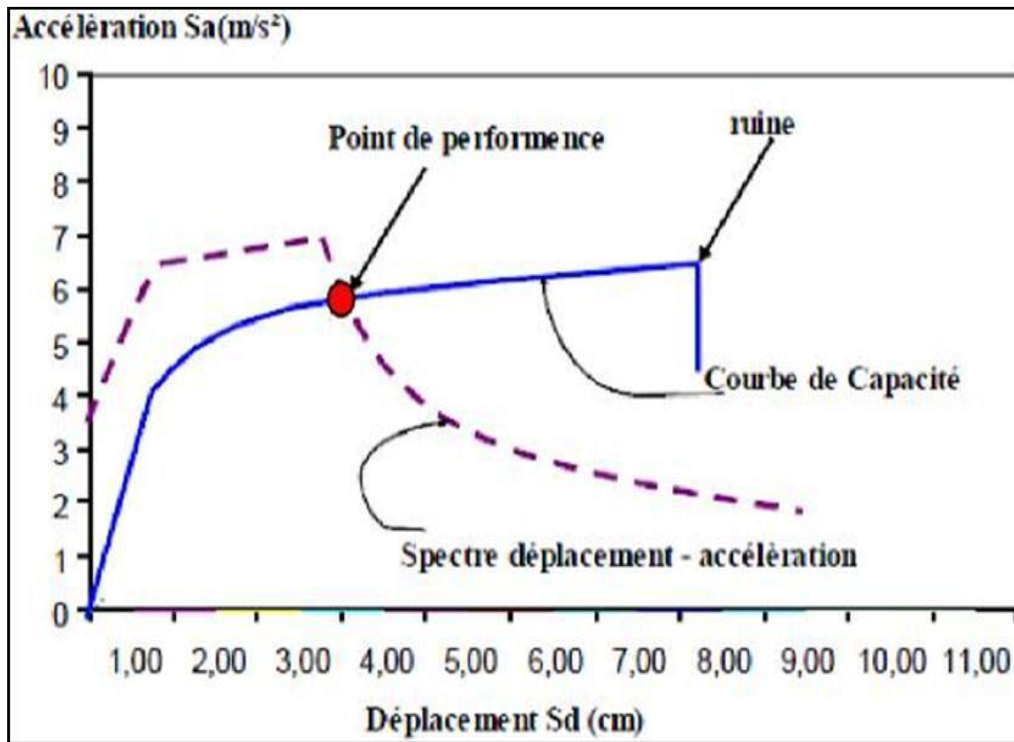


Figure.IV.9 : point de performance et principe d'évaluation de la courbe de capacité. (EC-8 2004).

Le déplacement d'une structure équivalente élastique est trouvé par le prolongement de la partie élastique de la courbe de capacité jusqu'au croisement avec le spectre (point A). Le déplacement inélastique de la structure réelle est celui qui lui correspond sur la courbe de capacité au point B.

Avec cette construction, on peut par exemple définir si la structure nécessite une augmentation de sa capacité de déformation ou bien une augmentation de sa rigidité.

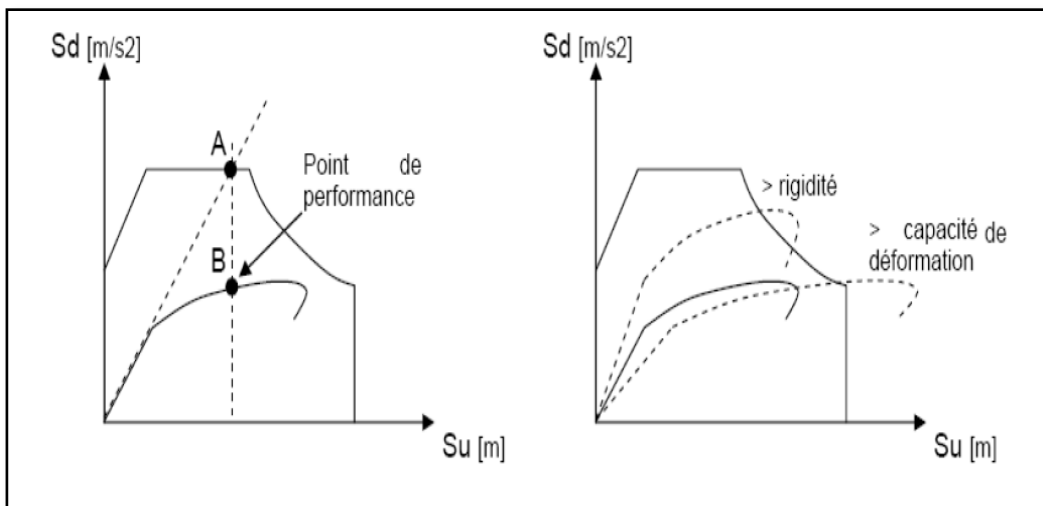


Figure IV.10 : Point de performance et principe d'évaluation de la courbe de capacité.

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

Les normes américaines (**FEMA 356**), prévoient de croiser la courbe de capacité avec plusieurs spectres. Le comportement inélastique est approché par l'accroissement du coefficient d'amortissement visqueux. L'itération consiste en principe à trouver le point d'équilibre entre ductilité demandée et amortissement requis.

Le point de croisement de la courbe avec un spectre permet de définir la ductilité nécessaire à la structure (rapport entre point D et point C). (EC-8 2004).

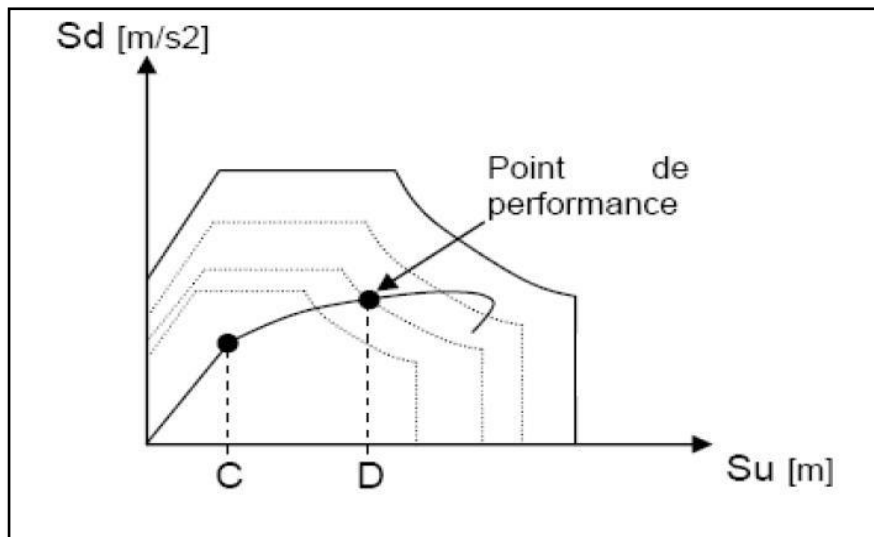


Figure IV.11 : Point de performance – principe de réduction du spectre.

II.9. Niveaux de performance

Avant de commencer l'analyse statique non linéaire de la structure, un pas essentiel est nécessaire, qui est la détermination du niveau de performance exigé de cette structure lors sa soumission à un danger sismique précis, aussi la caractérisation des dommages admissibles et cela pour les éléments structurels et non structurels, à ce niveau.

Le niveau de performance est défini, selon (ATC 40) par l'état de la structure étudiée après être touchée par un séisme de niveau précis. Autrement dit le niveau de performance est la limite supérieure des dommages admissibles dans une structure à la suite de sa soumission à un niveau précis de danger sismique. Les codes ont établi deux classifications des niveaux de performance, l'une au niveau de performances structurelles **SP** et l'autre au niveau de performances non structurelles.

Les niveaux de performance structurelle se définissent selon (Abdesslam.I 2018) comme suit :

1. Niveau IO (début d'exploitation)

Indique que l'état des dommages suite au séisme est très limité, les systèmes de résistances des forces horizontales et verticales de la construction conservent à peu près leur résistance et

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

rigidité qu'elle possédait avant le séisme. Le danger sur la vie, suite aux dommages structurels est très faible, malgré cela, certaines réparations structurelles simples doivent être effectuées.

2. Niveau LS (l'état d'exploitation sécuritaire)

Indique que l'état des dommages de la structure après le séisme sont importants mais, il existe une marge de résistance d'effondrement. Certains éléments et composants structurels sont très endommagés sont chute de débris importants tant à l'intérieur qu'à l'extérieur de la construction. Les dommages ne menacent pas significativement la vie durant le séisme. L'utilisation de la construction peut être interdite jusqu'à réparation.

3. Niveau CP (l'état des dommages)

Il indique que la construction est menacée d'effondrement partiel ou total, comme il indique que le grand dommage subit par les éléments structurels, et non structurels avec la probabilité d'une très grande dégradation dans la rigidité des systèmes de résistance de chargement latéral avec la présence d'une petite marge de résistance à l'effondrement, A ce niveau et en présence d'une grande dégradation des systèmes de résistances des chargements latéraux, il est impératif pour les éléments principaux des systèmes de résistance aux forces latérales de continuer à résister aux forces de gravité. Il peut exister un grand danger à cause de la chute des débris structurels et il n'est pas pratique techniquement de réparer la structure sécuritairement elle est inutilisable, à cause de l'existence de répliques, ce qui peut conduire à l'effondrement de la construction. Les niveaux de performance sont représentés graphiquement sur la courbe de capacité comme le montre la figure suivante (figure.IV.12).

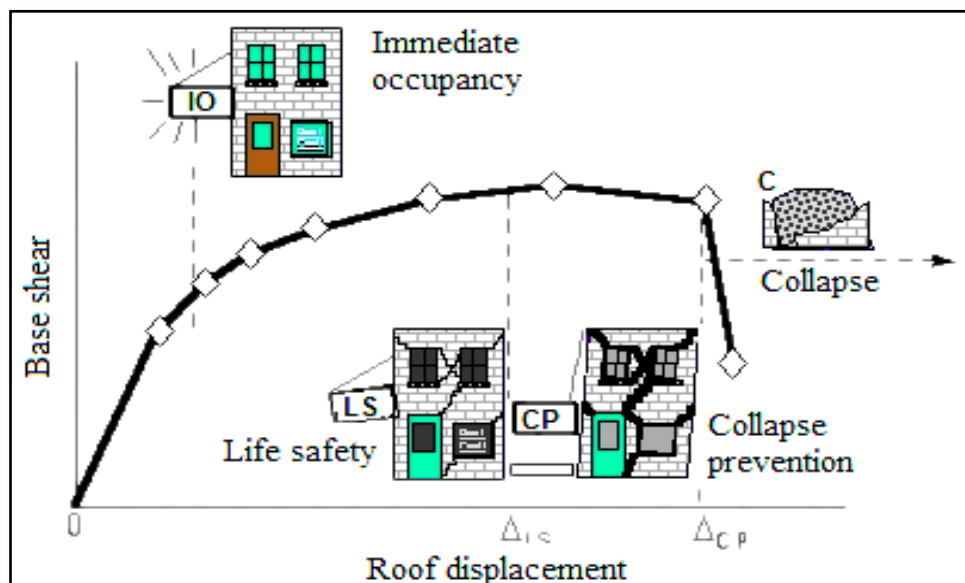


Figure.IV.12 : Courbe de capacité et les niveaux de performance structurelle. (Abdesslam.I 2018).

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

A partir de la courbe de capacité (Figure.IV.13), il devient alors intéressant de comparer celle-ci avec la sollicitation d'un séisme. Pour considérer la demande d'un séisme, on utilise en général des courbes « Spectre d'accélération S_d – Spectre de déplacement S_a ». Les axes de la courbe de capacité doivent donc être transformés afin d'avoir les mêmes unités :

- Réaction à la base / masse = accélération
- Déplacement / Facteur de participation modale = déplacement

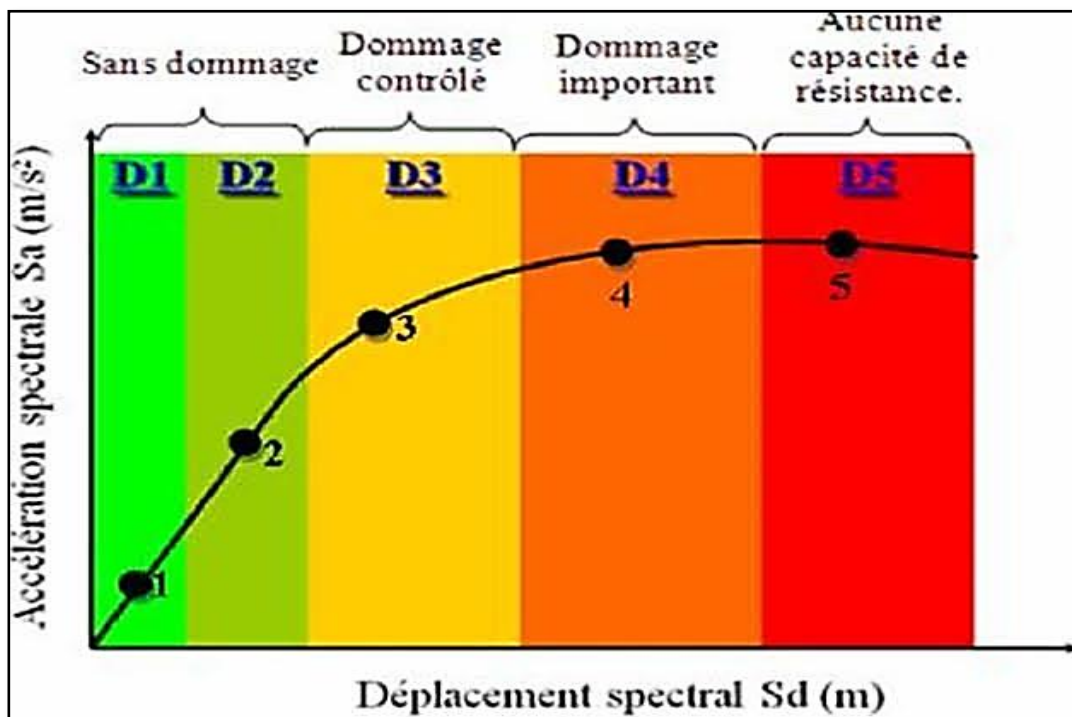


Figure.IV.13 : Représentation graphique de l'état d'endommagement des structures en B.A

Dans les deux cas on trouve ce que l'on appelle un « point de performance » qui permet de faire plusieurs considérations sur le comportement de la structure face au séisme.

Partie B : Partie modélisation.

Le choix de cette outil s'appuie sur plusieurs paramètres tel que :

- Accessibilité :
- Facilité d'utilisation : l'outil est doté d'une interface interactive
- Méthode de calcul : l'outil utilise la théorie de l'éléments finis qui reproduit le comportement le plus proche de la réalité.

Le logiciel utilisé pour cette partie d'étude : « ETABS ; Extended Tridimensionnel Analysis of Building Structures », c'est un outil de calcul (linéaire et non linéaire) bâtiments. Il permet de modéliser facilement et rapidement tous types de structures grâce à son interface graphique, et il offre de nombreuses possibilités d'analyse statique et dynamique.

III. Étapes de modélisation

Le calcul dynamique est réalisé sur deux modèles tridimensionnels de la structure avec 8 niveaux (RDC+5 et 2 Entresol) encadrée à sa base. Dans le but de faciliter les calculs (en particulier temps de calcul), dans la phase de modélisation seul les éléments « dalle en corps creux, poteaux, poutres, voiles et balcons » ont été représentés, les autres éléments « murs extérieurs, murs intérieurs, acrotères ...etc. » ont été introduits sous forme de charges.

III.1. Caractéristiques du bâtiment

A- Caractéristiques géométrique

- La hauteur du RDC : 4.25m
- La hauteur de l'étage courant et entresol : 3.06m
- La longueur totale : 25.67m
- La largeur totale : 16.59m

B- Caractéristique des sections poteaux et poutres

Les dimensions de sections poteaux et poutres communiquées par les tableaux (IV.1 et IV.2), respectivement représentent les dimensions réelles

Tableau.IV.1 : les sections des poteaux de la structure analysée.

Niveaux	Section de poteaux	Armature longitudinal	Armature transversal
Sous-sol1	Pot40X40	8HA14	HA10
Sous-sol 2	POT40X40	8HA14	HA10
RDC	POT40X40	8HA14	HA10
Etage 1	POT 35X35	4HA12+4HA14	HA10
Etage 2	POT35X35	4HA12+4HA14	HA10
Etage 3	POT35X35	4HA12+4HA14	HA10
Etage 4	POT30X30	8HA12	HA10
terrasse	POT30X30	8HA12	HA10

Tableau.IV.2 : Les poutres de la structure analysée.

Section	Armature longitudinal		Armature transversal
Poutre principal	3HA14+3HA12(lit supérieur)	3HA14(lit inférieur)	HA10
Poutre secondaire	3HA14		HA10
Poutre de chaînage	2HA12		HA10

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

III.2. Les charges considérées

Les charges (terrasse) :

- $G=5.89\text{KN}$
- $Q=1\text{KN}$

Les charges corps creux :

- $G=5.55\text{KN}$
- $Q=1.5\text{KN}$

Les charges des Balcons :

- $Q=3.5\text{KN}$

Les charges des murs :

- $G=5.5\text{KN}$

III.3. Modélisations avec l'outil « ETABS »

Les étapes de modélisation peuvent être résumées comme suit :

- Introduction de la géométrie du modèle (trames, hauteur d'étage)

L'objectif de cette étape est d'introduire les différentes caractéristiques géométriques de la structure.

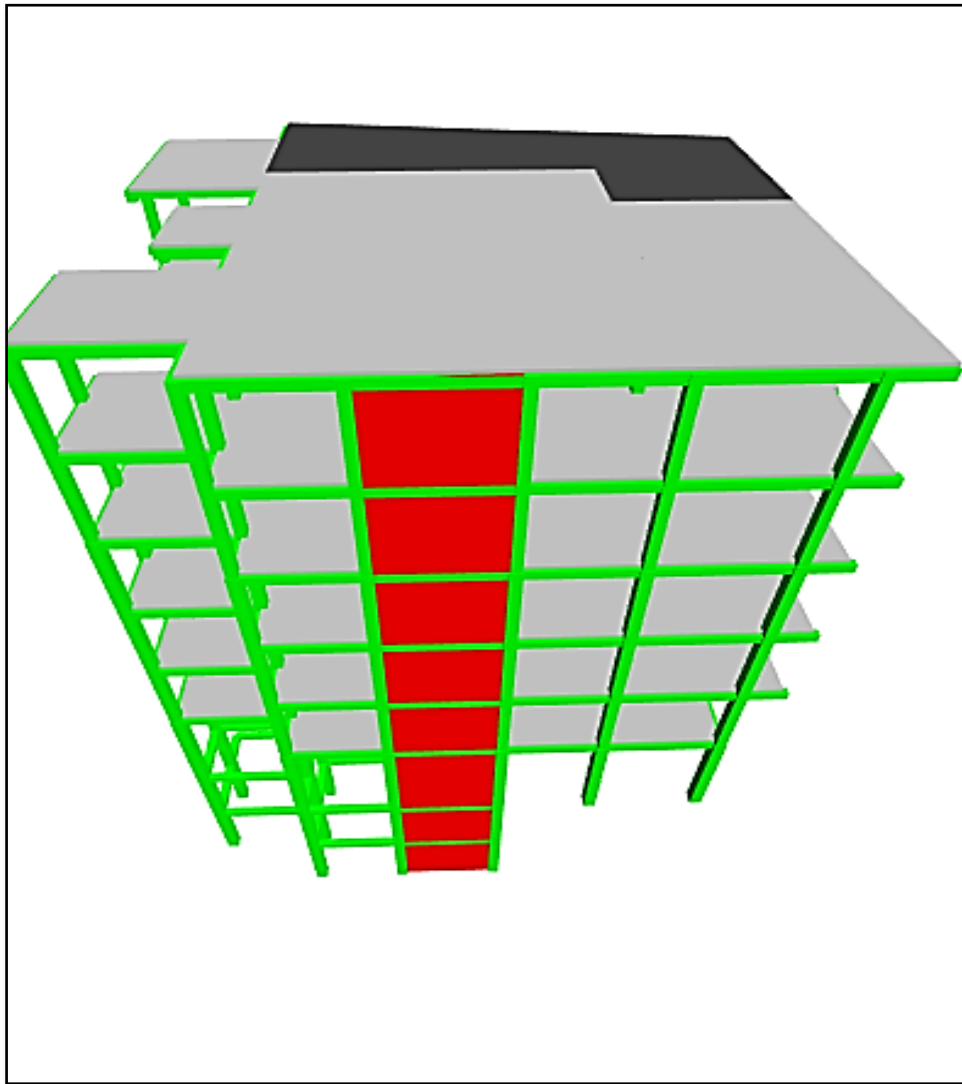


Figure IV.14 : La géométrie du modèle.

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

- Propriétés mécaniques des matériaux :

Dans cette phase les propriétés mécaniques des matériaux (acier et béton voir figure IV.15).

ET Material Property Data

General Data

Material Name: BETON

Material Type: Concrete

Directional Symmetry Type: Isotropic

Material Display Color: [Color Selection]

Material Notes: [Modify/Show Notes...]

Material Weight and Mass

Specify Weight Density Specify Mass Density

Weight per Unit Volume: 25 kN/m³

Mass per Unit Volume: 2500 kg/m³

Mechanical Property Data

Modulus of Elasticity, E: 32164.2 MPa

Poisson's Ratio, U: 0.2

Coefficient of Thermal Expansion, A: 0.0000099 1/C

Shear Modulus, G: 13401.75 MPa

Design Property Data

[Modify/Show Material Property Design Data...]

Advanced Material Property Data

[Nonlinear Material Data...]

[Material Damping Properties...]

[Time Dependent Properties...]

[OK] [Cancel]

FigureIV.15 : Les propriétés mécaniques des matériaux.

Et les caractéristiques géométriques des éléments (poutres (voir figureIV.16), poteaux (voir figure IV.17) et sont introduits.

ET Frame Section Property Reinforcement Data

Design Type

P-M2-M3 Design (Column)

M3 Design Only (Beam)

Rebar Material

Longitudinal Bars: acier

Confinement Bars (Ties): acier

Cover to Longitudinal Rebar Group Centroid

Top Bars: 25 mm

Bottom Bars: 25 mm

Reinforcement Area Overwrites for Ductile Beams

Top Bars at I-End: 462 mm²

Top Bars at J-End: 462 mm²

Bottom Bars at I-End: 462 mm²

Bottom Bars at J-End: 462 mm²

[OK] [Cancel]

Figure IV.16 : Les caractéristiques géométriques des poutres.

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

The dialog box 'Frame Section Property Reinforcement Data' is divided into several sections:

- Design Type:** P-M2-M3 Design (Column), M3 Design Only (Beam)
- Rebar Material:** Longitudinal Bars: acier, Confinement Bars (Ties): acier
- Reinforcement Configuration:** Rectangular, Circular
- Confinement Bars:** Ties, Spirals
- Check/Design:** Reinforcement to be Checked, Reinforcement to be Designed
- Longitudinal Bars:**
 - Clear Cover for Confinement Bars: 2.5 mm
 - Number of Longitudinal Bars Along 3-dir Face: 3
 - Number of Longitudinal Bars Along 2-dir Face: 3
 - Longitudinal Bar Size and Area: 14d, 154 mm²
 - Corner Bar Size and Area: 14d, 154 mm²
- Confinement Bars:**
 - Confinement Bar Size and Area: 10d, 79 mm²
 - Longitudinal Spacing of Confinement Bars (Along 1-Axis): 100 mm
 - Number of Confinement Bars in 3-dir: 3
 - Number of Confinement Bars in 2-dir: 3

Buttons: OK, Cancel

Figure IV.17 : Les caractéristiques géométriques des poteaux.

- Définition des charges statiques (G et Q)

Cette étape consiste à introduire les différentes intensités des charges qui sont énoncées dans le paragraphe (§§III.2).

- Combinaisons d'actions
- Introduction du spectre RPA99/03

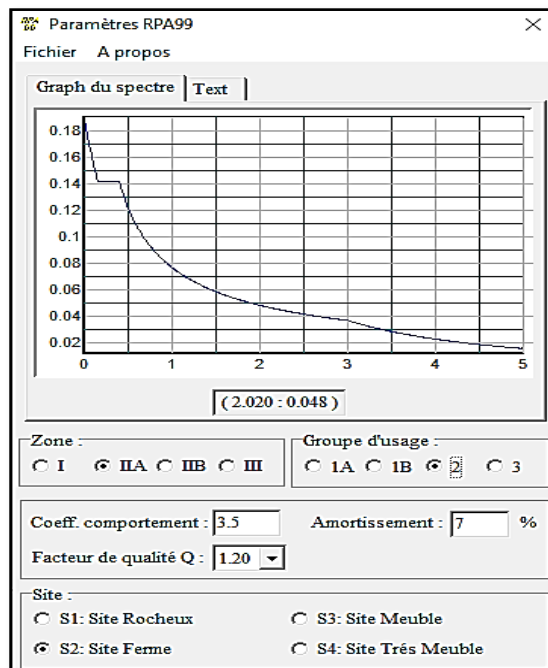


Figure IV.18 : Spectre RPA99/03.

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

La sollicitation sismique considéré dans cette étude voir (figure IV.18) est un spectre de calcul propre à la zone (zone sismique IIa) tel que préconisé par le règlement (RPA99/03).

- Introduction du push-over

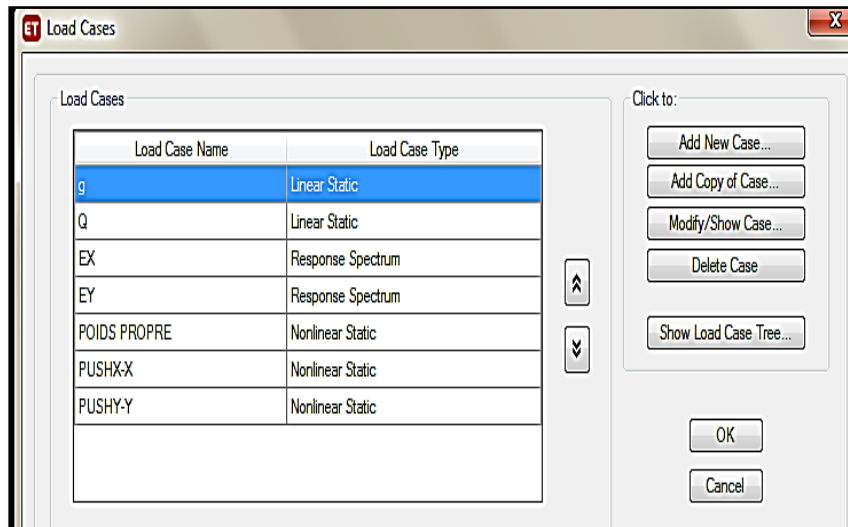


Figure IV.19 : Les combinaisons de charges.

- Introduction des rotules plastique

Dans le but de considérer un comportement non linéaire des éléments poteaux et poutres, dans cette étape, les rotules plastique ont été introduites aux extrémités de ces mêmes éléments (voir figure IV.20). La longueur de ces rotules est défini d'une manière systématique par l'outil conformément à la théorie développée.

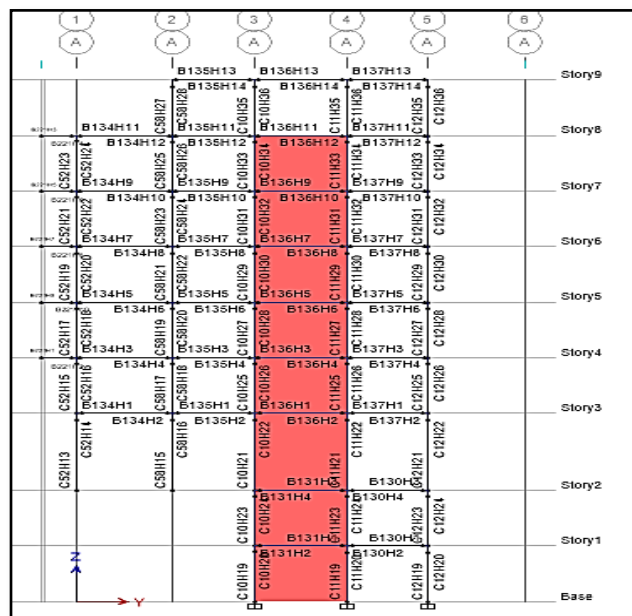


Figure IV.20 : Rotules plastiques.

CHAPITRE IV : L'analyse non linéaire.

- Spécification des conditions aux limites (appuis, diaphragme).
- Exécution de l'analyse et exploitation des résultats.

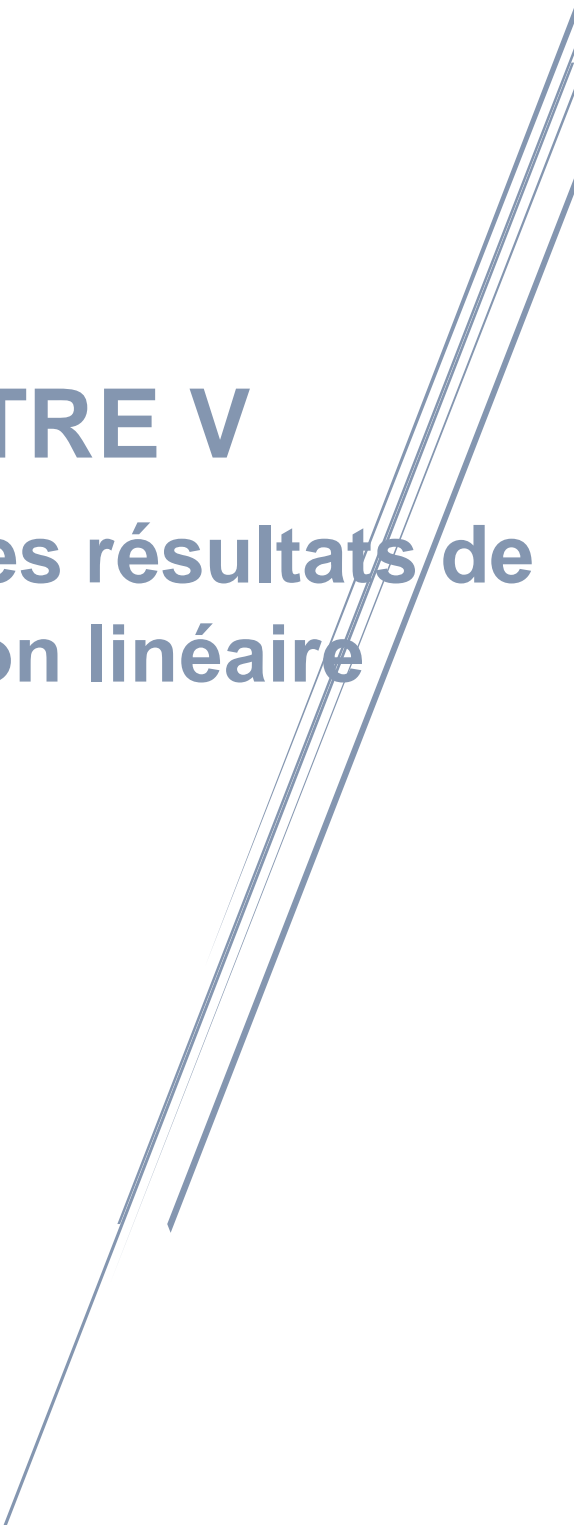
IV. Conclusion :

Les différentes théories exposées dans la première partie de ce chapitre nous permettent de :

- Identifier le chargement adéquat a la structure,
- Cibler les zones dangereuses des éléments et de représenter son non linéarité,

La démarche exposée dans la deuxième partie permet de :

- Ressortir l'évolution des dommages au niveaux des éléments structuraux,
- Reproduire le comportement réel de la structure.



CHAPITRE V

Interprétation des résultats de l'analyse non linéaire

I. Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation et l'interprétation des résultats. A cette effet, on distingue deux types de résultats, à savoir à l'échelle globale qui se traduit par la présentation des résultats des deux courbes de capacité des deux structures (réelle « voile intégré » et témoin « sans voile »). Et à l'échelle locale qui consiste à présenter l'évolution des dommages (nature des rotules et l'ordre d'apparition) sur les éléments poteaux et poutres constituons les différents portiques des deux structures.

II. Présentation et interprétation à l'échelle globale

De plus des différentes caractéristiques communiquées par chacune des courbes de capacité, dans cette partie, une classification globale (suivant l'échelle EMS98) reflétant l'état de dommage de la structure est effectuée après identification du point de performance.

II.1. Comparaison des deux structures

Cette partie consiste à comparer les deux courbes de capacité (voir figureV.1) des deux structures avec et sans voile.

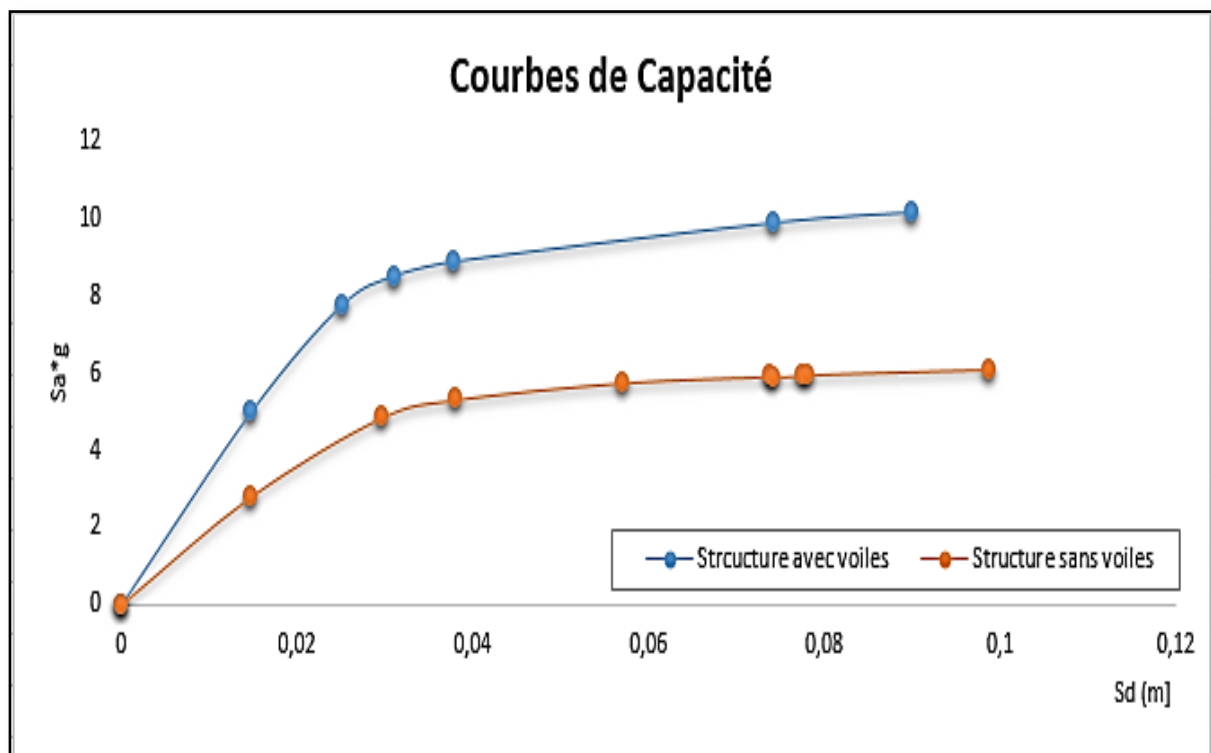


Figure V.1: Comparaison entre les deux structures étudiées selon leurs courbes de capacité.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

En comparant les courbes de capacité de deux structures, on constate que la structure avec voile se caractérise avec une rigidité plus importante atteignant une résistance limite élastique avoisinant F_{y1} pour un déplacement limite élastique $S_{dy1} = 0.018(m)$. Alors que, la structure sans voile se caractérise par un déplacement limite élastique $S_{dy1} = 0.027(m)$ occasionné par un effort limite élastique avoisinant F_{y2} . Par contre, la structure sans voile se présente avec l'avantage d'une capacité à se déformés ($S_{du2} = 0.1m$) plus importante comparé à la structure avec voile qui est limité un déplacement ($S_{du1} = 0.082m$).

II.2. Structure existante « voile intégré »

Après analyse de la structure, la courbe de capacité de la structure est générée systématiquement. L'intersection entre cette courbe « donnée en bleu (voir figure V.2) » et la courbe de la demande sismique « donnée en rouge (voir figure V.2) » permet d'identifier le niveau de performance de la structure.

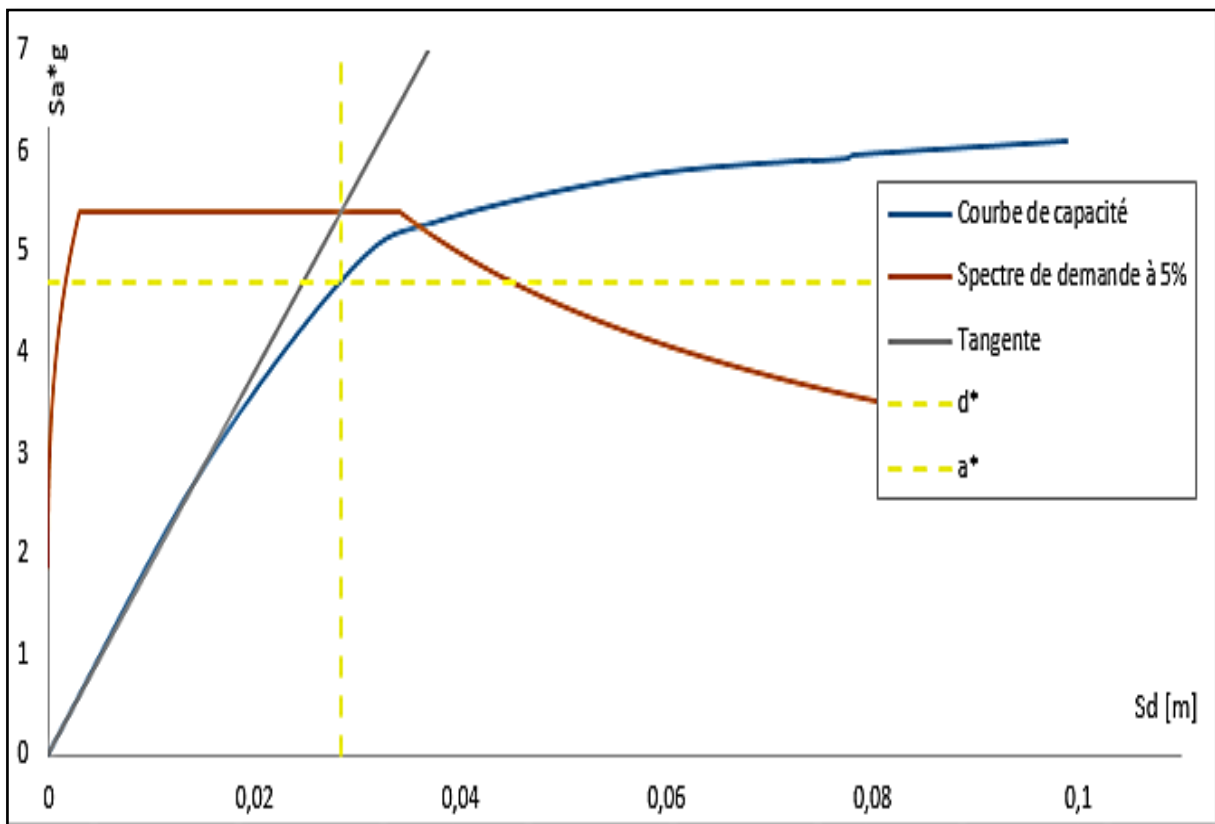


Figure V.2 : Intersection de la tangente de la courbe de capacité de la structure avec voile avec le spectre de demande réel à 5%.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

La projection du point donné par l'intersection entre le spectre de réponse et la tangente sur la courbe de capacité nous permet d'identifier la position du point de performance, de la figure V.2, on remarque que l'intersection entre la tangente et le spectre de reponse apparait dans la partie élastique de la courbe de capacité.

Tableau V.1 : Etat d'endommagement des structures en béton selon l'échelle macrosismique de l'EMS98

Niveaux d'endommagement	Degré de dommage	Déplacement spectral associé
Niveau 01	D1	$S_d = 0.4 S_{d_y}$
	D2	$S_d = 0.8 S_{d_y}$
Niveau 02	D3	$S_d = S_{d_y} + 0.25(S_{d_u} - S_{d_y})$
Niveau 3	D4	$S_d = 0.75 S_{d_u}$
Niveau 04	D5	$S_d = S_{d_u}$

En s'appuyant sur les intervalles (délimitant les déférant niveaux de dommages) communiquées dans le tableau V.1, une classification par rapport au niveau de dommage attendu dans la structure est donnée dans la figure ci-après.

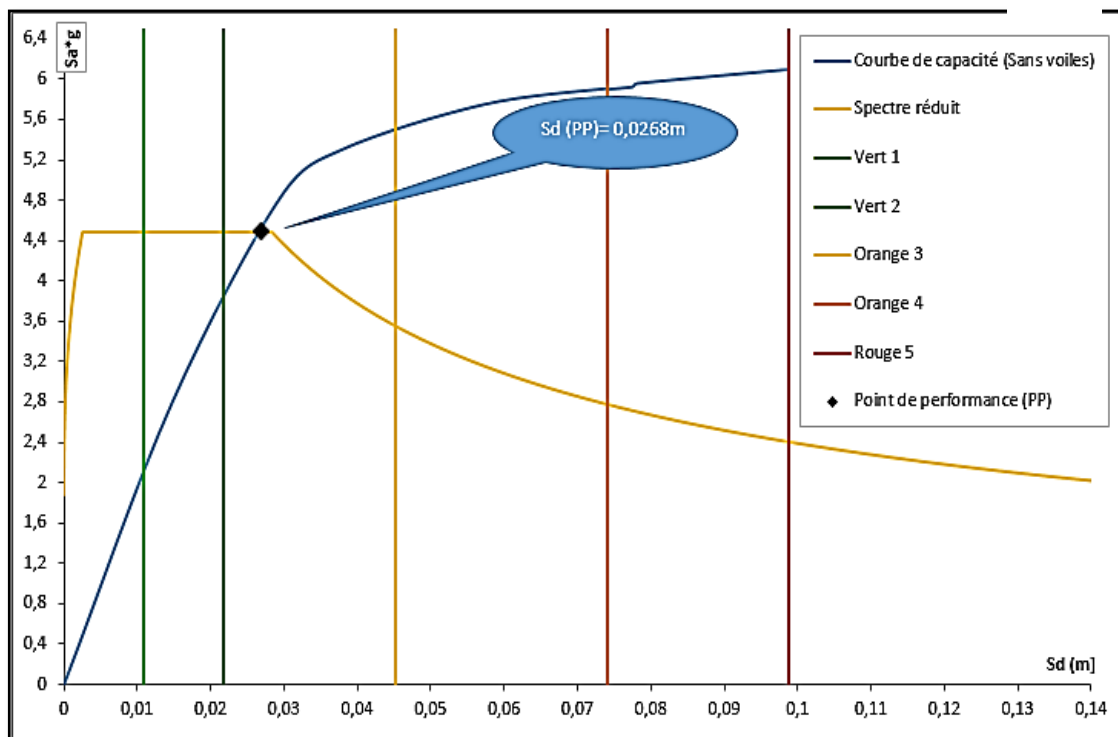


Figure V.3 : Position du point de performance de la structure avec voile en fonction des degrés de dommages de l'EMS98.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

De la figure V.3, on constate que pour un éventuel séisme d'intensité équivalente au spectre de calcul de la zone IIa, la structure subira des dommages légers c.-à-d. apparition de dommage de classe V2 (Vert 2) selon l'échelle EMS98. Ces dommages correspondant à un niveau de dommage dit contrôler, il indique par conséquent un état d'endommagement superficiel (ou bien de non endommagement), en d'autre terme, cette structure restera fonctionnelle après séisme.

II.3. structure témoin « sans voile »

Le point de performance de la structure est obtenu par l'intersection entre la courbe de capacité et la courbe de la demande sismique données dans la figure. V.4 en bleu et en rouge respectivement.

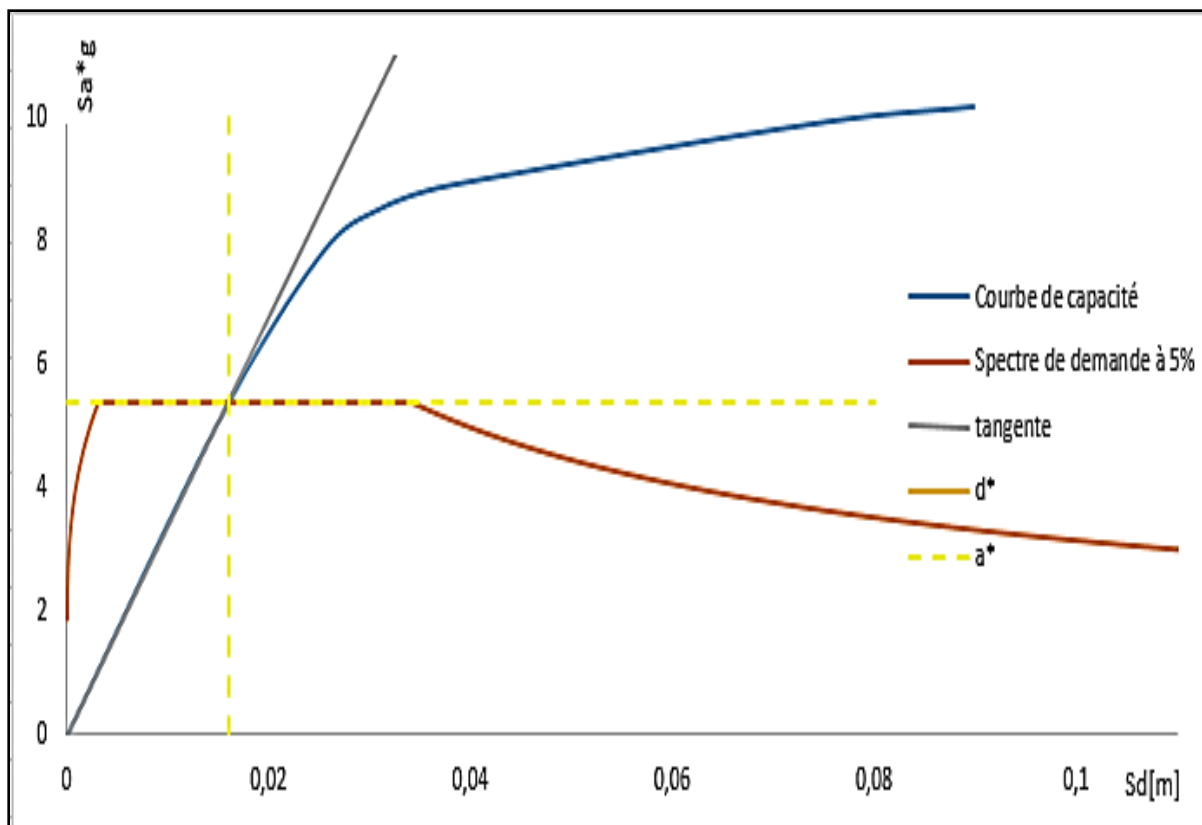


Figure V.4 : Intersection de la tangente de la courbe de capacité de la structure sans voile le spectre de demande réel

Le point de performance (dont les coordonnées : d^* ; a^*) de la structure sans voile est donné par une projection direct sur la courbe de capacité du point d'intersection (donné par le spectre de demande et la tangente). Suivant le cheminement donné ci-dessus, une classification de la structure sans voile est donnée dans la figure V.5.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

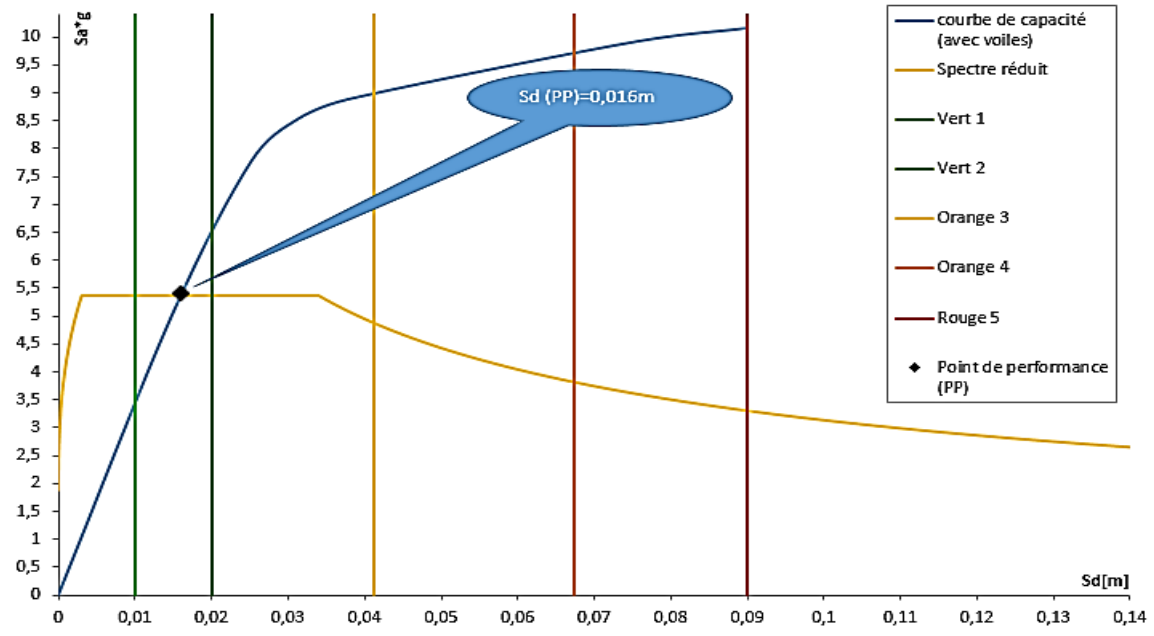


Figure V.5 : Position du Point de performance de la structure sans voile en fonction des degrés de dommages de l'EMS98.

De la figure V.5, on constate que pour un éventuel séisme d'intensité équivalente au spectre de calcul de la zone IIa, la structure subira des dommages importants c-à-d apparition de dommage de classe O3 (Orange 3) selon l'échelle EMS98. Ces dommages représentent un état d'endommagement dit avancé, sa stabilité est en danger en d'autres termes après séisme, cette structure ne peut être fonctionnelle qu'après confortement.

III. Présentation et interprétation à l'échelle local

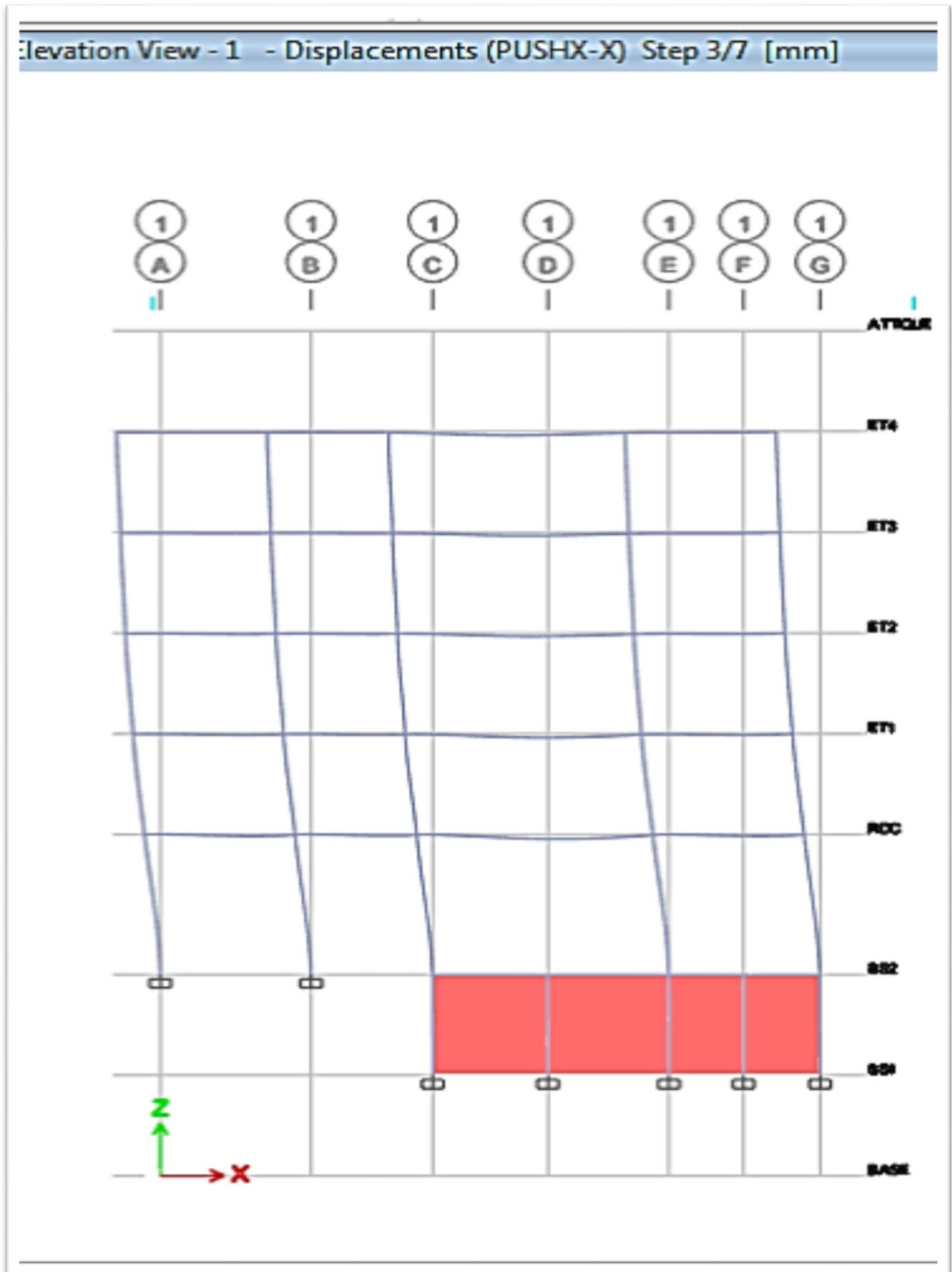
Les résultats présentés dans cette partie sont sous forme de dommages attendus dans les différents éléments structuraux (poteaux et poutres). L'importance des dégâts est assimilée à nature de la rotule plastique. Ces dernières varient d'un niveau IO (début d'exploitation) à un niveau CP (l'état de dommages).

IV. Evolution des rotules plastique

Afin de comprendre l'évolution des rotules plastique, trois niveaux de dommages différents sont présentés pour chacune des structures (voile intégré et sans voile). Le choix de ces niveaux de dommages est mené selon le principe suivant : cas de charge d'apparition de dommages, suivis de « deux steps » jusqu'à la ruine.

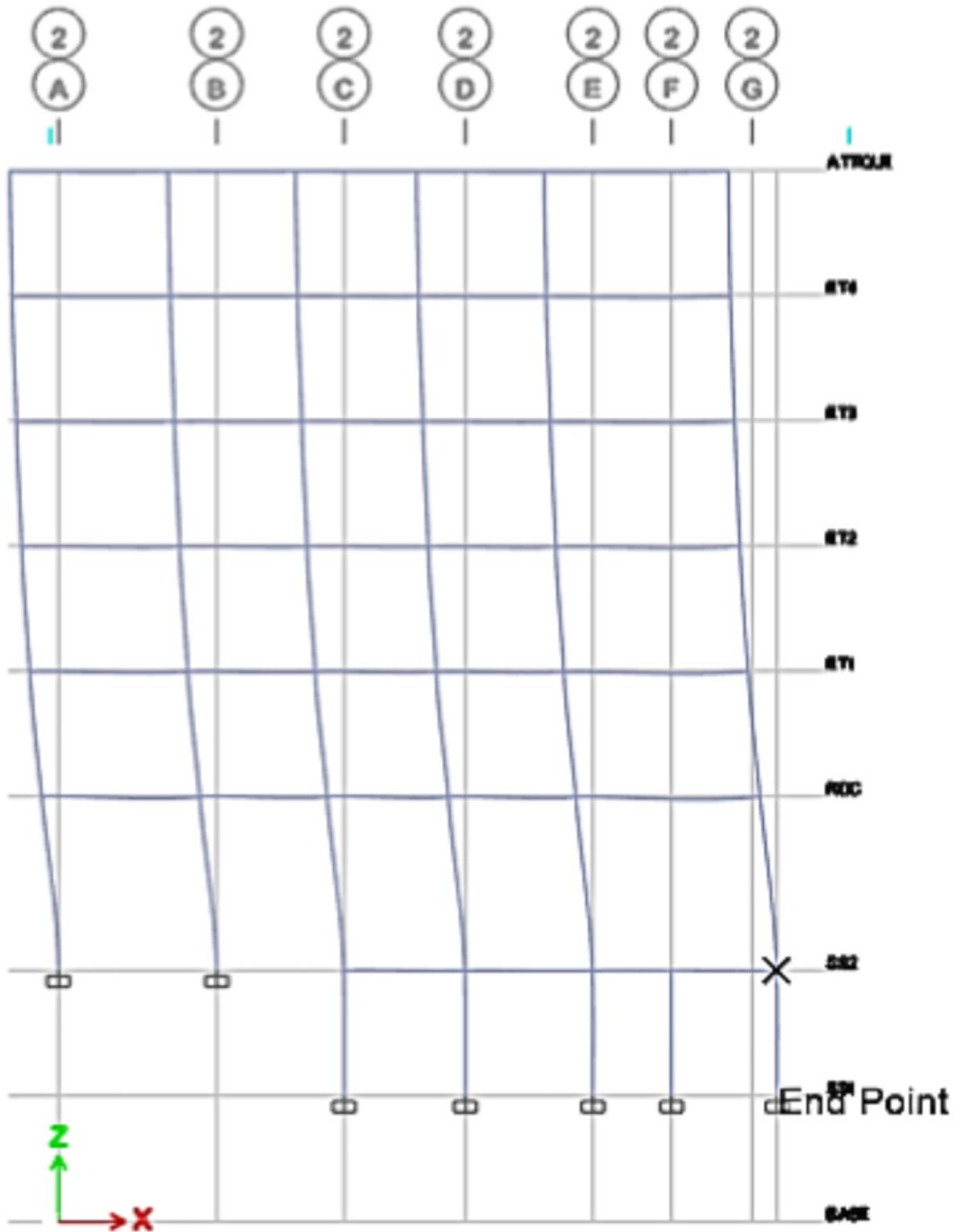
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

IV.1. Cas de structure avec voile

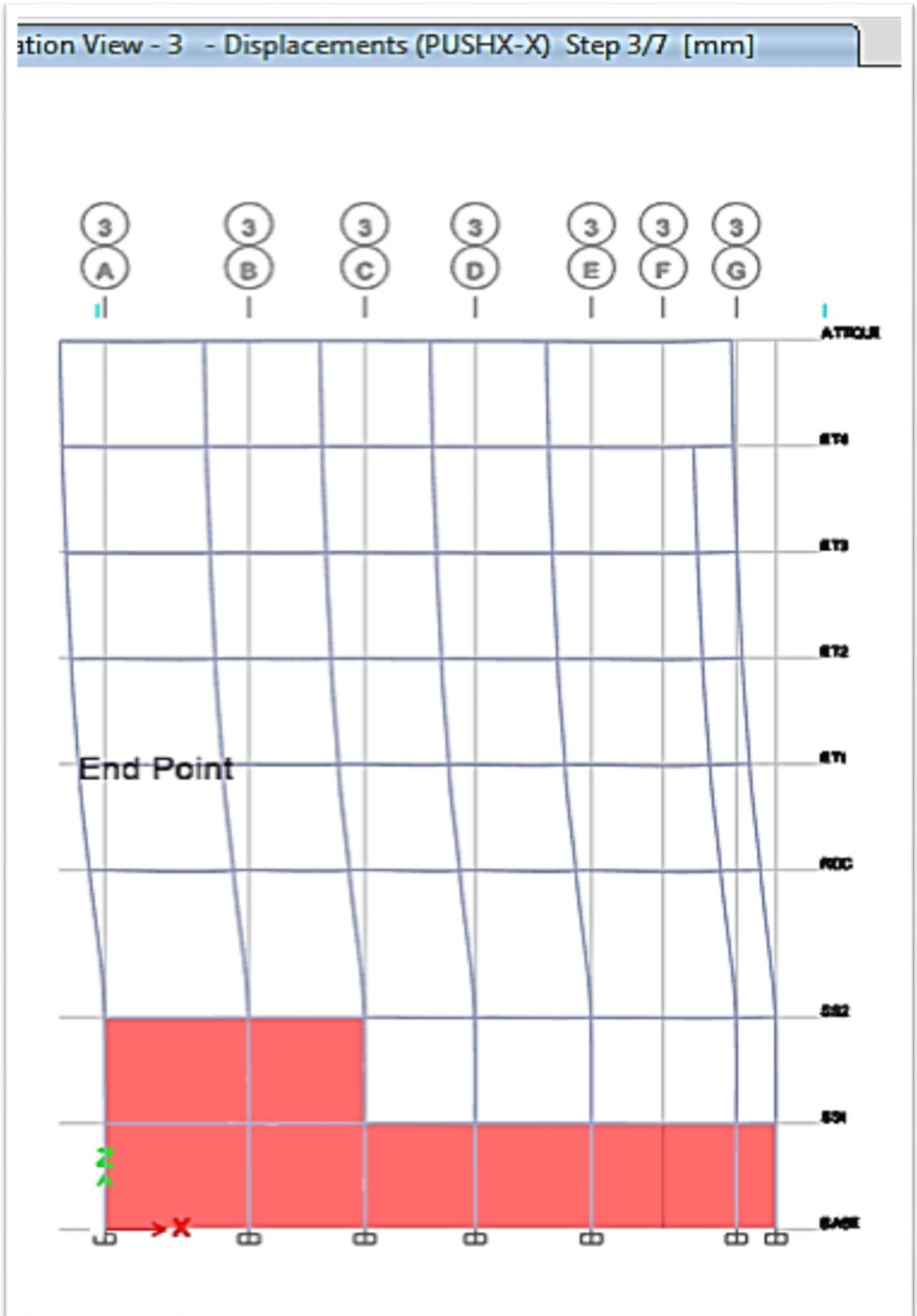


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 2 - Displacements (PUSHX-X) Step 3/7 [mm]

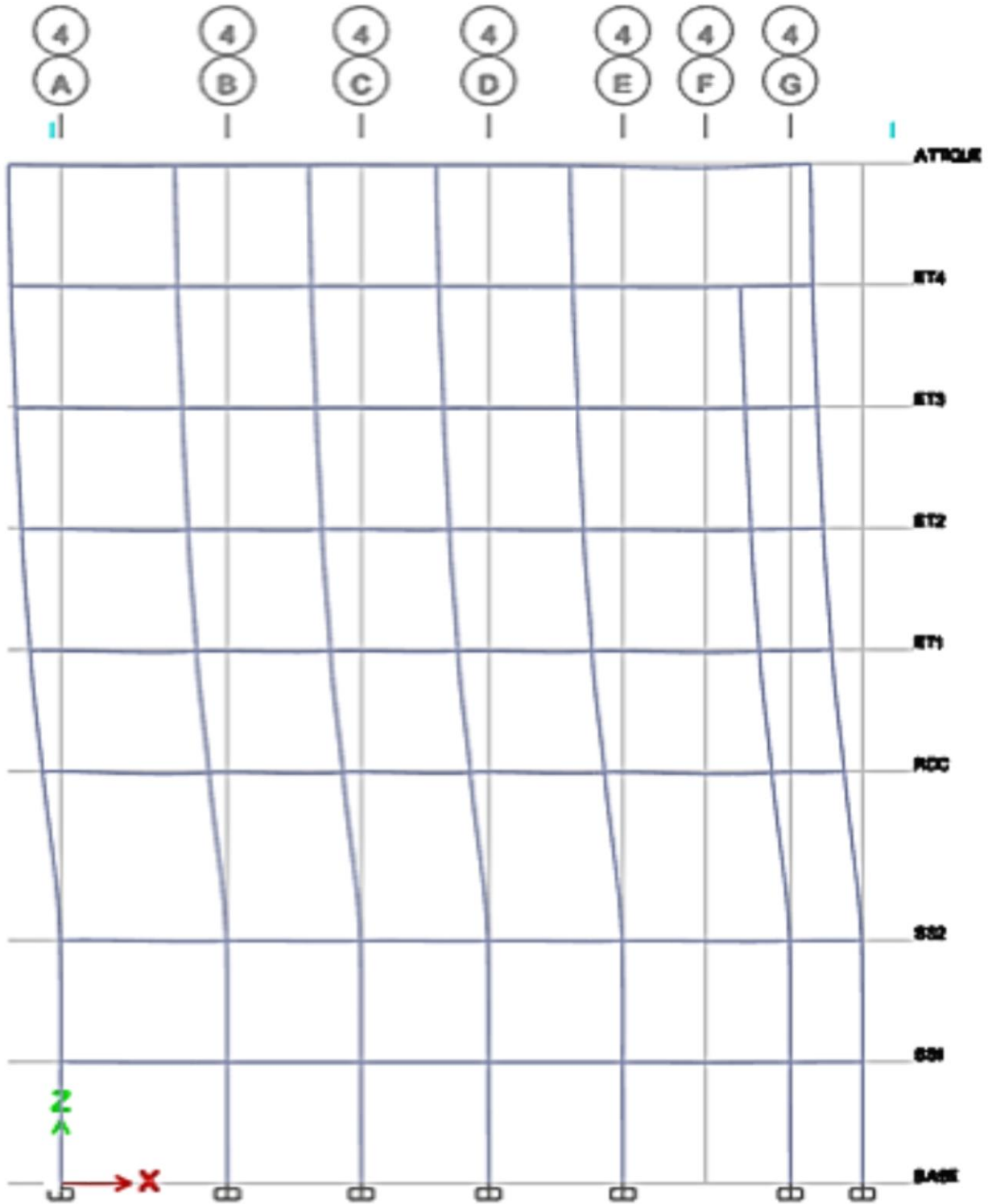


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

tion View - 4 - Displacements (PUSHX-X) Step 3/7 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

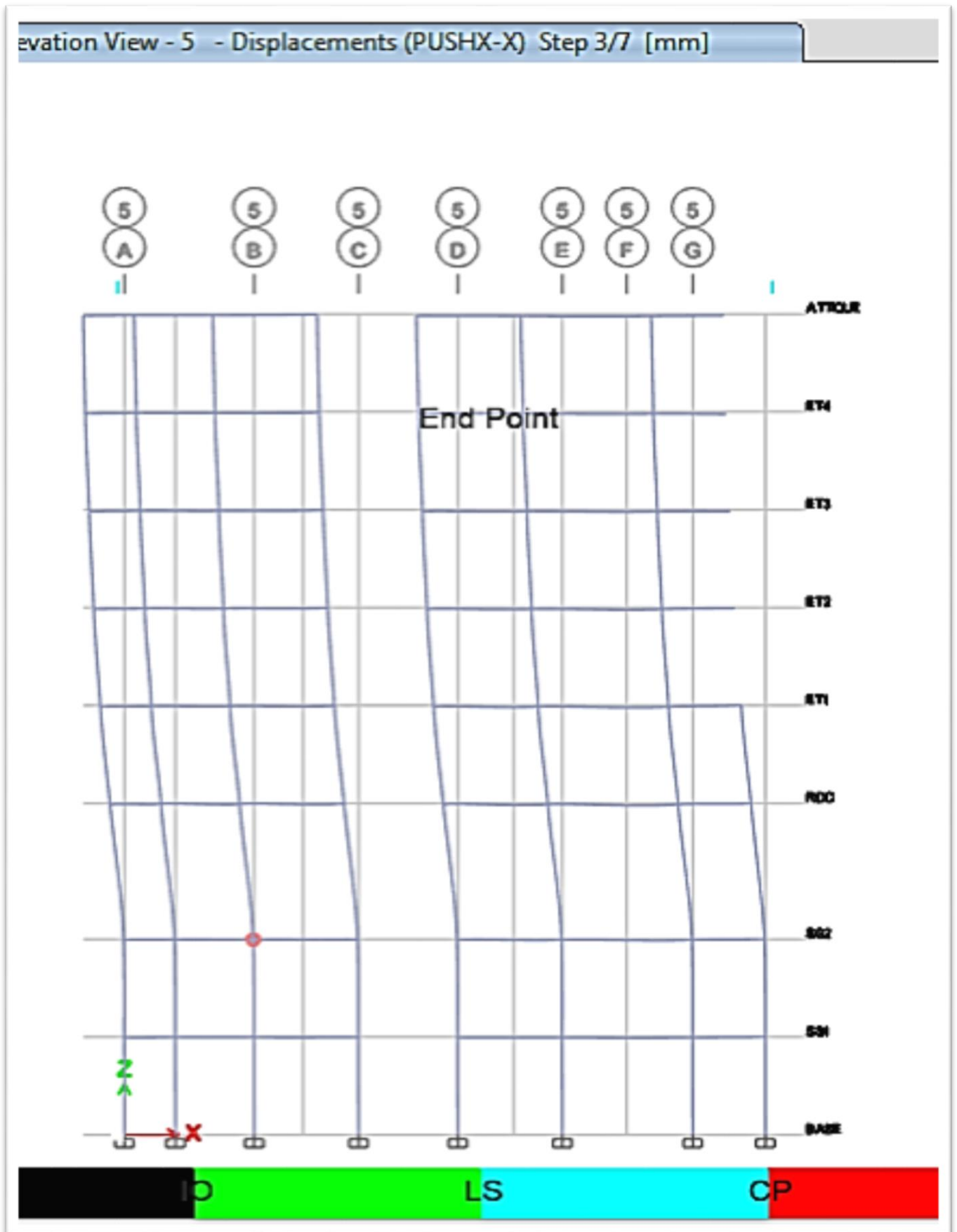
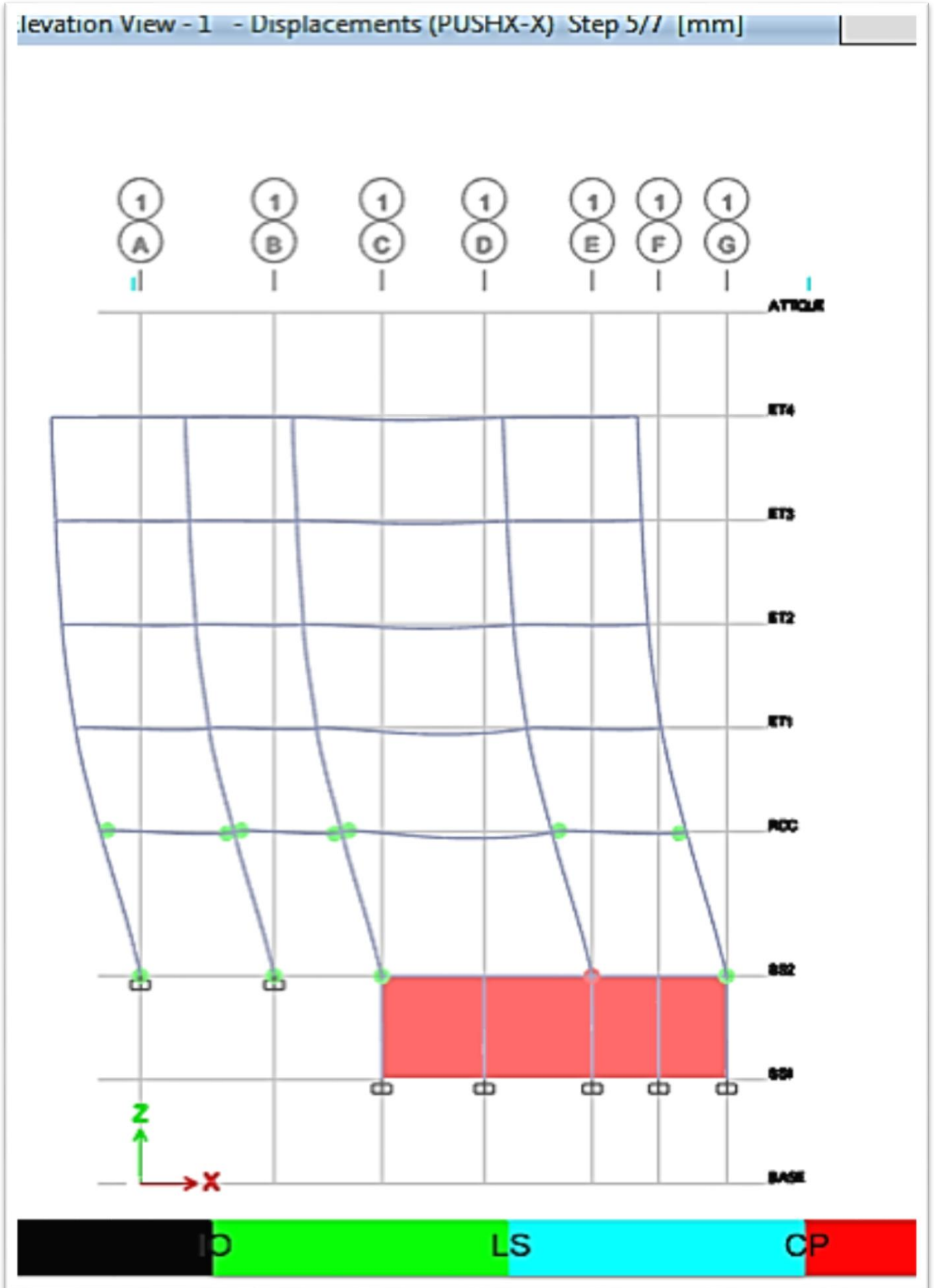


Figure V.6 : Distribution des rotules plastique issues du troisième pas de charge.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

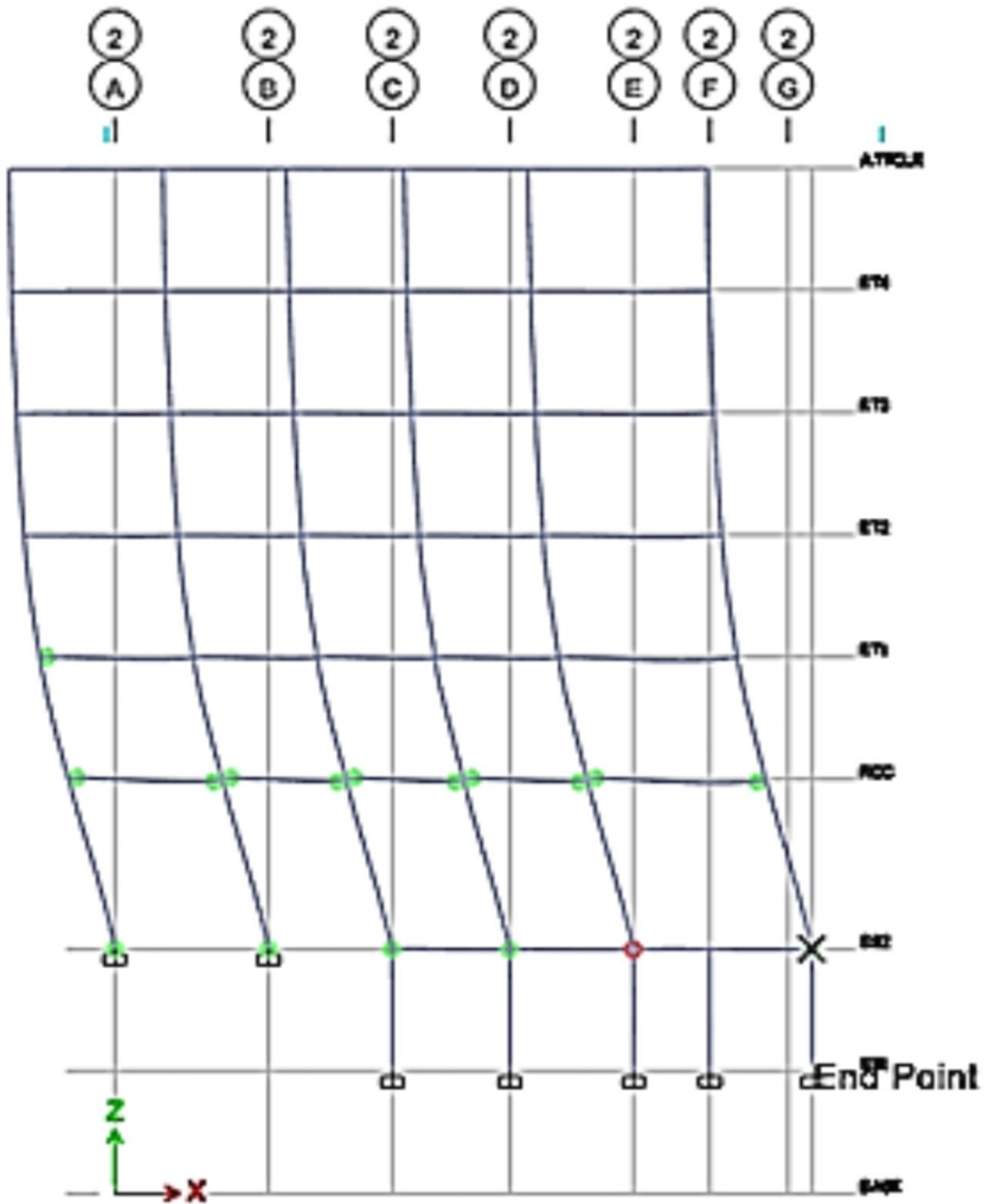
De la figure V.6, on constate que dans toute la structure un seul dommage est enregistré. Ce dommage est survenu suite à un chargement « dit déplacement contrôlé » équivalent à 3 cm. aussi, il est important de préciser que ce dommage se traduit par l'apparition d'une rotule plastique de nature CP (dommage important). Cette dernière apparaît au niveau du poteau du RDC (cinquième portique : parallèle avec le voile périphérique) « voir figure II.10 », causée probablement par l'effet de torsion de la structure.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



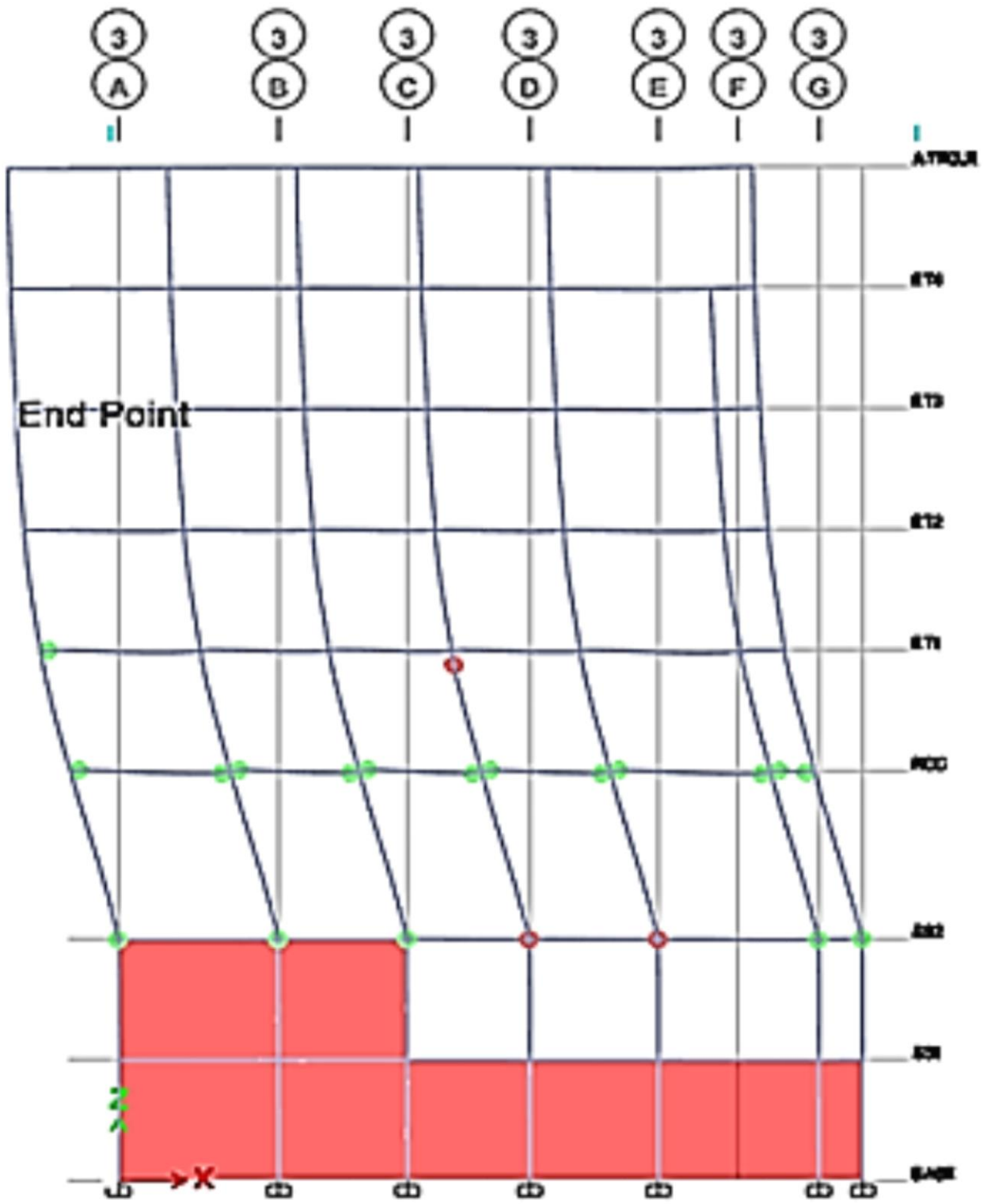
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 2 - Displacements (PUSHX-X) Step 5/7 [mm]

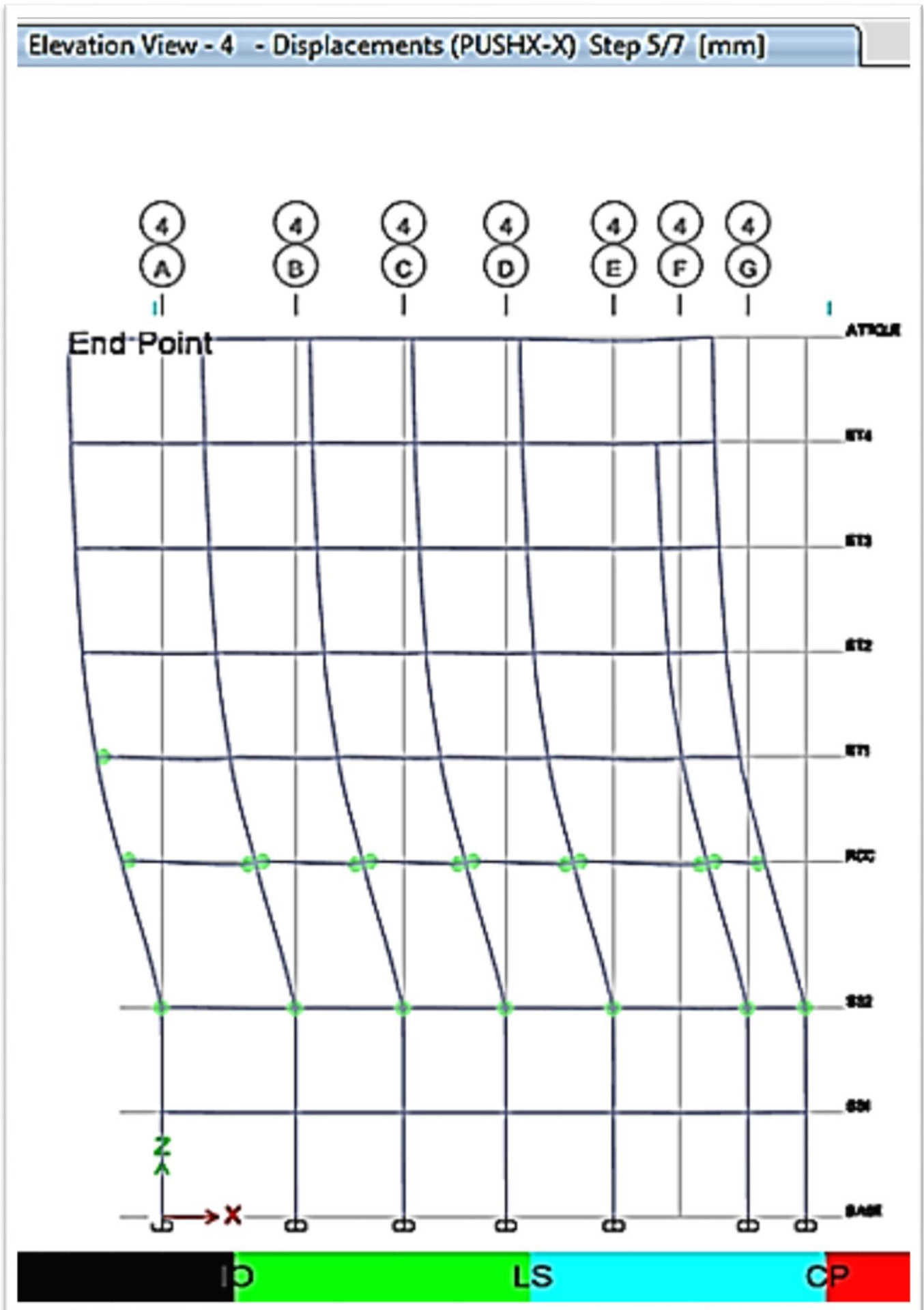


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 3 - Displacements (PUSHX-X) Step 5/7 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

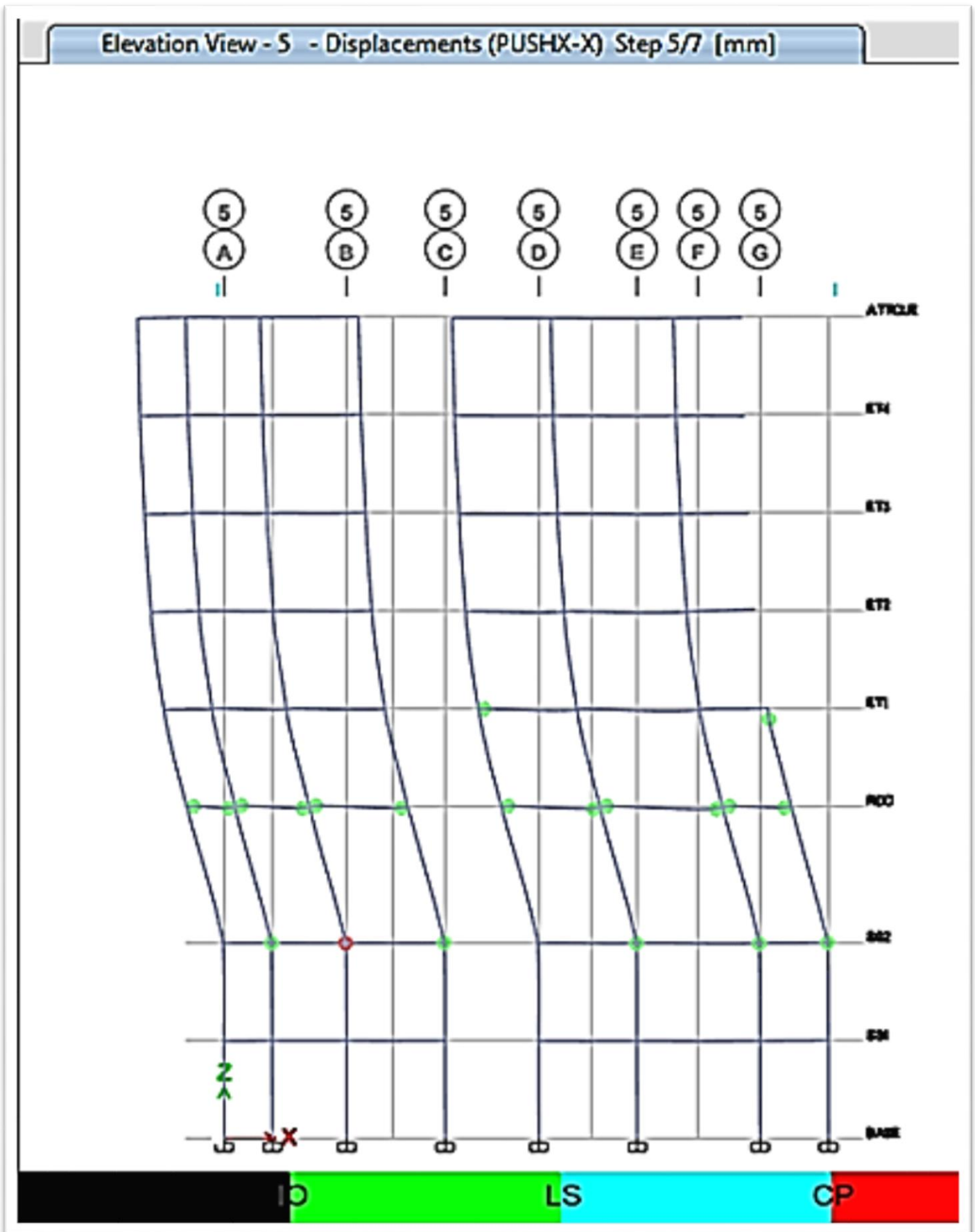


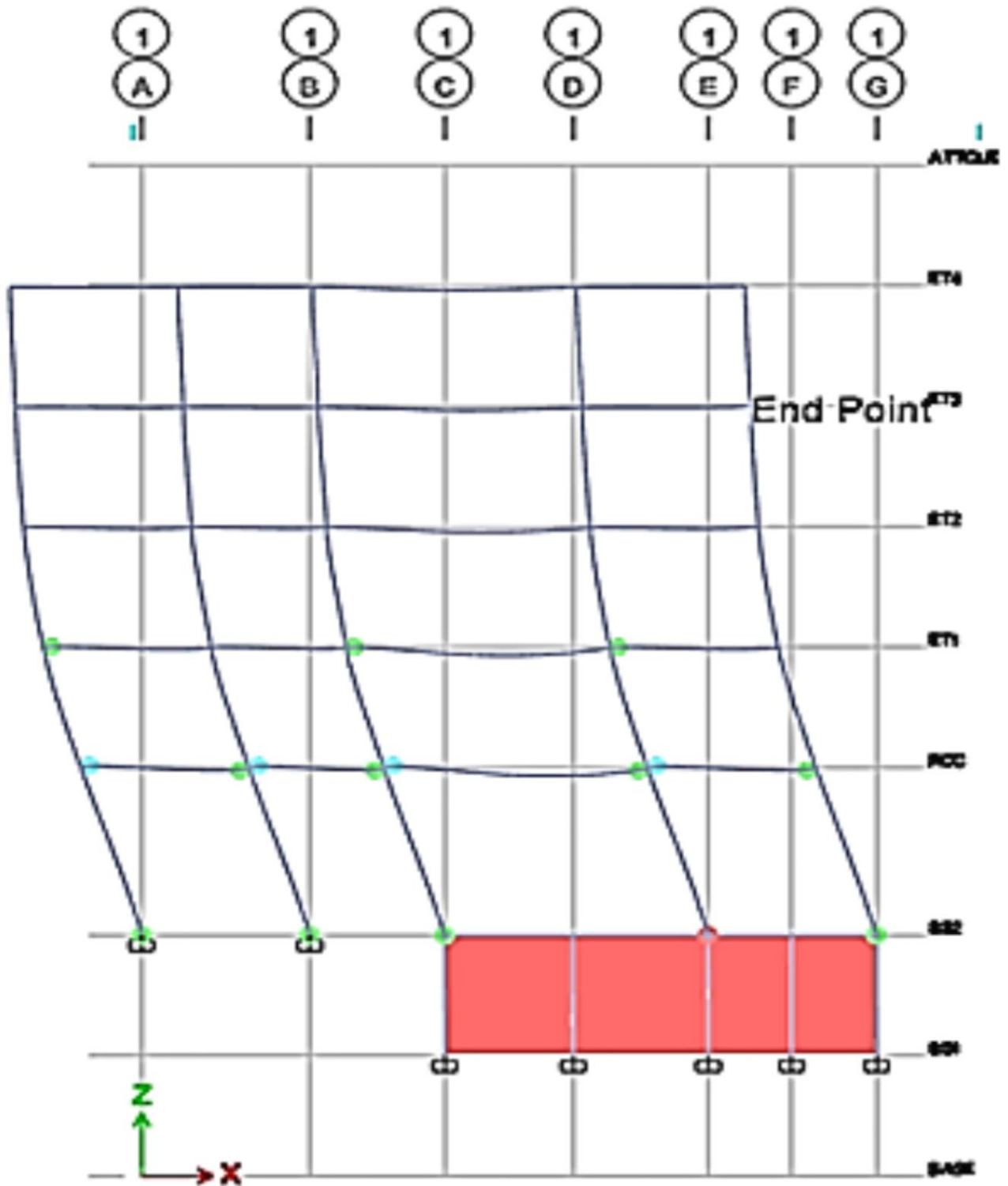
Figure V.7 : Distribution des rotules plastique issues du cinquième pas de charge.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Comparé aux résultats donnés dans la figure V.6, des dommages plus importants sont enregistrés au niveau des portiques exposés dans la figure V.7. De cette figure, on constate que la majorité des rotules se concentrent au niveau des éléments du RDC, les éléments poutres se caractérisent par l'apparition de rotule plastique de nature IO signifiant un état de dommage très limité, alors que, de grave dommages indiqués par l'apparition de rotules plastiques de nature CP sont enregistrés pour les éléments poteaux. Ce mode d'endommagement ne peut être expliqué que par l'apparition de l'étage souple, conséquence d'une importante différence de rigidité entre deux niveaux successifs (niveau -01 et RDC).

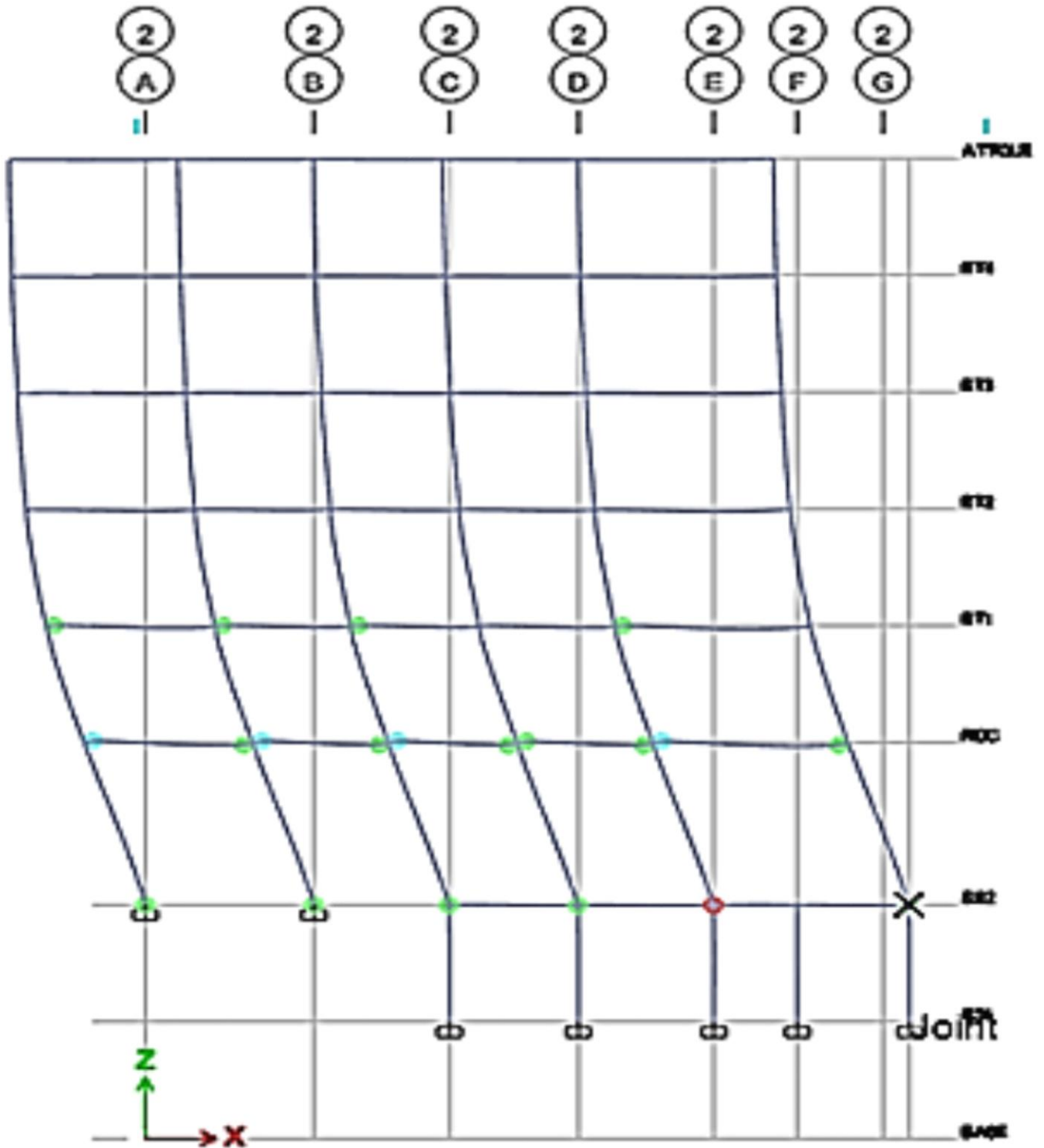
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 1 - Displacements (PUSHX-X) Step 7/7 [mm]

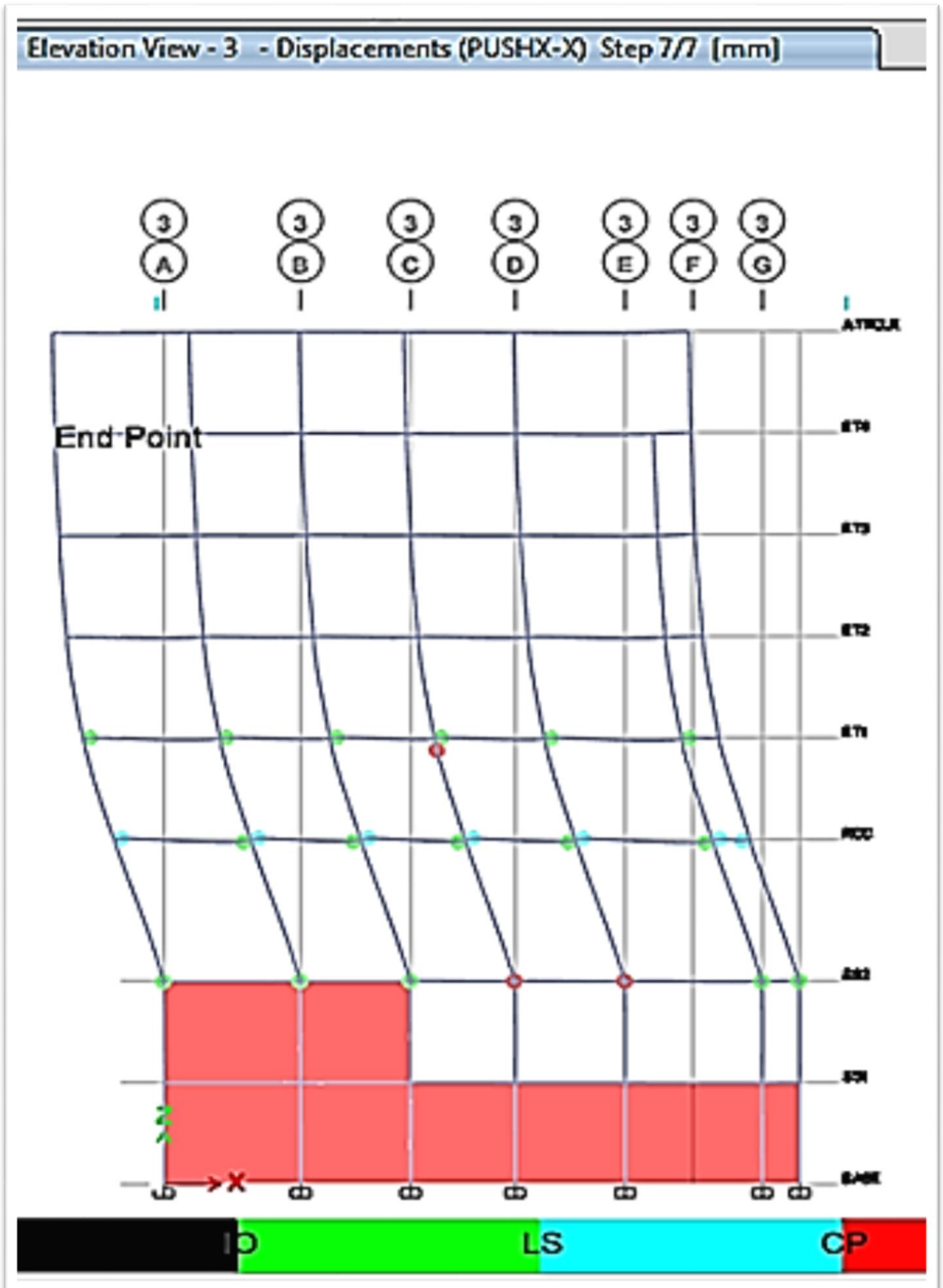


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

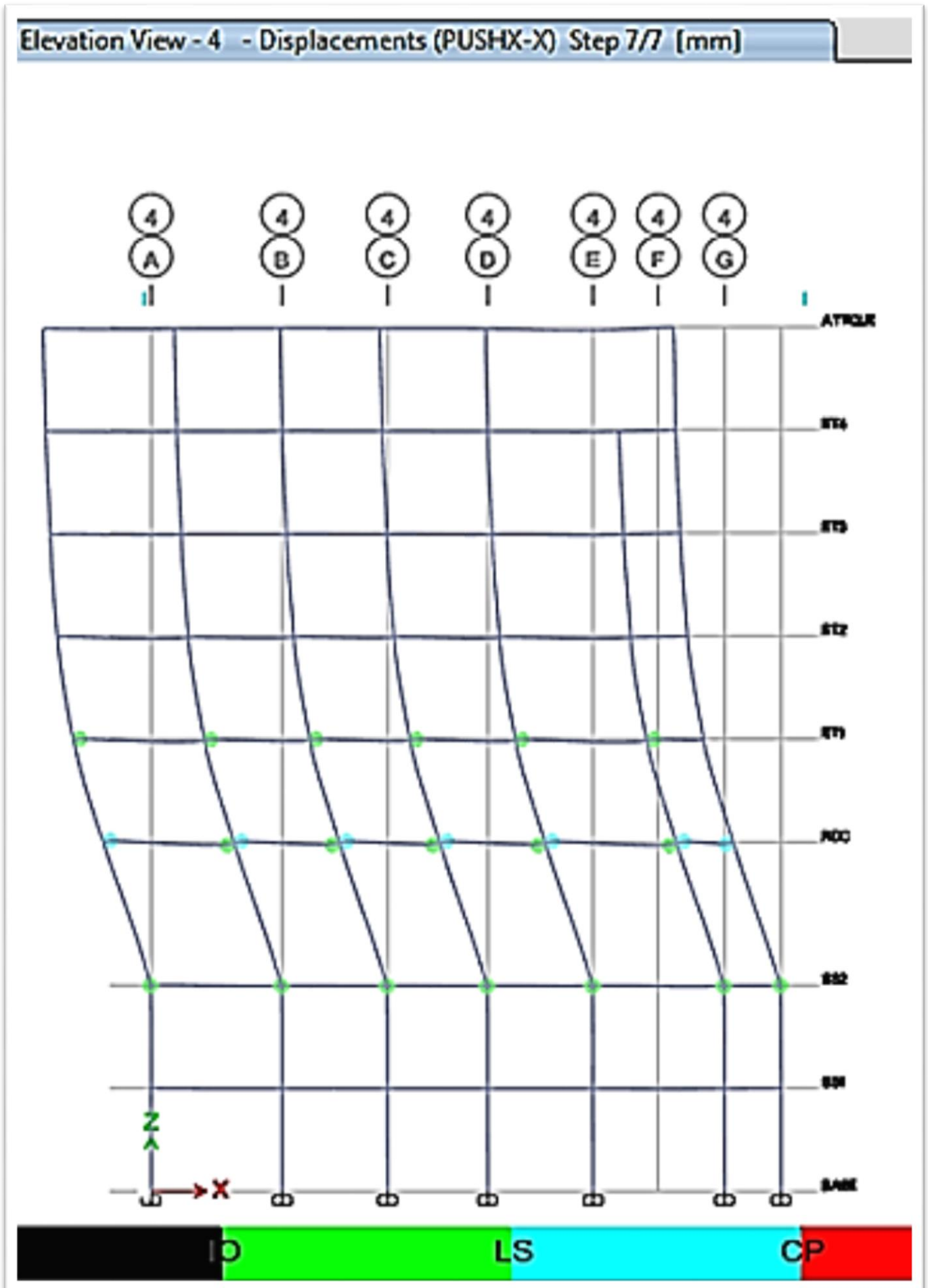
levation View - 2 - Displacements (PUSHX-X) Step 7/7 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

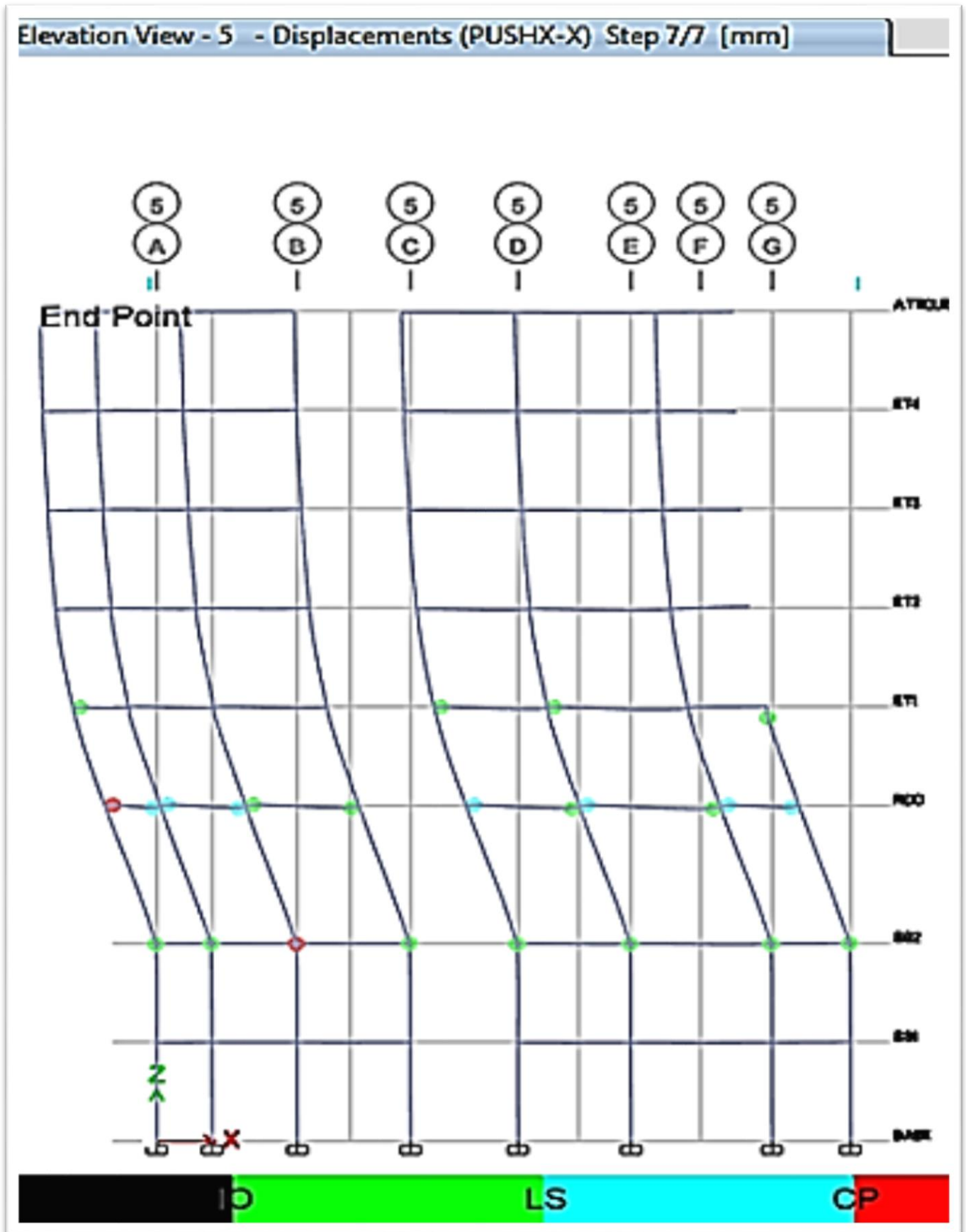


Figure V.8 : Distribution des rotules plastique issues du septième pas de charge.

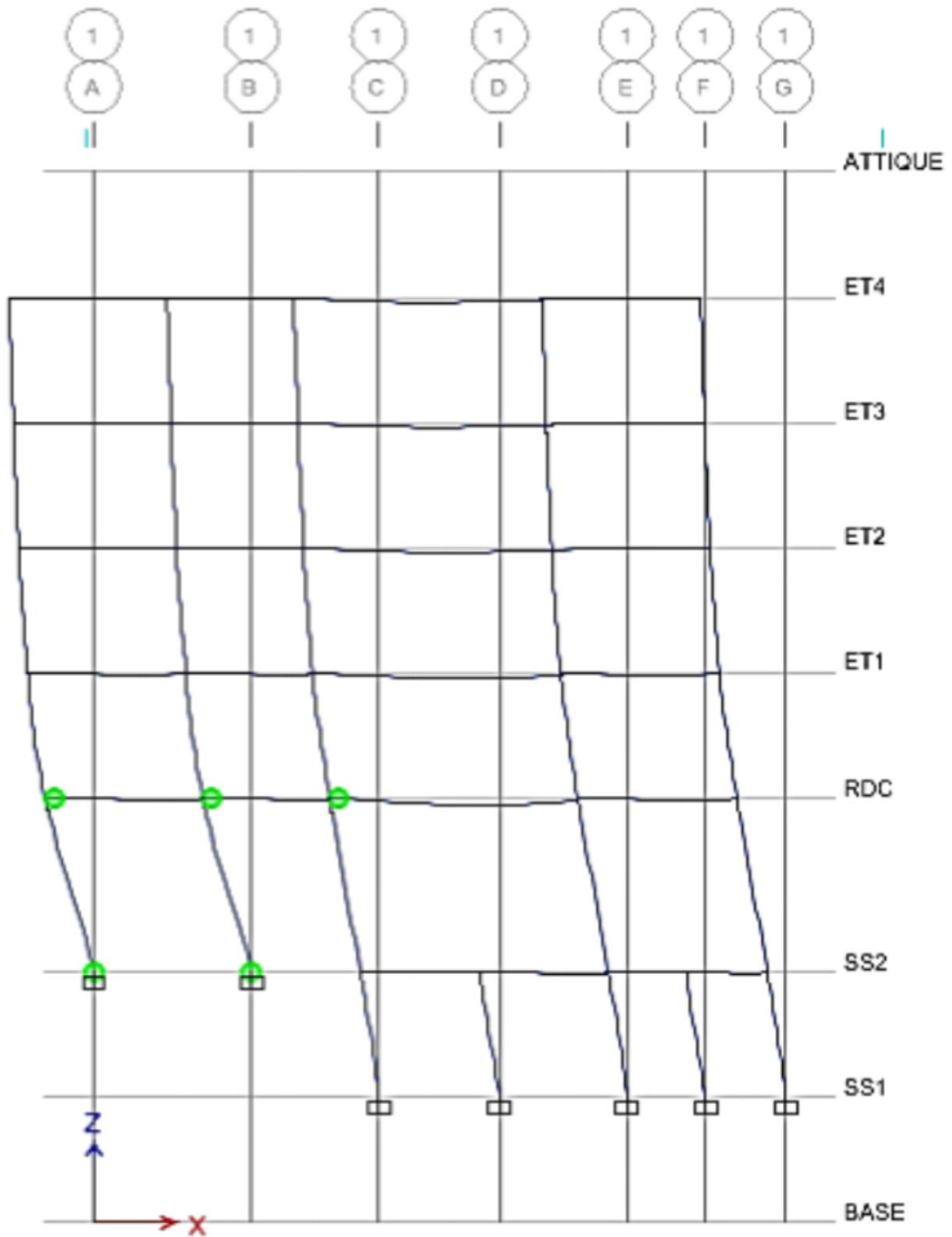
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Comparé aux résultats exposés dans la figure V.7, dans la figure V.8, on constate une plastification dite généralisée du niveau RDC et une autre dite partielle au niveau de l'étage 01. Des rotules plastique de nature LS et CP (reflétant un état de dommage important sans chute de débris et des dommages très importants, respectivement) sont enregistrées dans les éléments poteaux. Concernant les éléments poutres, mis à part quelques évolutions remarquées aux niveau des rotules plastiques (passant d'une nature IO à une autre LS) , les mêmes dommages enregistrés .

IV.2. Cas de structure sans voile

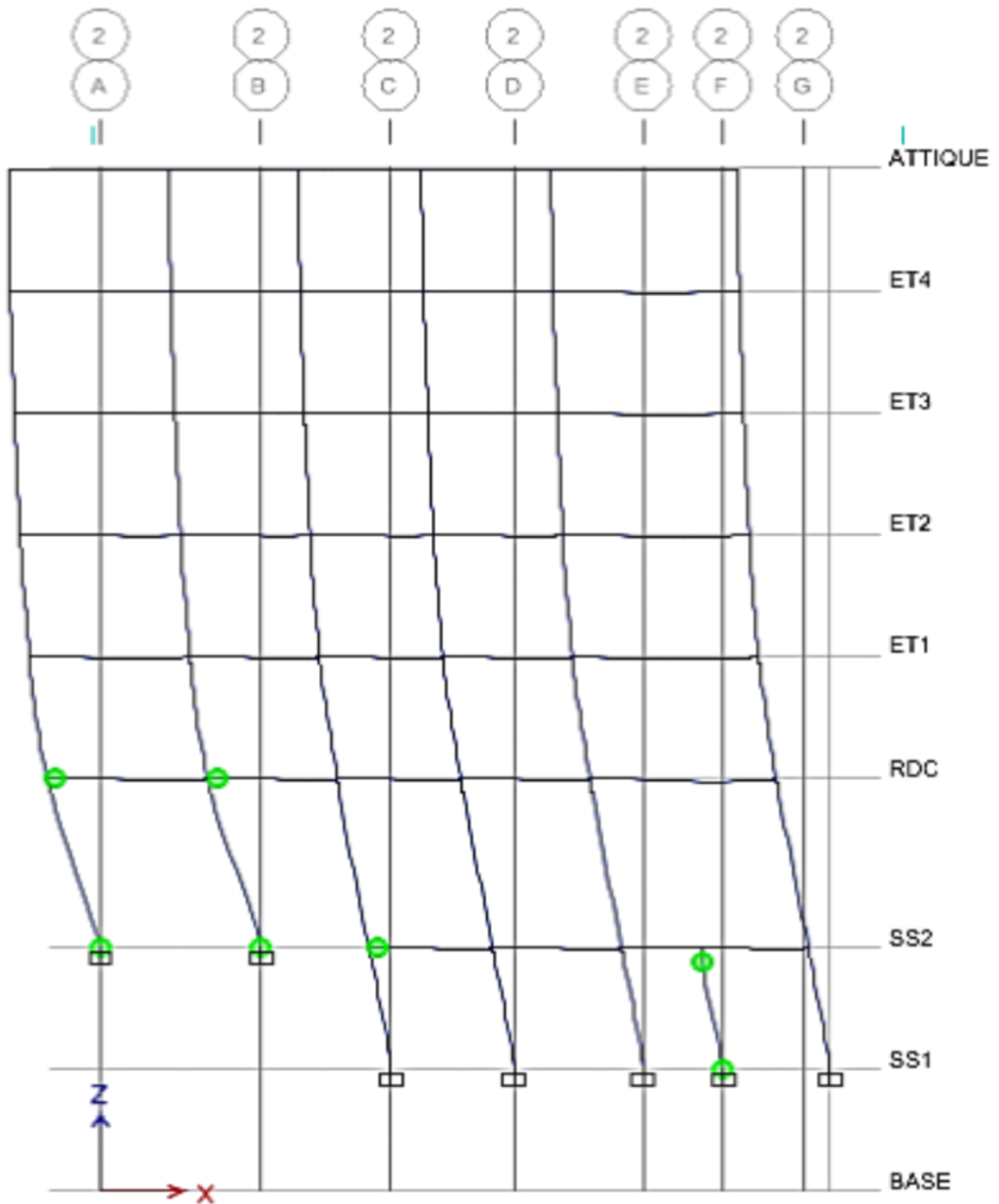
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 1 - Displacements (PUSHX-X) Step 4/6 [mm]



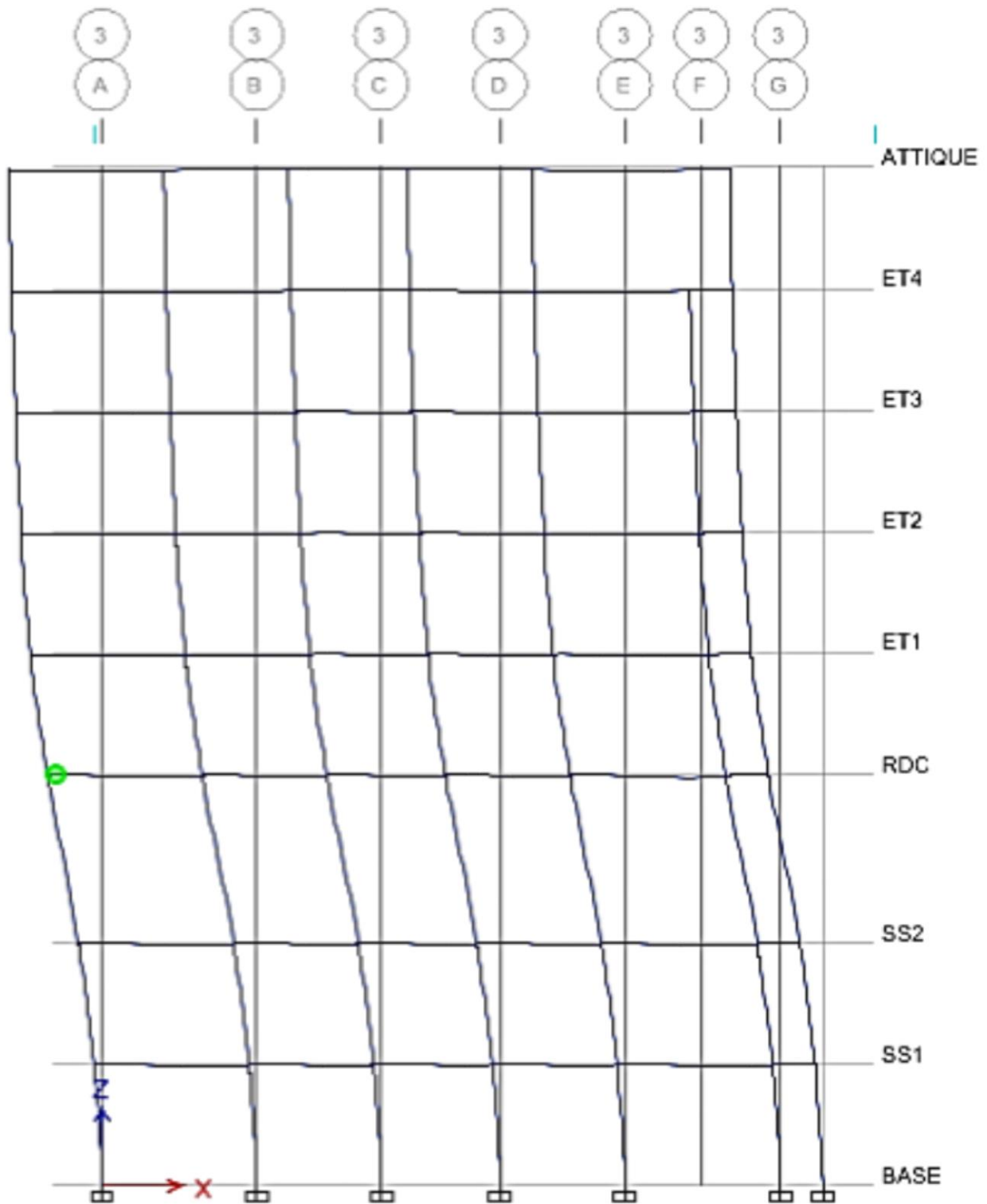
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 2 - Displacements (PUSHX-X) Step 4/6 [mm]



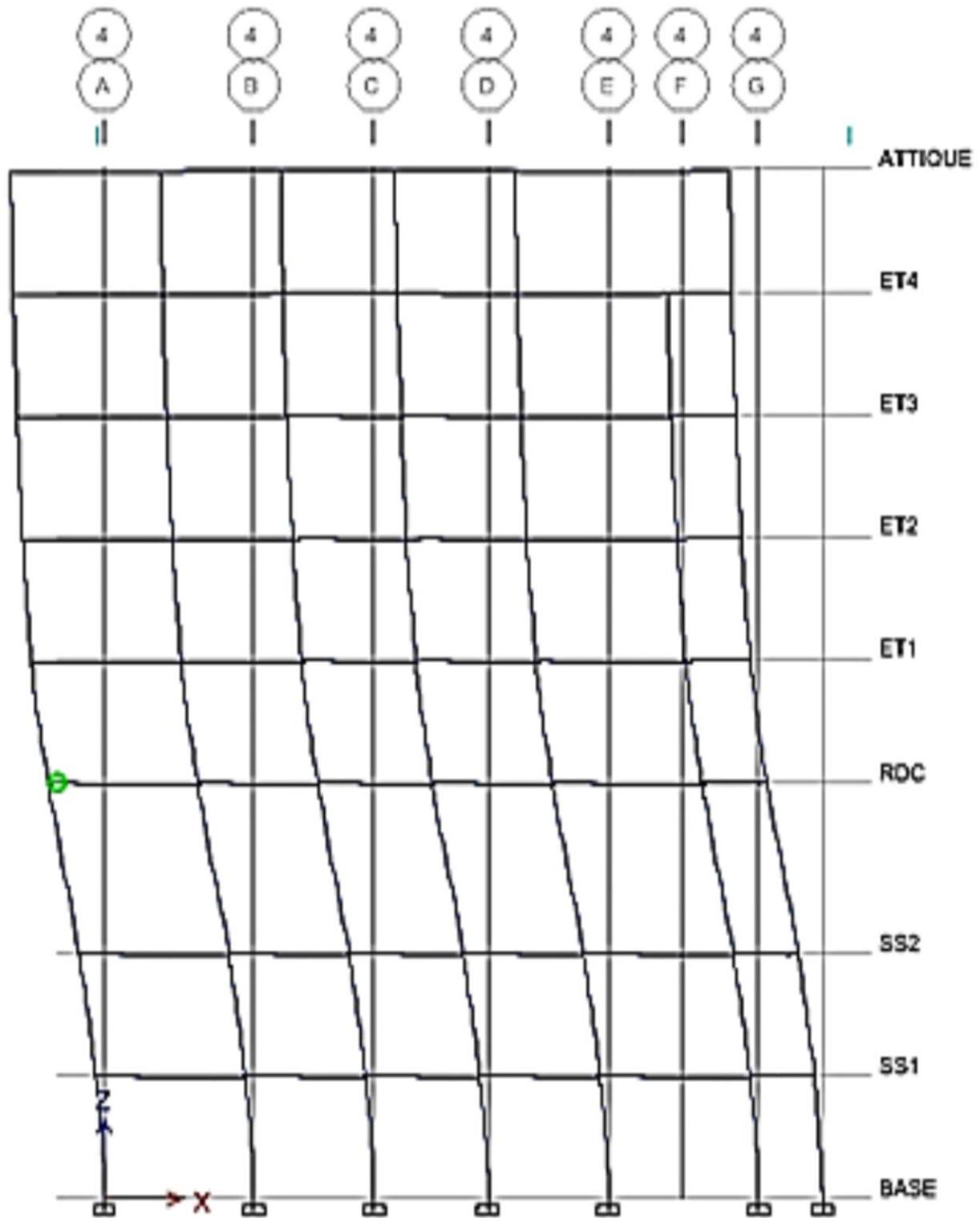
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 3 - Displacements (PUSHX-X) Step 4/6 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 4 - Displacements (PUSHX-X) Step 4/6 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

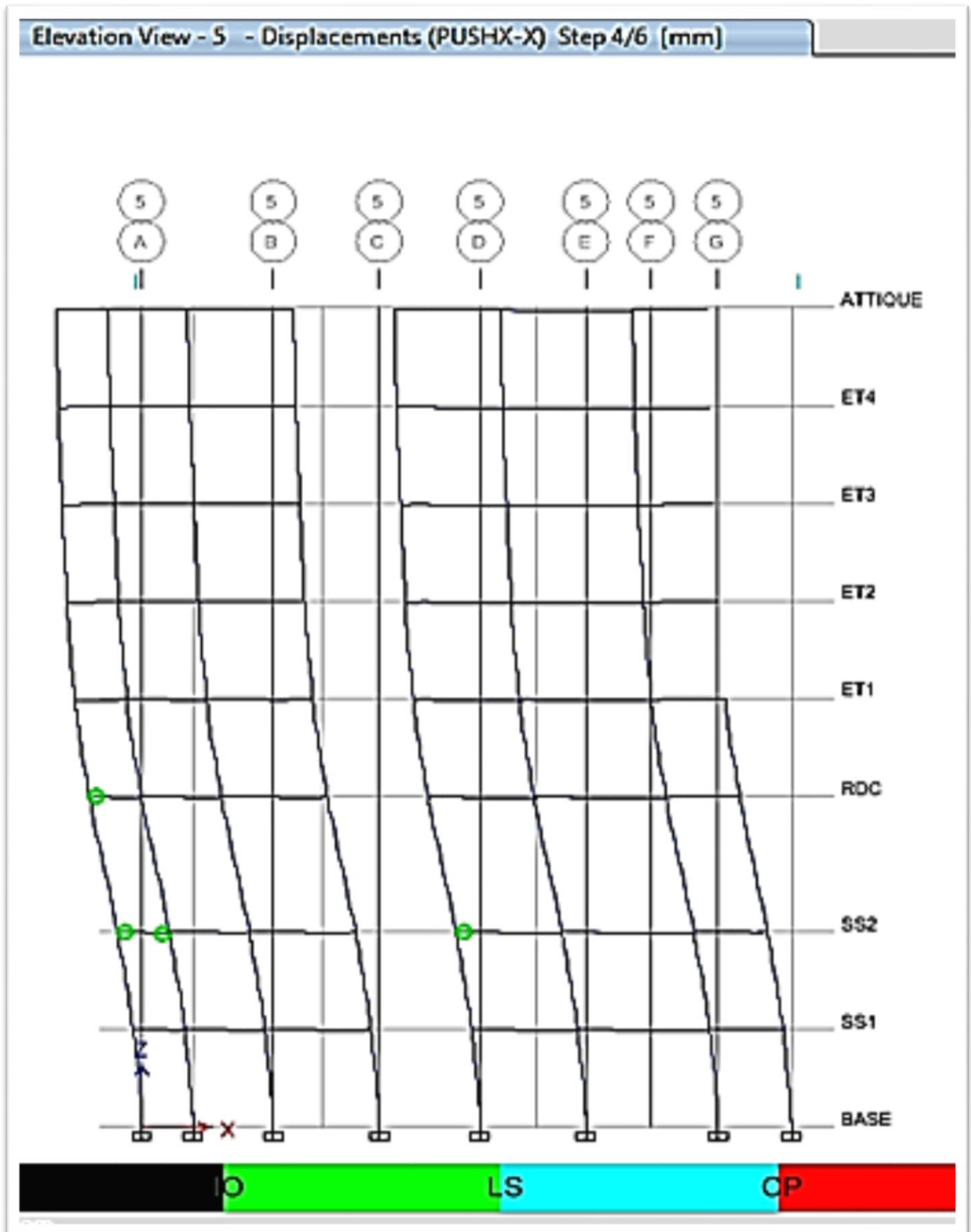


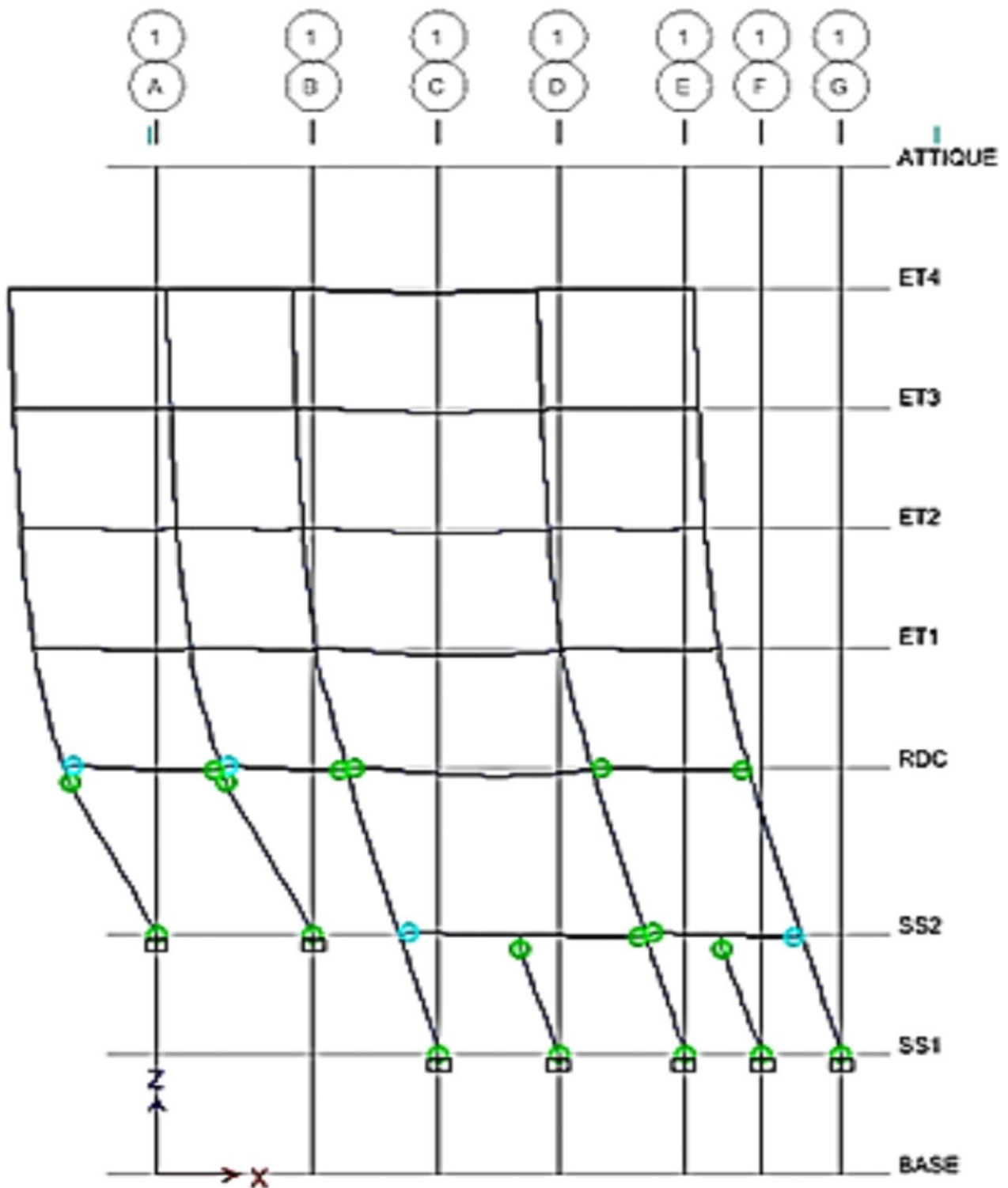
Figure V.9: Distribution des rotules plastique issues du quatrième pas de charge.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

De la figure V.9, sous l'effet du quatrième pas de charge, des rotules plastiques de nature IO apparaissent au niveau des éléments structuraux du RDC et du premier entre sol. Ces rotules reflètent un faible état de dommage.

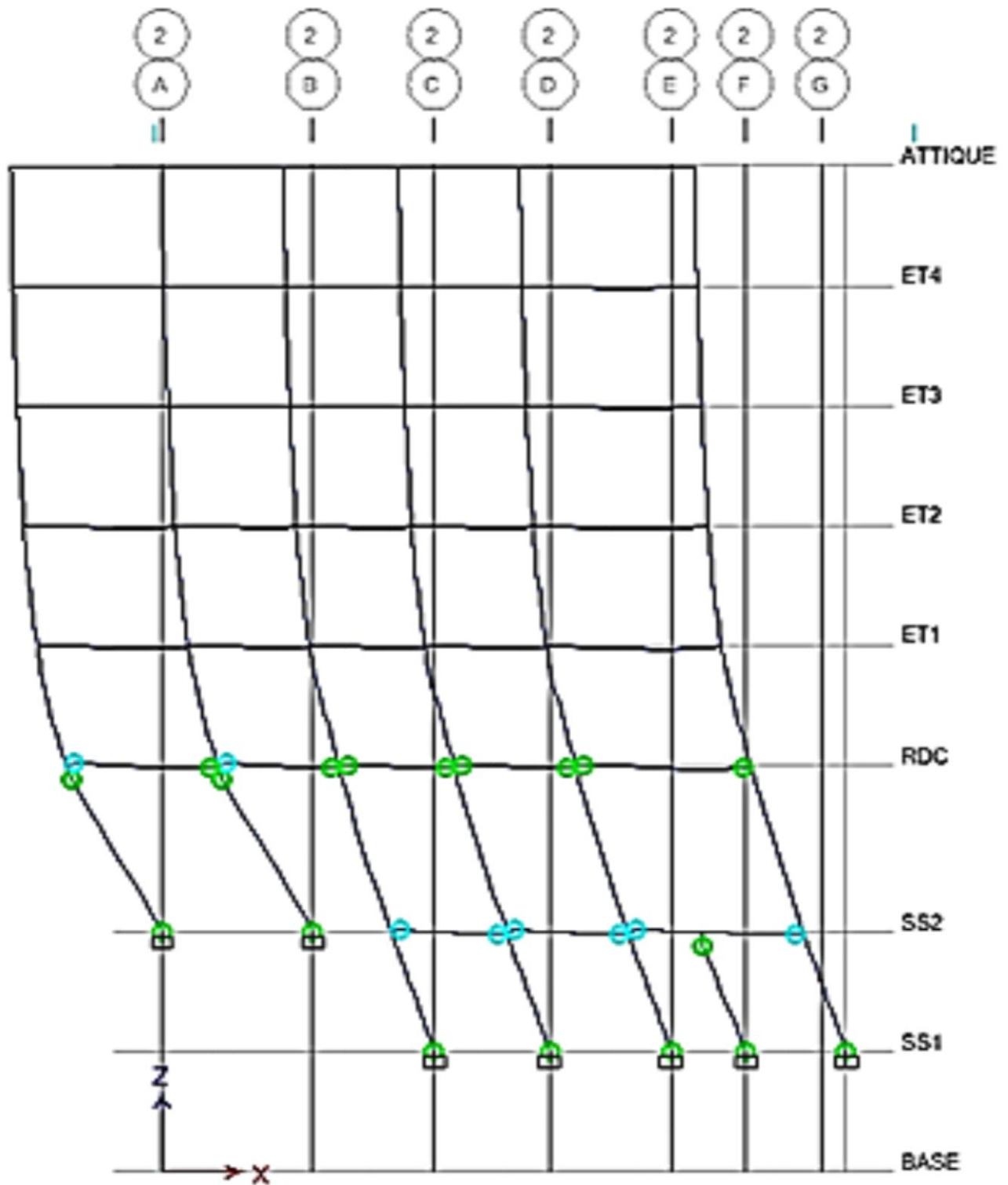
CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 1 - Displacements (PUSH-X) Step 5/6 [mm]

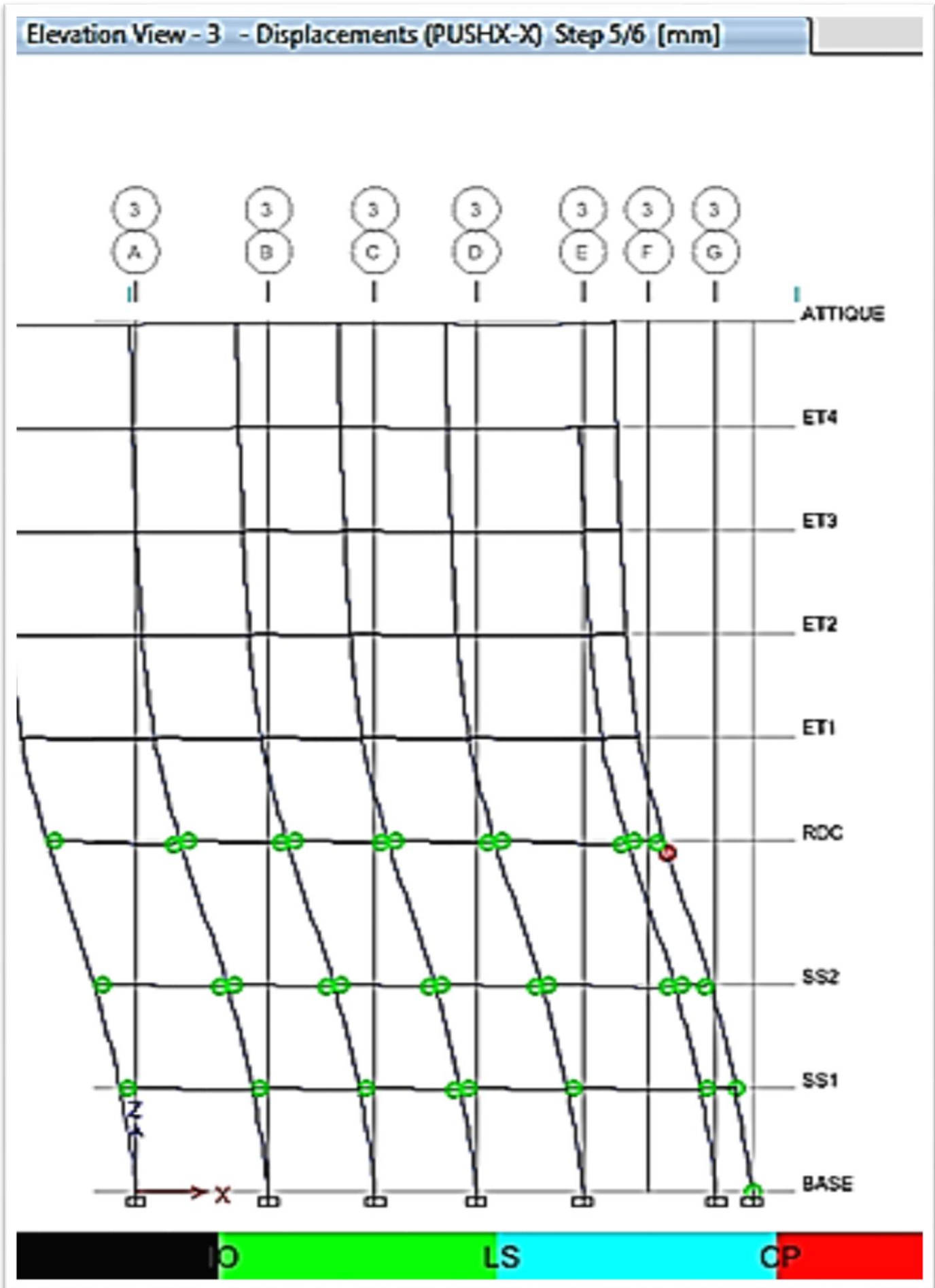


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

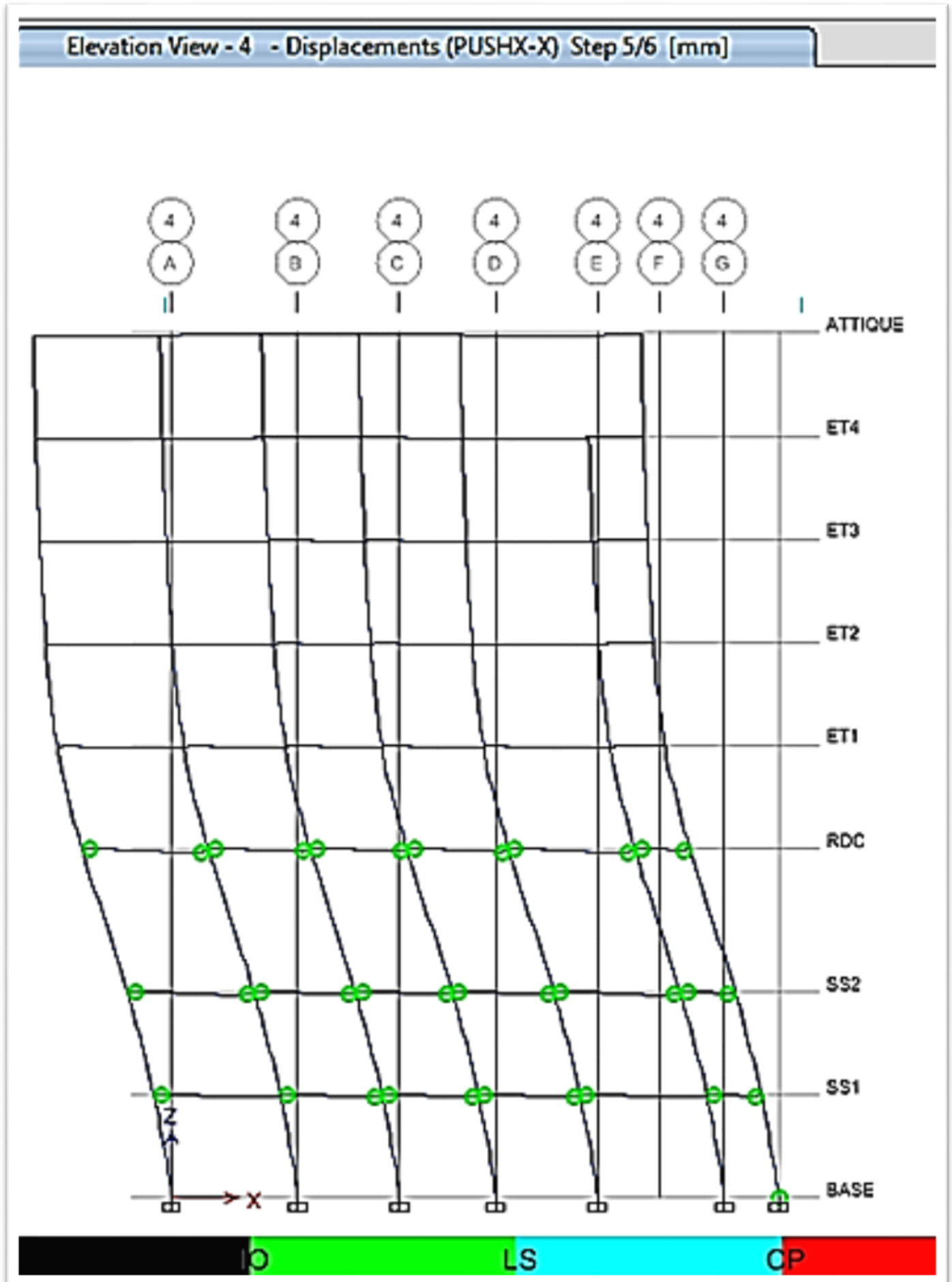
Elevation View - 2 - Displacements (PUSHX-X) Step 5/6 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

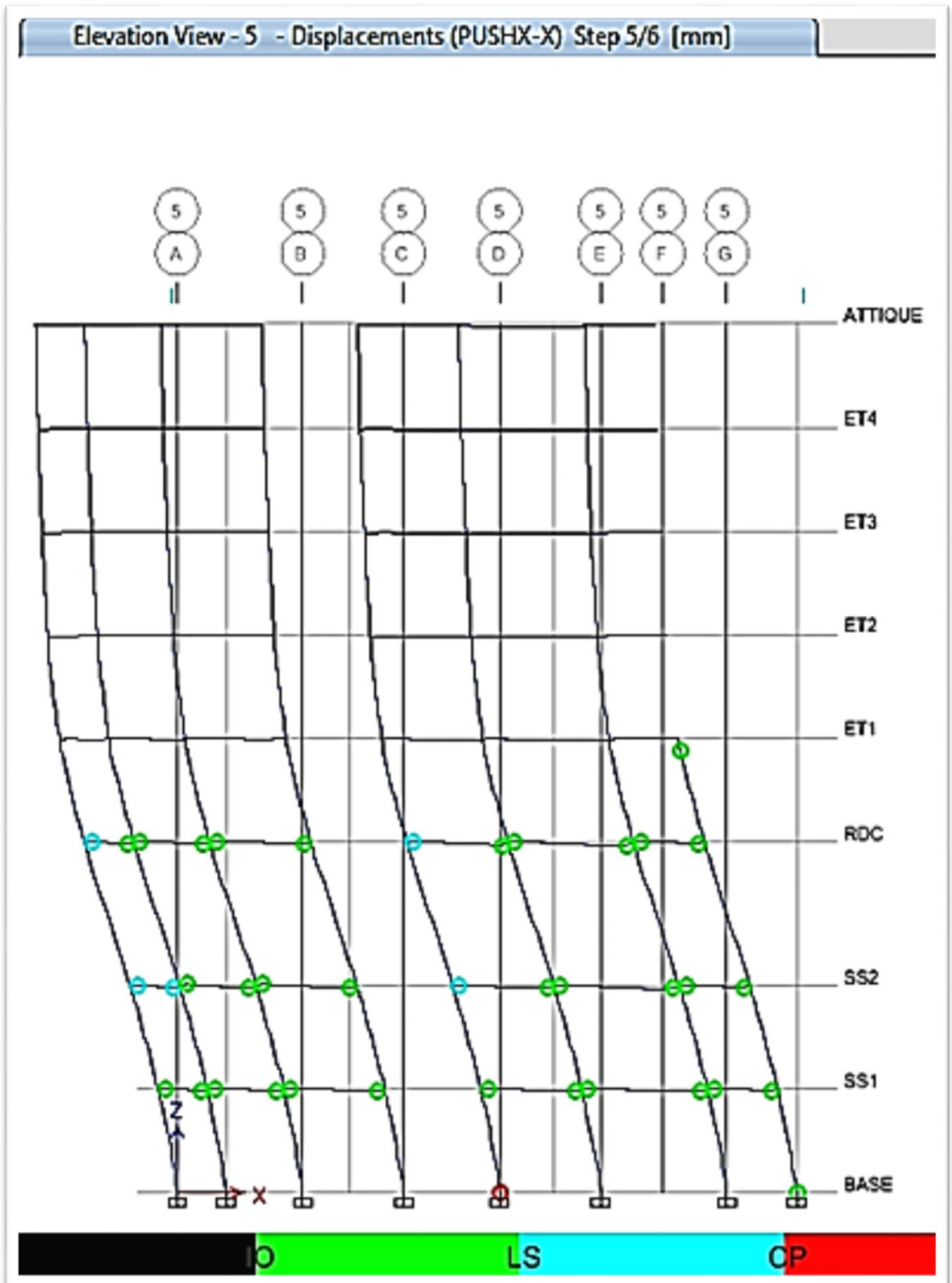
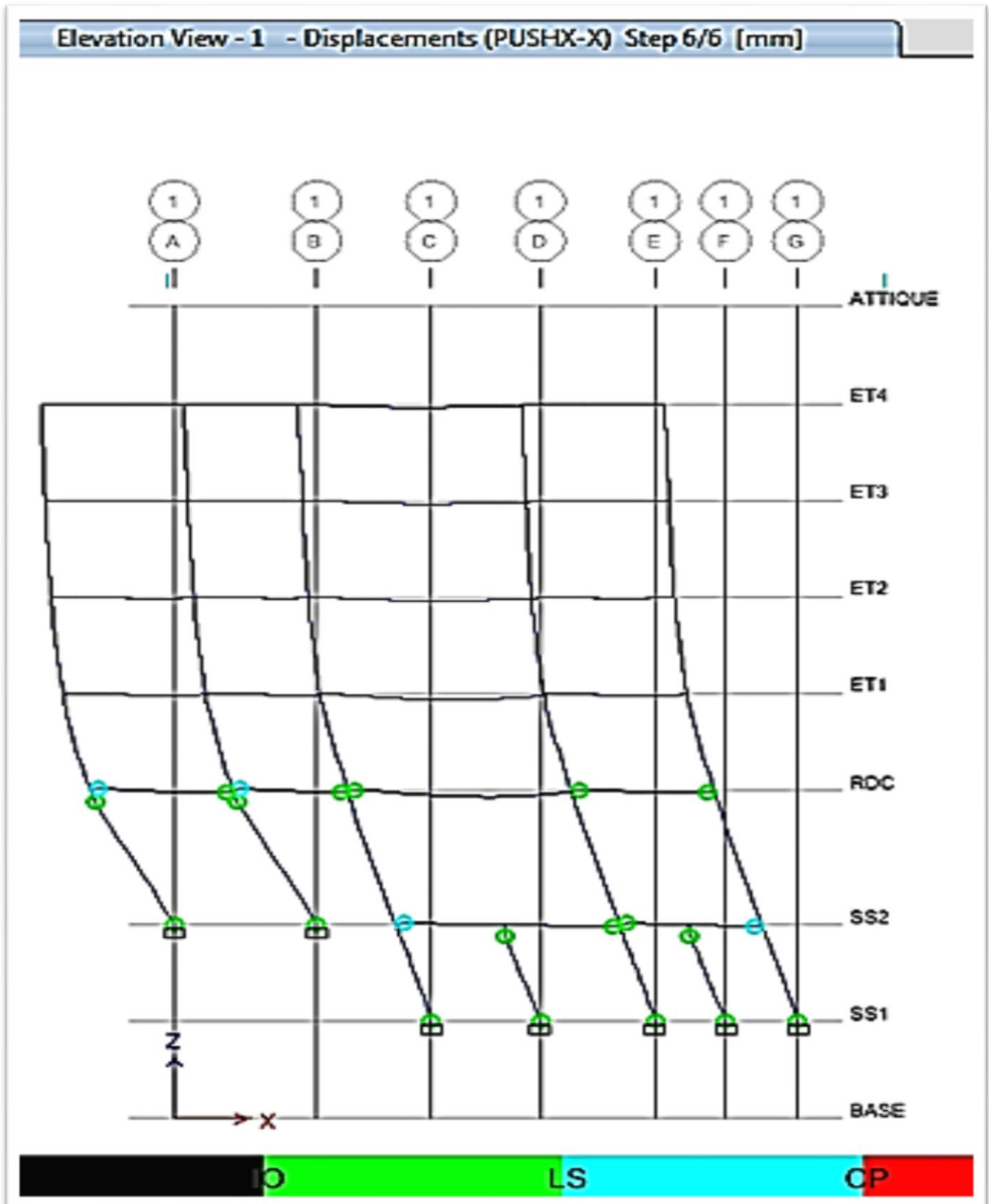


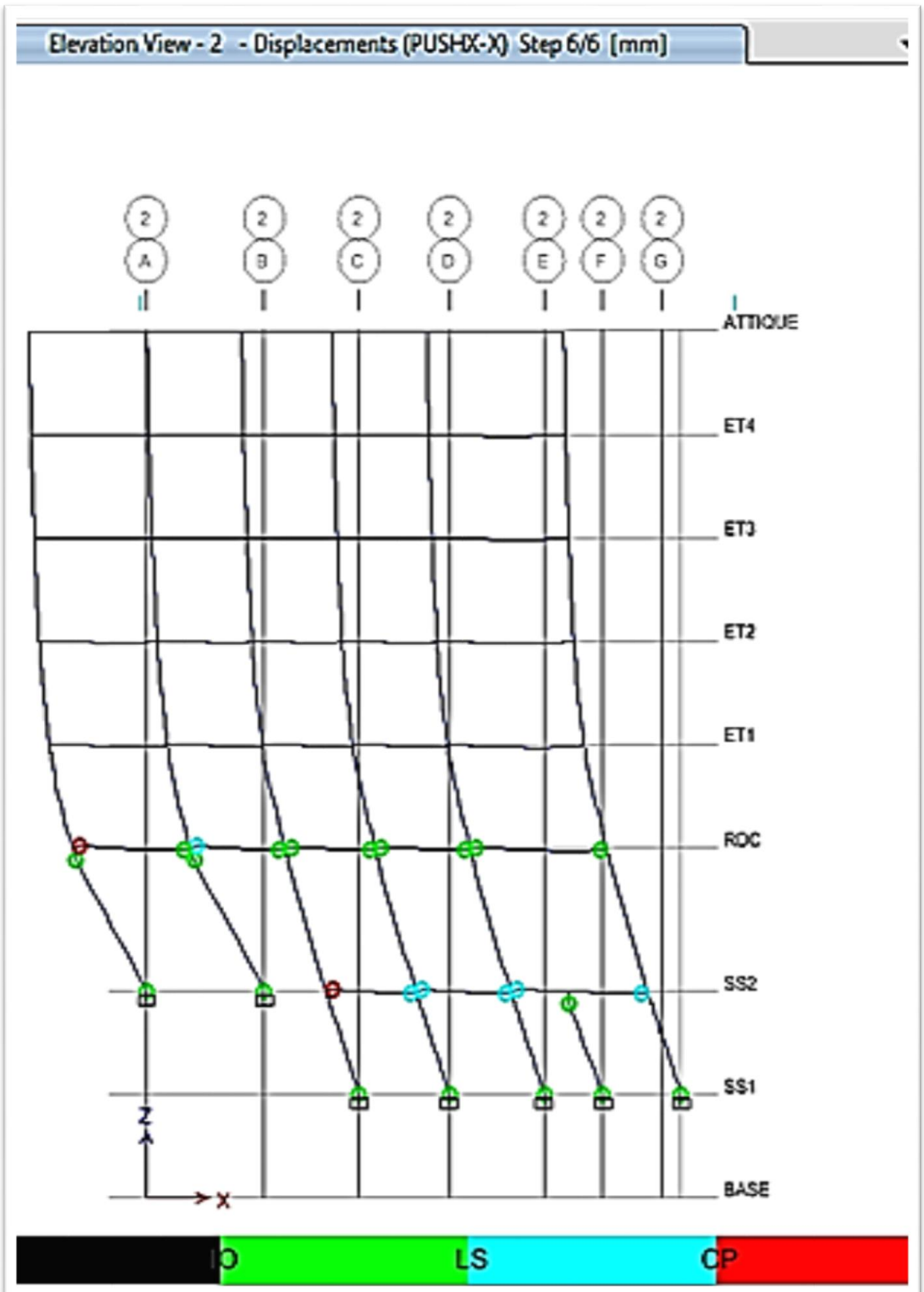
Figure V.10: Distribution des rotules plastique issues du cinquième pas de charge.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

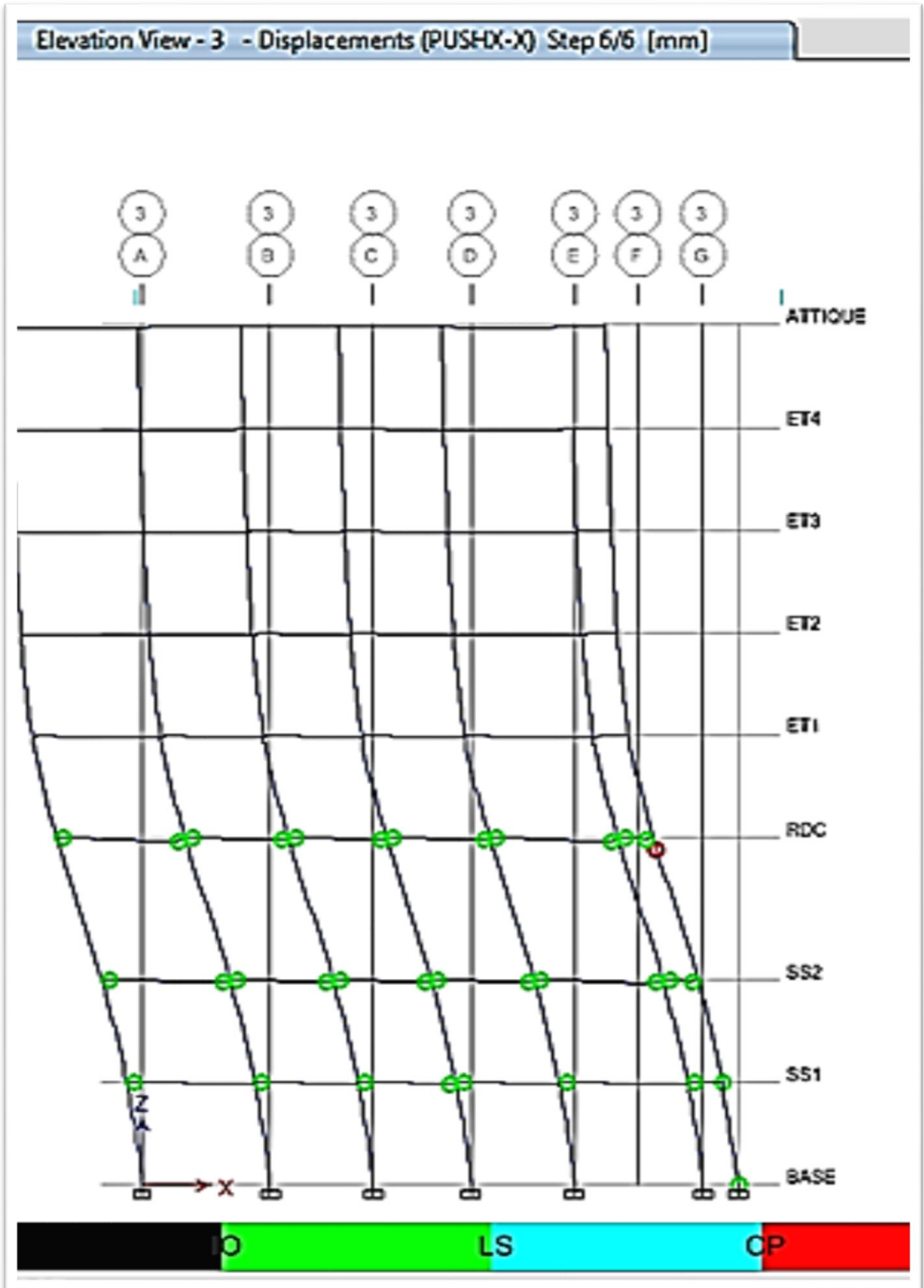
Comparé aux résultats donnés dans la figure V.9, une plastification dite généralisée est constaté sur les deux niveaux RDC et -01 (voir figure V.10). Sur les éléments poteaux, on constate des rotules de type IO, alors que dans les éléments poutres deux types de rotules apparaissent, à savoir : des rotules de nature IO et de nature LS.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

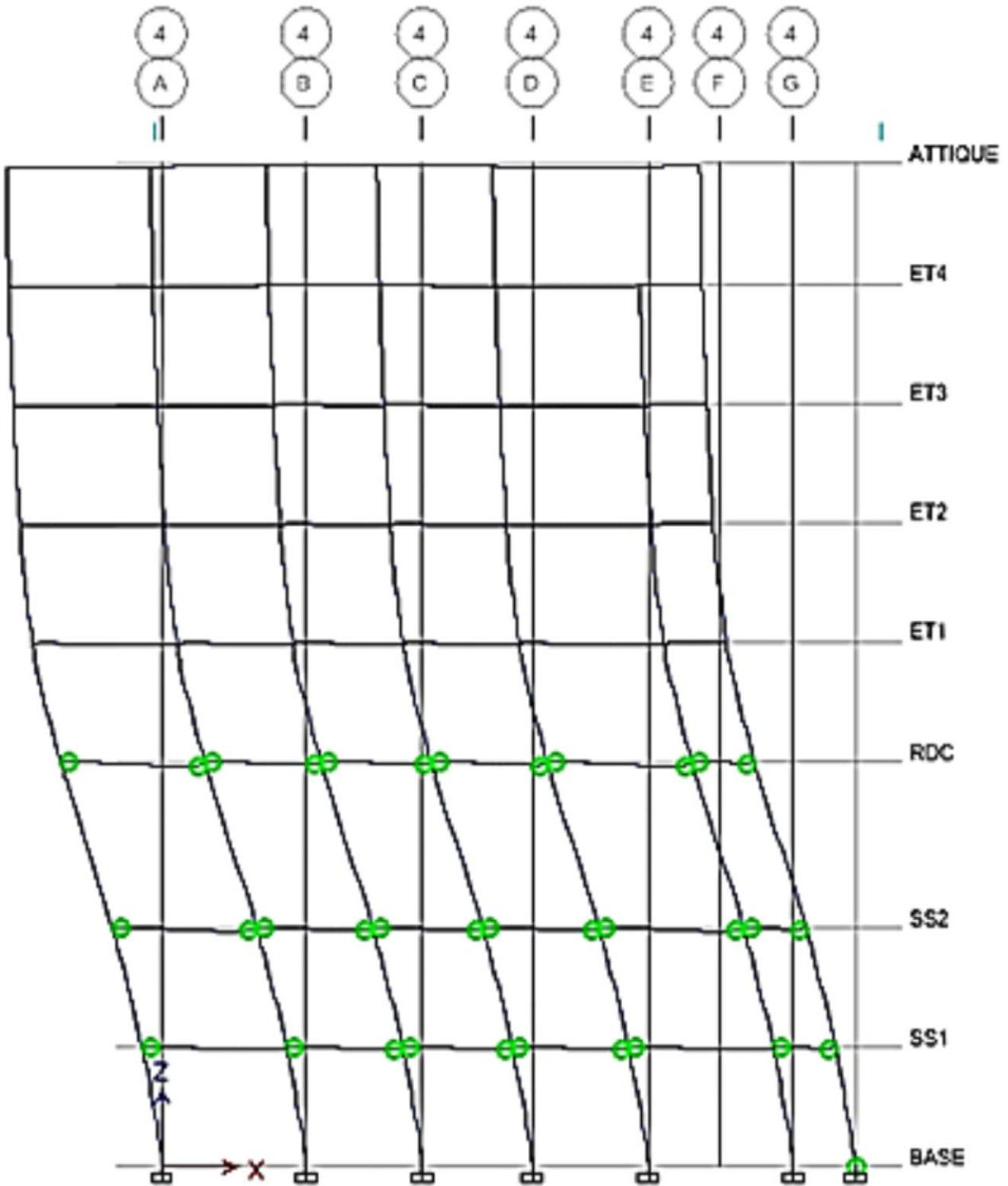


CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Elevation View - 4 - Displacements (PUSHX-X) Step 6/6 [mm]



CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

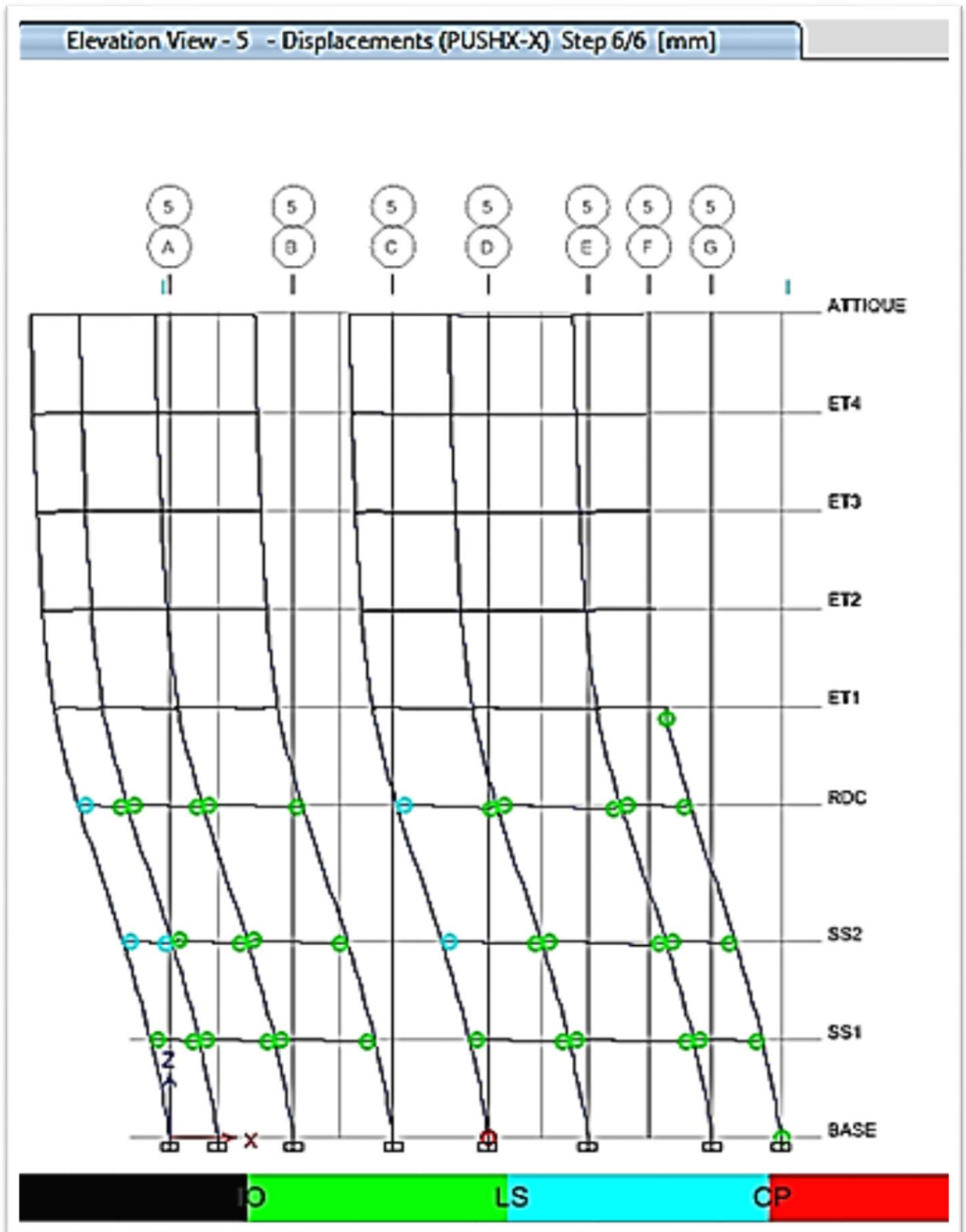


Figure V.11: Distribution des rotules plastique issues du sixième pas de charge.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Tel que représenté dans la figure V.10, une généralisation des dommages est constatée dans les portiques présentés da la figure V.11. Une légère déférence apparait dans les dommages occasionnés dans les éléments poutres C.-à-d., une évolution au niveau rotules en passant de la classe IO à la classe LS signifiant respectivement, très peu de dommages et des dommages importants.

V. Comparaison entre les deux structures

Dans ce cas, la comparaison entre ces deux structures porte sur la position et l'importance des dommages.

- Localisation des dommages
 - Structure réelle : Les dommages se concentrent dans deux niveaux « RDC et premier entresol », par contre, la présence de dégâts est constatée sur l'intégralité des éléments poteaux et poutres, avec la particularité d'apparition de dommages plus importants sur les éléments poteaux, cette localisation de dommages est dite dangereuse.
 - Structure témoin : Contrairement à la construction réelle, la structure témoin se présente avec de dommages qui s'étalent sur quatre niveaux (du deuxième entresol au premier étage), impliquant en conséquence, un nombre plus important d'éléments endommagés. Par contre, ces derniers, se caractérisent avec des dégâts plus importants dans les éléments poutres, cette localisation de dommages est dite correcte.

- Importance des dommages
 - Structure réelle : De très important dommages (apparition de rotule de type CP) sont occasionnés aux éléments poteaux, alors que les éléments poutres, des rotules de types IO et LS apparaissent. Cette localisation de dommages est dite dangereuse.
 - Structure témoigne : Des dommages négligeables sont enregistrés sur les éléments poteaux. Cet état de dommages se justifié par l'apparition de rotules plastiques de types IO et LS sur la majorité des éléments poteaux, par contre, malgré que des rotules plastique de type IO se manifestent sur la majorité des éléments poutre, un nombre minime (non négligeable) de rotules plastique de type LS et CP sont à considérer.

CHAPITRE V : interprétation des résultats de L'analyse non linéaire.

Globalement, après séisme, de dommages importants peuvent survenir sur les éléments résistants de la structure réelle « avec voile », causant en conséquences, un effondrement partiel ou total.

VI. Conclusion

Les principales conclusions tirées de ce chapitre sont :

- L'inclusion du voile dans la structure implique une augmentation de rigidité, induisant en conséquence, un comportement plus fragile.
- La réunion entre la courbe de capacité et celle du spectre de réponse, permet de classer les structures avec et sans voile en O3 (orange 3) et V2 (vert 2), respectivement.
- La localisation de dommages diffère d'une structure à une autre, à savoir : une localisation dangereuse est constatée dans la structure avec voile et une localisation correcte est enregistrée dans la structure sans voile.
- Un nombre important d'éléments s'endommages suite à l'absence du voile C.à.d., la structure témoin est dotée d'une capacité à se déformé plus importante que la structure réelle.

Conclusion générale et perspectives

La vulnérabilité sismique peut être exprimée en terme de probabilité qu'un degré de dommage soit atteint pour une classe de bâtiment à une intensité de séisme donnée. L'évaluation de la vulnérabilité d'un ensemble de bâtiments repose généralement sur l'utilisation de fonctions de vulnérabilité (courbes ou matrices) qui expriment le pourcentage de dommages subis par un type de structures pour différentes intensités sismiques.

Ce projet de fin d'études a pour objectif, d'estimer le niveau de vulnérabilité des structures implantées dans la ville de Tizi-Ouzou (quartier BOUZAR). Pour mener à bien ce travail, deux approches distinctes et complémentaires sont utilisées. La première approche dite qualitative est utilisée afin de dégrossir la tâche d'évaluation de la vulnérabilité des structures existantes C.à.d., réduire le nombre de structures nécessitant une étude approfondie, par contre, la deuxième approche dite quantitative est utilisée dans le but d'estimer correctement le niveau de vulnérabilité de la structure.

Les principales conclusions tirées de la première partie d'étude sont :

- ❖ La fiche d'inspection permet à l'évaluateur d'estimer le niveau de vulnérabilité à l'échelle de composants et de structure,
- ❖ L'utilisation de la fiche d'inspection permet de dégrossir la tâche d'évaluation de la vulnérabilité à l'échelle d'une ville,
- ❖ L'inspection avec fiche d'expertise dépend essentiellement des compétences et de l'expérience de l'évaluateur,
- ❖ La majorité des structures étudiées se caractérisent par la présence d'en moins un élément pouvant affecter son comportement vis-à-vis du séisme,
- ❖ De toutes les structures inspectées (77 structures), la majorité d'entre elles se caractérisent par l'intégration du voile périphérique,

D'autres conclusions sont tirées de la deuxième partie de l'étude, les plus importantes sont :

- ❖ L'inclusion du voile dans la structure « structure réelle » implique une augmentation de rigidité,
- ❖ L'absence du voile dans la structure « structure témoin » induit une capacité de déformabilité plus importante,
- ❖ Des dommages plus importants sont occasionnés à la structure réelle comparée à la structure témoin,

Conclusion générale et perspectives

- ❖ Une localisation dangereuse des rotules plastique est constatée sur la structure réelle, alors que, sur la structure témoin, les rotules plastique se localisent correctement.

Enfin, des recherches supplémentaires sont nécessaires et peuvent faire l'objet de travaux futurs. Ainsi, il est envisagé d'étendre le travail :

- ❖ Inspecté toutes les structures implantées dans la ville de Tizi Ouzou,
- ❖ Inclure les structures hydrauliques et les ouvrages d'arts dans la fiche d'expertise,

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES



1. Abbacha.I. (2015). Étude de la sismicité de la région Nrd-EST de l'Algérie. Thèse de doctorat, université Ferhat Abbas-Sétif Algérie.
2. Abed M. (2014). Analyse non linéaire d'optimisation des voiles dans une structure. Thèse de doctorat Université Ibn Khaldoun de Tiaret.
3. AFPS « Association Française de génie ParaSismique». (2003). Le séisme du 21 Mai 2003 en Algérie. [http://www.afps-seisme.org/PUBLI/Rapports-de-missions/AFPSRapport-mission-2003-Seisme Boumerdes-Algerie](http://www.afps-seisme.org/PUBLI/Rapports-de-missions/AFPSRapport-mission-2003-Seisme-Boumerdes-Algerie). Dec 2021.
4. Akkouche k. (2020). Développement d'un système Expert pour l'évaluation des structures endommagées par des séismes. Thèse de doctorat. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
5. Akkouche K Bouzid L. Nekkouche A. Hannachi N. E. HAMIZI M. (2018). Évaluation de la vulnérabilité des structures poteau-poutre en béton armé par la méthode des plans d'expériences. La 1ère Conférence Internationale sur la Vulnérabilité et la Réhabilitation des Structures (VUREST2018), 07 et 08 Mai, Alger, Algérie.
6. Ait ramdane I, (2014). Comportement sismique d'ossature en portiques en béton armé en tenant compte de l'interaction murs de remplissage en maçonnerie-cadres des portiques. Thèse de Magister. Université mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.
7. ATC-40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Applied Technology Council, Redwood City, California.
8. Badla.w. (2011). Analyse pushover des portiques en B.A « étude comparative ».Thèse de doctorat. Université de Biskra.

9. Baggio C, Bernardini A, Colozza R, Corazza L, Della Bella M, Di Pasquale G, et al. (2007). Field manual for post-earthquake damage and safety assessment and short term counter measures (AeDES). European Commission—Joint Research Centre—Institute for the Protection and Security of the Citizen, EUR.
10. Beldjoudi. H. (2011). Étude de la sismicité du nord algérien. Thèse de doctorat. Université Abou Bakr Belkaid, Tlemcen, Algérie.
11. Benedetti D., Benzoni G., Parisi M.A. (1988). Seismic vulnerability and risk evaluation for old urban nuclei. *Earthquake Engineering & structural dynamics*. 16, 183-201.
12. Boukri, M., Farsi, M. N., Mebarki, A., Belazougui, M., Amellal, O., et al. (2014). seismic risk and damage prediction: case of the building in Constantine city (Algérie). *Bull Earthq Engering & Structural Dynamics*, 16 (19). 183–201.
13. Boukais S. Kezman A. & Nekmouche A. (2015). Influence du renforcement des zones nodales de portique étage par des plaques composites.
14. Bounif A, Haessler H, & Meghraoui M. (1987). The Constantine (northeast Algeria) earthquake of October 27, 1985: Surface ruptures and aftershock study. *Earth planet Sc Lett* 85:451-460.
15. Briki.L (2019) Contribution à l'analyse non linéaire matérielle et géométrique des plaques et coques tant minces qu'épaisses par éléments finis rectangulaires. Thèse Doctorat en Sciences « Génie Civil ». Université de Batna II.
16. CETE Méditerranée, comparaison de méthodes qualitatives d'évaluation de la vulnérabilité des constructions aux séismes. Plan séisme - action 2.4.7. Guide

des méthodes de diagnostics de la résistance des bâtiments aux séismes. CETE Méditerranée ; BRGM, Nice, France, (2008)

17. CHERIFI F. (2016). Évaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments existants en Algérie. Thèse de Doctorat en génie-civil, Tizi-Ouzou, Algérie.
18. C.G.S. (2003). Règles parasismiques algériennes RPA99 version 2003. Alger, Algérie.
19. Davidovici V. (2003). Séisme de Boumerdes du 21 mai 2003, Rapport préliminaire du Ministère de l'Habitat. Rapport de Mission, Dynamique Concept, 23 Juillet 2003.
20. Dunand F., Martin C., & Guéguen P. (2010). Evaluation de la vulnérabilité sismique des bâtiments à grande échelle: application et comparaison des méthodes RISK-UE et VULNERALP. Rapport Finale No. ANR-2006-PGCU-007-01, Grenoble, France.
21. Euro-code 8. (2004): calcul des structures pour leur résistance aux séismes.
22. FEMA 356, "Pre-standard and Commentary for the seismic Rehabilitation of Building", Federal Emergency Management Agency, Washington D.C.USA, November 2000.
23. Hamizi M. Hannachi N.D. & Rassoul I. (2008). Conception et réalisation d'un système d'aide à l'évaluation de la vulnérabilité du bâti existant, Colloque National, et 26 Novembre 2008, Constantine, Algérie.
24. Hamoud B. 2010. ETUDE DE LA SISMICITE DU NORD ALGERIEN. Thèse doctorat université Abou Bekr Belkaid.
25. LAFI D E, (2012 Evaluation de la capacité portante des structures par la méthode push-over. Thèse de magister Université Hadj Lakhdar–Batna

26. Mammam, L. M. Mouli, A. Senouci, A. Said1, A. Allout. (2016) Indices de vulnérabilité des constructions existantes à Oran. *J. Mater. Environ. Sci.* 7 (3) . 942-955.
27. Mokrane A, Ait Messaoud A, Sebai A, Menia N, Ayadi A, Bezzeghoud M, Benhallou H. (1994). Les séismes en Algérie de 1365 à 1992. Centre de Recherche en Astronomie, Astrophysique et Géophysique, Alger.
28. Mohamed MazianiI H. (2015). Effet de la variation de la rigidité sur le comportement sismique d'un bâtiment en béton armé. Thèse doctorat Université IBN KHALDOUN DE TIARET.
29. Nekkouché A. Hamizi M. Khelil N. & Kezman A. (2017). Simplified models to control plastic hinges in reinforced concrete frame structures. *Asian Journal of Civil Engineering.* 19(105). 10.1007/s42107-017-0002-3.
30. Ravi Sinha & Alok Goyal, (2011). A National Policy for Seismic Vulnerability Assessment of Buildings and Procedure for Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Vulnerability. Department of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Bombay.
31. Thierry P., Zacek M., Vercellino G., Martin R., Bard P.Y., Mouroux P. et Tartar C. (1998). Projet GEMITIS Nice : Analyse de vulnérabilité (bâti courant et bâtiments stratégiques) mise en place des éléments pour les scénarios de risque. Rapport BRGM R40229.