

# Sommaire

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>14</b>
------------------------------------	-----------

## **CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE SEISME ET LES STRUCTURES EN ACIER.**

I.1. Introduction.....	15
I.2. Propagation des ondes .....	15
I.3. Comportement des constructions.....	17
I.4. Le matériau acier .....	18
I.5. Comportement des structures lors d'un séisme .....	18
I.6. Définitions du contreventement .....	19
I.7. Structures contreventées .....	20
I.7.1. Structure à cadre ou portique .....	20
I.7.2. Triangulation par diagonales .....	21
I.7.3. Ossatures en portique, combinées avec des entretoises centrées .....	22
I.7.4. Triangulation en V .....	23
I.7.5. Triangulation en K .....	23
I.7.6. Les Contreventements excentrés .....	24
I.8. Conclusion .....	26

## **CHAPITRE II : LES DIFFERENTS TYPES DE DISPOSITIFS DISSIPATIFS.**

II.1. Introduction .....	27
II.2. Contrôle passif avec dissipateurs d'énergie .....	27
II.2.1. Dissipateurs hystérétiques .....	27
II.2.1.1. Les amortisseurs métalliques .....	28
a. Le dispositif d'amortissement et de rigidité supplémentaire (ADAS) .....	29
b. Amortisseur de plaques triangulaire (TADAS) .....	29
c. Entretoise à flambement empêché (buckling restrained brace - BRB) .....	30
d. Dispositifs d'extrusion de plomb (LED) .....	31
II.2.1.2. Les amortisseurs à friction .....	32
a. L'amortisseur PALL .....	33
b. Amortisseur boulonné encoché .....	34

c. La contrainte de dissipation d'énergie (EDR) .....	34
d. Amortisseur visqueux élastique solide .....	35
II.3. Conclusion.....	36

### **CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'OUVRAGE.**

III.1. Introduction .....	37
III.2. Les données géométriques .....	37
III.3. Règlements utilisés .....	38
III.4. Mode de construction .....	38
III.4.1. Acier de construction pour les éléments de structure .....	38
III.4.2. Le béton .....	38
III.5. Pré-dimensionnement .....	39
III.5.1. Charge permanentes et Charge d'exploitations .....	39
III.5.2. Les planchers .....	39
III.5.3. Charge climatiques .....	40
III.5.3.1. Effet du vent .....	40
III.5.3.2. Effet de la neige .....	41
III.6. Dimensionnement des éléments .....	41
III.7. Systèmes de contreventements .....	41
III.8. Etude sismique .....	42
III.8.1. Différentes dispositions des contreventements.....	42
III.9. Conclusion .....	45

### **CHAPITRE IV : APPLICATION DES DIFFERENTS DISPOSITIFS DISSIPATIFS SUR UN BATIMENT METALLIQUE.**

IV.1. Introduction .....	46
IV.2. Description du dispositif dissipatif et des excitations sismiques .....	47
IV.3. Analyse des réponses temporelles pour le système ADAS .....	49
IV.3.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	49
IV.3.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	51
IV.3.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	51
IV.3.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	53
IV.3.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	54

IV.3.6. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité .....	54
IV.4. Analyse des réponses temporelles pour le système TADAS .....	55
IV.4.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	55
IV.4.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	56
IV.4.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	56
IV.4.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	58
IV.4.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	59
IV.4.6. Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité .....	59
IV.5. Analyse des réponses temporelles pour le système BRB diagonale .....	60
IV.5.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	60
IV.5.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	61
IV.5.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	61
IV.5.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	61
IV.5.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	64
IV.6. Analyse des réponses temporelles pour le système BRB chevron .....	64
IV.6.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	64
IV.6.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	66
IV.6.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	66
IV.6.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	68
IV.6.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	69
IV.7. Analyse des réponses temporelles pour le système PALL .....	69
IV.7.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	69
IV.7.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	70
IV.7.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	71
IV.7.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	73
IV.7.5. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité .....	74
IV.7.6. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	74
IV.8. Analyse des réponses temporelles pour le système FRICTION diagonale .....	75
IV.8.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	75
IV.8.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	76
IV.8.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	76
IV.8.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	78
IV.8.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	79
IV.9. Analyse des réponses temporelles pour le système FRICTION chevron .....	79
IV.9.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	79

IV.9.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	81
IV.9.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	81
IV.9.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	83
IV.9.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	84
IV.10. Analyse des réponses temporelles pour le système ADAS .....	84
IV.10.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	84
IV.10.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	86
IV.10.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	86
IV.10.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	88
IV.10.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	89
IV.10.6. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité .....	89
IV.11. Analyse des réponses temporelles pour le système TADAS .....	90
IV.11.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps .....	90
IV.11.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps .....	91
IV.11.3. Variation des sollicitations en fonction du temps .....	91
IV.11.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps .....	93
IV.11.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement .....	94
IV.11.6. Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité .....	94
IV.12. Résultats numériques .....	95
IV.13. Conclusion .....	96
<b>CONCLUSION GENERALE</b> .....	<b>98</b>

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Cartes mondiales des plaques tectoniques.....	15
Figure I. 2: Propagation des ondes sismiques.....	16
Figure I. 3: Propagation des ondes sismique P et S.....	16
Figure I. 4: Propagation des ondes R et Q.....	17
Figure I. 5: Comportement des structures lors d'un séisme.....	19
Figure I. 6: structure en cadre ou portique.....	21
Figure I. 7: Contreventement en diagonales.....	21
Figure I. 8: Rupture et flambement des diagonales de contreventement.....	22
Figure I. 9: Contreventement centré.....	22
Figure I. 10: Contreventement en V.....	23
Figure I. 11: Contreventement en K.....	23
Figure I. 12: Ossature à triangulation en K.....	24
Figure I. 13: Contreventement excentré.....	25
Figure I. 14: Types de contreventements excentrés.....	25
Figure II. 1: Hystérésis idéalisés de force-déplacement du dispositif hystérétique.....	28
Figure II. 2: Amortisseur ADAS.....	29
Figure II. 3: Amortisseur TADAS.....	30
Figure II. 4: Entretoise à flambement empêché (BRB).....	31
Figure II. 5: Deux exemples des Dispositifs d'extrusion de plomb.....	32
Figure II. 6: L'amortisseur Pall.....	33
Figure II. 7: Amortisseur boulonné encoché.....	34
Figure II. 8: Vues extérieure et intérieure de la contrainte de dissipation d'énergie.....	35
Figure II. 9: Amortisseur visqueux élastique solide.....	36
Figure III. 1: Présentation 3D de la structure.....	37
Figure III. 2: Plancher collaborant en béton armé.....	39
Figure III. 3: Représentation des résultats de la pression du vent.....	40
Figure III. 4: Les multiples variantes de contreventement de la structure.....	43
Figure III. 5: La variante optimale de contreventement de la structure.....	43
Figure III. 6: Translation selon Y (mode 1).....	44
Figure III. 7: Translation selon X (mode 2).....	44
Figure III. 8: Rotation selon Z (mode 3).....	45
Figure IV. 1: Le nœud le plus sollicité.....	46

Figure IV. 2: Les poteaux les plus sollicités (N, T).....	47
Figure IV. 3: La poutre la plus sollicitée (M).....	47
Figure IV. 4: Signale sismique de keddara EW. ....	48
Figure IV. 5: Signale sismique de keddara NS.....	48
Figure IV. 6: Signale sismique de keddara V.....	48
Figure IV. 7: Signale sismique de Sylmar X.....	49
Figure IV. 8: Signale sismique de Sylmar Y.....	49
Figure IV. 9: Signale sismique de Sylmar Z.....	49
Figure IV. 10: Réponse temporelle du déplacement.....	50
Figure IV. 11: Réponse temporelle de l'accélération.....	50
Figure IV. 12: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	51
Figure IV. 13: Réponse temporelle de l'effort normal.....	52
Figure IV. 14: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	52
Figure IV. 15: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	52
Figure IV. 16: Déplacement inter-étage.....	53
Figure IV. 17: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	54
Figure IV. 18: Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité.....	54
Figure IV. 19: Réponse temporelle du déplacement.....	55
Figure IV. 20: Réponse temporelle de l'accélération.....	55
Figure IV. 21: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	56
Figure IV. 22: Réponse temporelle de l'effort normal.....	57
Figure IV. 23: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	57
Figure IV. 24: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	57
Figure IV. 25: Déplacement inter-étage.....	58
Figure IV. 26: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	59
Figure IV. 27: Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité.....	59
Figure IV. 28: Réponse temporelle du déplacement.....	60
Figure IV. 29: Réponse temporelle de l'accélération.....	60
Figure IV. 30: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	61
Figure IV. 31: Réponse temporelle de l'effort normal.....	62
Figure IV. 32: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	62
Figure IV. 33: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	62
Figure IV. 34: Déplacement inter-étage.....	63
Figure IV. 35: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	64

Figure IV. 36: Réponse temporelle du déplacement.....	65
Figure IV. 37: Réponse temporelle de l'accélération.....	65
Figure IV. 38: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	66
Figure IV. 39: Réponse temporelle de l'effort normal.....	67
Figure IV. 40: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	67
Figure IV. 41: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	67
Figure IV. 42: Déplacement inter-étage.....	68
Figure IV. 43: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	69
Figure IV. 44: Réponse temporelle du déplacement.....	70
Figure IV. 45: Réponse temporelle de l'accélération.....	70
Figure IV. 46: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	71
Figure IV. 47: Réponse temporelle de l'effort normal.....	72
Figure IV. 48: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	72
Figure IV. 49: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	72
Figure IV. 50: Déplacement inter-étage.....	73
Figure IV. 51: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	74
Figure IV. 52: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	74
Figure IV. 53: Réponse temporelle du déplacement.....	75
Figure IV. 54: Réponse temporelle de l'accélération.....	75
Figure IV. 55: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	75
Figure IV. 56: Réponse temporelle de l'effort normal.....	77
Figure IV. 57: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	77
Figure IV. 58: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	77
Figure IV. 59: Déplacement inter-étage.....	78
Figure IV. 60: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	79
Figure IV. 61: Réponse temporelle du déplacement.....	80
Figure IV. 62: Réponse temporelle de l'accélération.....	80
Figure IV. 63: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	81
Figure IV. 64: Réponse temporelle de l'effort normal.....	82
Figure IV. 65: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	82
Figure IV. 66: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	82
Figure IV. 67: Déplacement inter-étage.....	83
Figure IV. 68: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	84
Figure IV. 69: Réponse temporelle du déplacement.....	85

Figure IV. 70: Réponse temporelle de l'accélération.....	85
Figure IV. 71: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	86
Figure IV. 72: Réponse temporelle de l'effort normal.....	87
Figure IV. 73: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	87
Figure IV. 74: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	87
Figure IV. 75: Déplacement inter-étage.....	88
Figure IV. 76: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	89
Figure IV. 77: Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité.....	89
Figure IV. 78: Réponse temporelle du déplacement.....	90
Figure IV. 79: Réponse temporelle de l'accélération.....	90
Figure IV. 80: Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.....	91
Figure IV. 81: Réponse temporelle de l'effort normal.....	92
Figure IV. 82: Réponse temporelle de l'effort tranchant.....	92
Figure IV. 83: Réponse temporelle du moment fléchissant.....	92
Figure IV. 84: Déplacement inter-étage.....	93
Figure IV. 85: Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.....	94
Figure IV. 86: Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité.....	94



## LISTE DES TABLEAUX

Tableau III. 1: Caractéristiques mécaniques de l'acier.....	38
Tableau III. 2: Caractéristiques mécaniques du béton.....	39
Tableau III. 3: Dimensions des profilés « poutres et solives » utilisés et leur caractéristique..	41
Tableau III. 4: Dimension des poteaux.....	41
Tableau III. 5: Dimensions des contreventements.....	42
Tableau III. 6: Synthèse de l'analyse modale sous SAP 2000.....	42
Tableau IV. 1: Déplacement inter-étage ADAS.....	53
Tableau IV. 2: Déplacement inter-étage TADAS.....	58
Tableau IV. 3: Déplacement inter-étage BRB diagonale.....	63
Tableau IV. 4: Déplacement inter-étage BRB chevron.....	68
Tableau IV. 5: Déplacement inter-étage PALL.....	73
Tableau IV. 6: Déplacement inter-étage FRICTION diagonale.....	78
Tableau IV. 7: Déplacement inter-étage FRICTION chevron.....	83
Tableau IV. 8: Déplacement inter-étage ADAS.....	88
Tableau IV. 9: Déplacement inter-étage TADAS.....	93
Tableau IV. 10: Réponse maximale (accélélogramme Keddara).....	95
Tableau IV. 11: Réponse maximale (accélélogramme Sylmar).....	96

## LISTE DES NOTATIONS

### Les abréviations :

ADAS : Added Damping and Stiffness

TADAS : Triangular plate Added Damping and Stiffness

BRB : Buckling Restrained Brace

LED : Lead Extrusion Devices

EDR : Energy Dissipating Restraint

### Les symboles:

$f_y$  : Limite d'élasticité

$E$  : Module de Young

$\rho$  : poids volumique

$\alpha$  : Coefficient de dilatation thermique

$G$  : Module de cisaillement

$\nu$  : Coefficient de poisson

$f_{c28}$  : Résistance à la compression

$G$  : charge permanente

$Q$  : charge d'exploitation

$S$  : la charge de la neige

$P$  : poids propre

$A$  : la section

$h$  : hauteur

$b$  : largeur

$t$  : épaisseur

$r$  : rayon

$T$  : période

$M$  : moment fléchissant

$T$  : effort tranchant

$N$  : effort normal

## INTRODUCTION GENERALE

Les tremblements de terre sont un des plus grands dangers naturels sur cette planète, et ont détruits d'innombrables villes et villages sur presque tous les continents. Ils sont l'un des phénomènes naturels les plus redoutés de l'homme.

Les séismes peuvent avoir des conséquences graves et dévastatrices sur les bâtiments et la population. Cependant, les séismes, contrairement aux autres catastrophes naturelles, tuent surtout par l'effondrement de bâtiments et d'autres chutes d'objets. C'est pour cela qu'il est nécessaire d'étudier la manière dont se comportent les bâtiments pour établir des ouvrages résistants aux séismes et ainsi protéger la population de cet événement incontrôlable.

En raison de la vulnérabilité sismique de notre pays, le développement des concepts technologiques innovateurs pour une protection accrue des structures et des personnes constitue un véritable challenge pour le chercheur de génie civil. Pour cela, on doit élaborer une méthode de protection des bâtiments contre cette catastrophe.

L'utilisation de nouvelles techniques parasismiques devient donc une nécessité. Parmi ces techniques, on trouve la technique de l'application des amortisseurs métalliques et à friction, les amortisseurs métalliques dissipent l'énergie par déformation élastique du matériau d'autre-part les amortisseurs à frictions dissipent de l'énergie seulement lorsque la force de glissement est atteinte et dépassée.

L'objectif de ce travail est d'analyser les capacités dissipatives d'un bâtiment de R+12 en charpente métallique est de vérifier la performance de ces dispositifs à améliorer la réponse de la structure face à un séisme de grande ampleur. Etudier le rôle des amortisseurs hystérétiques, estimer leurs efficacités en terme de déplacement, d'effort tranchant à la base, accélérations et sollicitations, quel serait le meilleur dispositif qui apportera plus de résistance aux structures métalliques.

Pour ce travail, la structure du mémoire est composée de 4 chapitres :

- Le premier chapitre concerne des généralités sur le séisme et les structures en acier.
- Le second chapitre porte sur les différents types des dispositifs dissipatifs.
- Le troisième chapitre correspond à une présentation de l'ouvrage.
- Le dernier chapitre concerne l'application des différents dispositifs dissipatifs sur un bâtiment métallique et on clôtura par une conclusion.

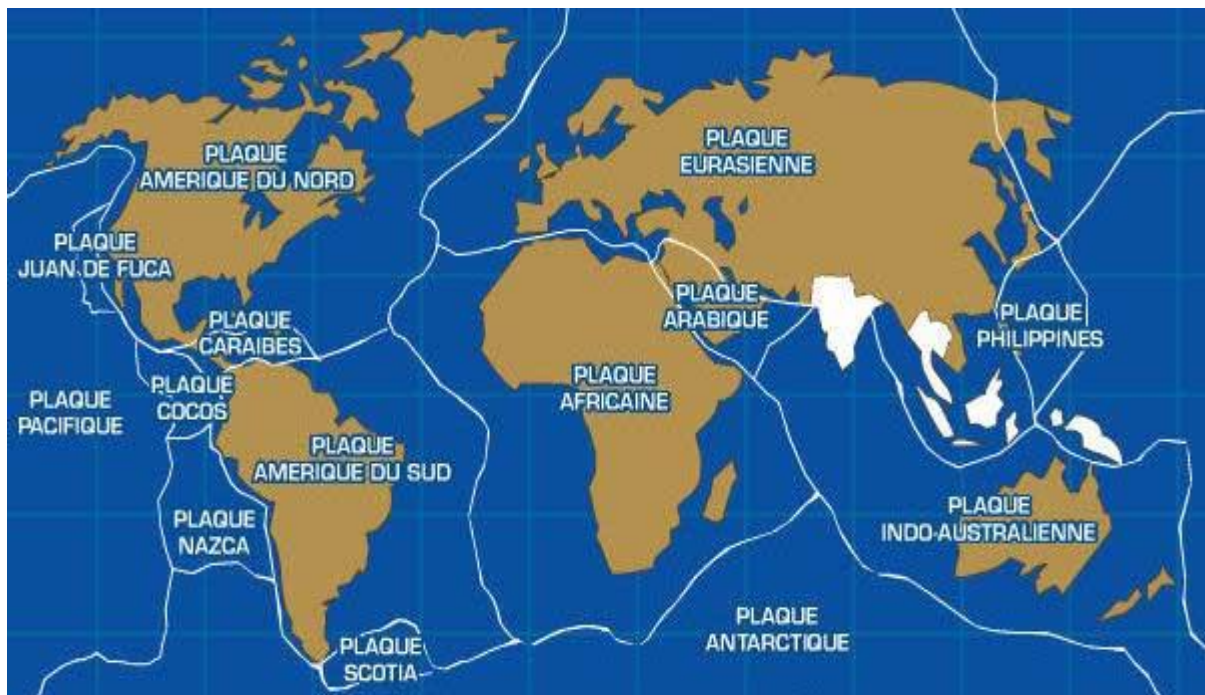
# CHAPITRE I

## GENERALITES

### I.1. Introduction :

La surface de la terre est composée de 12 plaques rigides et solides de 60 à 200 km d'épaisseur, ces plaques flottent au-dessus d'une zone plus fluide, constamment en mouvement, les plaques tectoniques sont un peu souple (Figure I.1). Le mouvement entre eux n'est pas confiné entièrement à leurs propres limites, le mouvement de tremblement de terre se produit loin des frontières de plaques [1].

Ces tremblements de terre sont causés par les contraintes localisées, les variations de température et de la force à l'intérieur des plaques.



**Figure I.1 :** Cartes mondiales des plaques tectoniques [1].

### I.2. Propagation des ondes :

L'énergie libérée lors d'un séisme se dissipe sous forme d'ondes qui se propagent à partir de l'épicentre ; endroit où se produit le séisme, et font le tour du globe tout en s'atténuant progressivement sous l'effet de l'amortissement du sol. En effet, les ondes parcourent ce dernier suivant toutes les directions et engendrent en surface des déplacements plus ou moins importants et un mouvement complexe difficile à prédire dans un site donné [2].

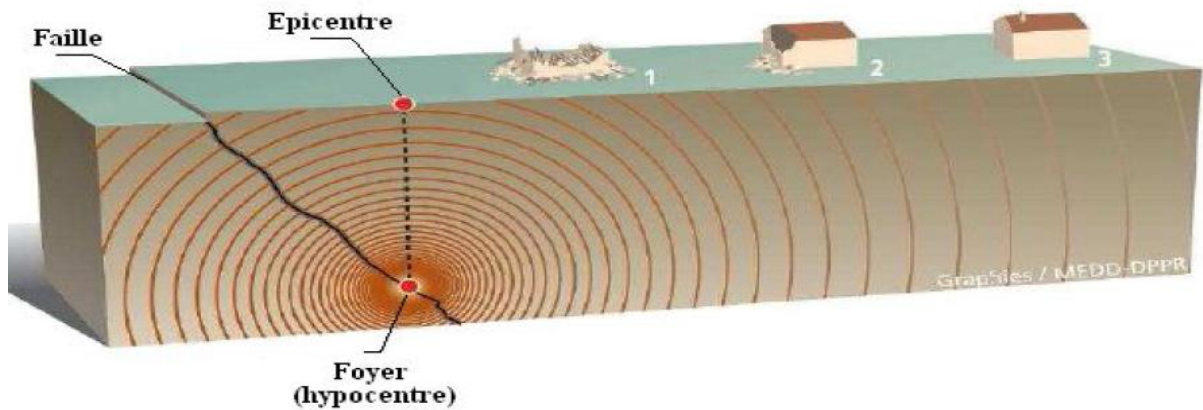


Figure I.2 : Propagation des ondes sismiques [2].

On peut distinguer deux principaux types d'ondes sismiques :

-Les ondes de volume : Ces ondes prennent naissance au niveau du foyer et se propagent sous forme d'ondes longitudinales et transversales.

Les ondes longitudinales (ou ondes P) produisent de légères vibrations et ont une vitesse de propagation supérieure à celle des ondes transversales (ou ondes S). Elles se propagent par compression – dilatation alternées et s'accompagnent d'un changement de volume du milieu dans lequel elles évoluent. Les ondes transversales quant à elles provoquent un cisaillement sans changement de volume et se propagent uniquement dans des milieux pouvant transmettre les efforts de cisaillement.

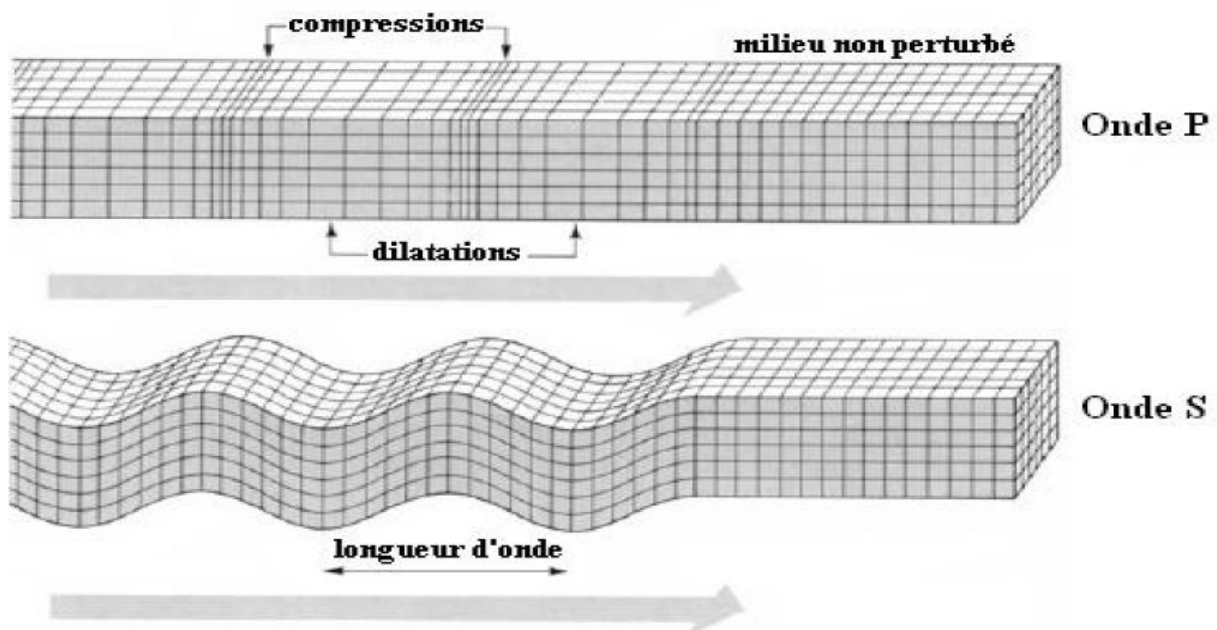


Figure I.3 : Propagation des ondes sismique P et S [2].

-Les ondes de surface : Ces ondes résultent de l'effleurement de la surface du sol par les ondes de volume et se propagent sous formes d'ondes de Rayleigh et de Love.

Les ondes de Rayleigh (ou ondes R) provoquent un mouvement semblable au mouvement de la houle dans le plan vertical de propagation et entraînent des tractions, des compressions, et des cisaillements dans le sol. De leur part, les ondes de Love (ou ondes Q) génèrent uniquement des contraintes de cisaillement et se propagent dans un plan tangent à la surface, perpendiculairement à la direction de propagation [2].

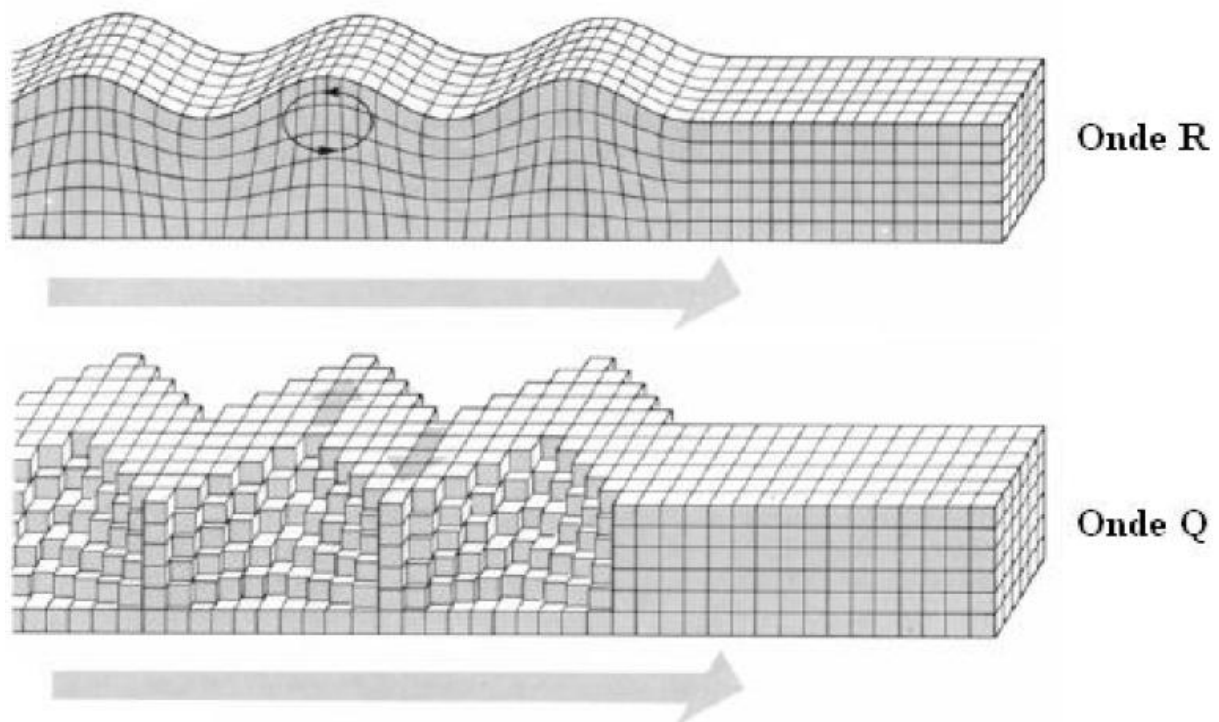


Figure I.4 : Propagation des ondes R et Q [2].

### I.3. Comportement des constructions :

Les connaissances sismiques et géotechniques permettent d'identifier les types de constructions à éviter ou à renforcer en fonction du site. Les secousses d'un même séisme peuvent être très différentes d'un site à l'autre : plus ou moins fortes, plus ou moins longues, mais aussi avoir des caractéristiques fréquentielles très variables.

Chaque construction doit être appropriée aux caractéristiques des secousses et aux déformations des sols possibles sur son site d'implantation. Sa conception doit permettre d'éviter les déformations trop irrégulières ou excessives et sa réalisation doit permettre un endommagement qui ne porte pas atteinte à sa stabilité.

La société s'attache à établir des règles de construction et des plans d'urbanisme efficaces à partir de ces connaissances. La réglementation vise un arbitrage économiquement raisonnable à partir des connaissances scientifiques et techniques. « Trop » se protéger est inutile et coûte cher. Trop peu se protéger coûte des vies humaines et des pertes économiques inacceptables [3].

#### **I.4. Le matériau acier :**

L'acier est réglementairement défini par ses nuances (critères de rigidité et résistance). Sa production industrielle se fait selon des procédures en général bien contrôlées (Normalisation des nuances et fabrication des profilés fiable et respectée dans la plupart des pays).

Comportement de l'acier sous séisme :

- Très bon comportement sous séisme dû à ses qualités:
  - ✓ Très bonne résistance en traction et en compression.
  - ✓ Bonne résistance au cisaillement.
  - ✓ Rapport résistance/masse volumique élevé.
  - ✓ Résilience élevée (absorption d'énergie cinétique, bon comportement sous sollicitations alternées).
  - ✓ Ductilité élevée (sauf certains aciers spéciaux et types de section à éviter).
- Ces qualités doivent être conservées par :
  - ✓ Le choix de la structure.
  - ✓ le choix et la mise en œuvre des éléments et de leurs assemblages.
  - ✓ la prévention de la corrosion [3].

#### **I.5. Comportement des structures lors d'un séisme :**

Le comportement des structures lors d'un séisme est un problème qui reflète de la dynamique. Contrairement au vent qui génère des forces de pression qui s'appliquent de manière directe sur l'ouvrage, les mouvements sismiques eux produisent des forces inertielles internes causées par la vibration des masses des différents éléments qui constituent la structure. L'expérience montre que chaque structure a son propre comportement et pour cause celui-ci dépend de plusieurs paramètres tels que la hauteur, la forme géométrique, la nature du

site, l'emplacement géographique, mais aussi de paramètres dynamiques tels que la rigidité, période de vibration, la masse totale ainsi que l'amortissement.

Dans l'intention d'améliorer le comportement des structures dans les zones sismiques, il est nécessaire de prévoir des éléments de contreventement qui ont pour rôles de s'opposer aux actions horizontales générées par le mouvement du sol, et d'assurer la stabilité latérale des constructions. Le type de contreventement à mettre en place doit ainsi être choisi de manière judicieuse, et disposé suivant les directions principales [4].

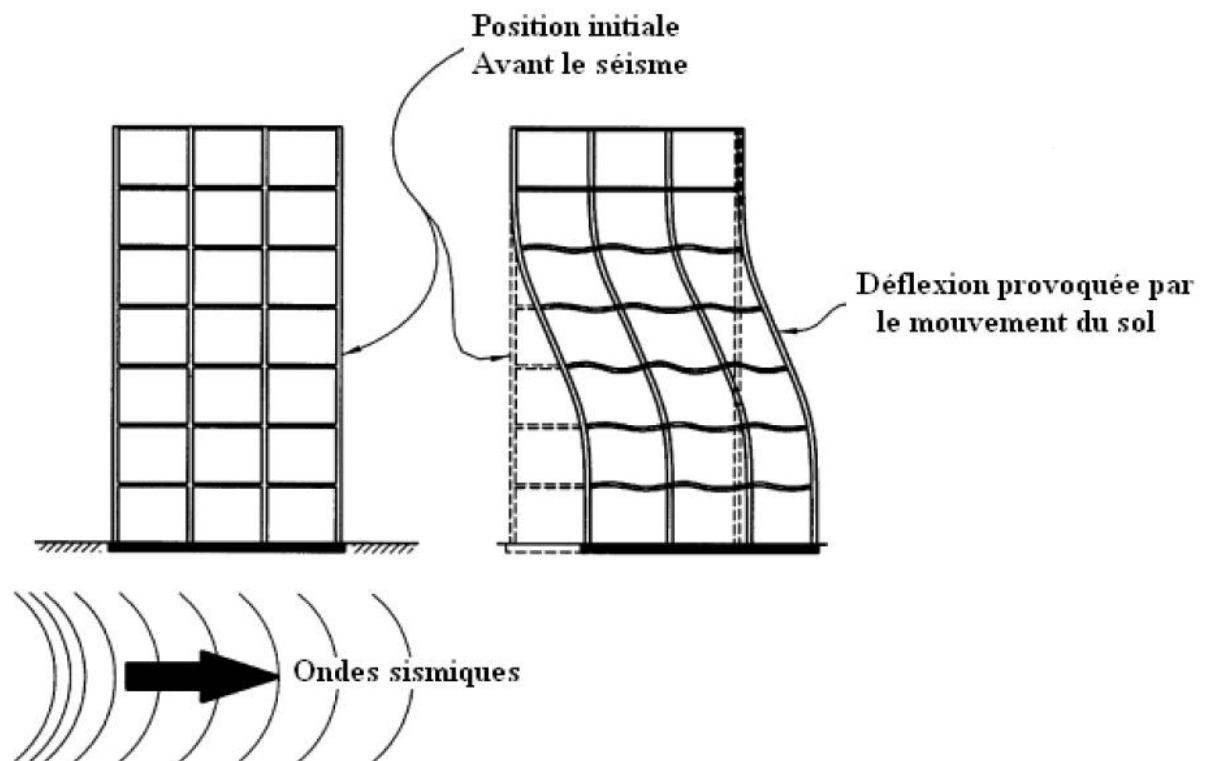


Figure I.5 : Comportement des structures lors d'un séisme [5].

### I.6. Définitions du contreventement :

Les contreventements sont des éléments stabilisateurs ayant pour principal rôle d'assurer la stabilité des structures non auto stables vis-à-vis des actions horizontales provoquées par les tremblements de terre, le vent et les chocs.

Dans les structures métalliques, la plupart des contreventements sont réalisés par des barres de triangulation disposées entre les éléments porteurs (poteaux, traverses, pannes...) de façon à constituer des poutres à treillis pouvant s'opposer aux forces horizontales situées dans leur plan et agissant de préférence aux nœuds [6].



### **I.7. Structures contreventées :**

Dans la progression des conceptions, les ingénieurs fournissent plus d'effort pour trouver des systèmes plus performants et répondant à un souci économique de plus en plus exigeant.

La stabilité latérale de ces constructions constitue le problème primordial. On l'a constaté lors des différents tremblements de terre enregistrés.

Pour ce type de construction, cette stabilité est assurée par les différents systèmes de contreventement en amélioration perpétuelle. Parmi les structures dissipatives résistantes aux séismes, il existe essentiellement trois systèmes structuraux.

- Les structures en portique auto stable : Pour ce type de structure, la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par la flexion des poteaux et des poutres. Le principal inconvénient de ces structures très dissipatives est le comportement flexible pouvant favoriser leur mise en résonance avec le sol.
- Les structures à palées triangulées centrées : Ce sont des structures pour lesquelles l'intersection des barres du système de contreventement coïncide avec le milieu des éléments porteurs et ou avec les jonctions poteaux-poutres.

Pour ce genre de structure la stabilité latérale est assurée soit par les diagonales tendues (contreventement en X), soit par la combinaison simultanée des diagonales tendues et comprimées (contreventement en V et K). Ces structures manifestent un meilleur comportement comparativement aux structures contreventées par cadres auto stables.

- Les structures à palées excentrées : Dans ce type de structure, l'intersection des barres de contreventement peut se localiser à n'importe quel point de la poutre selon la configuration adoptée. Ces systèmes de contreventement, toujours en cours d'investigation, s'avèrent plus performants que les systèmes de contreventement traditionnels [5].

#### **I.7.1. Structure à cadre ou portique :**

Pour ce type d'ossature, la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par la flexion des poutres. Il convient donc que les zones dissipatives soient principalement situées dans des rotules plastiques formées dans les poutres ou dans les assemblages, de sorte que l'énergie soit dissipée par flexion cyclique. Les zones dissipatives

peuvent aussi être situées à la base de l'ossature et au sommet des poteaux dans le dernier niveau des bâtiments à plusieurs étages [3].

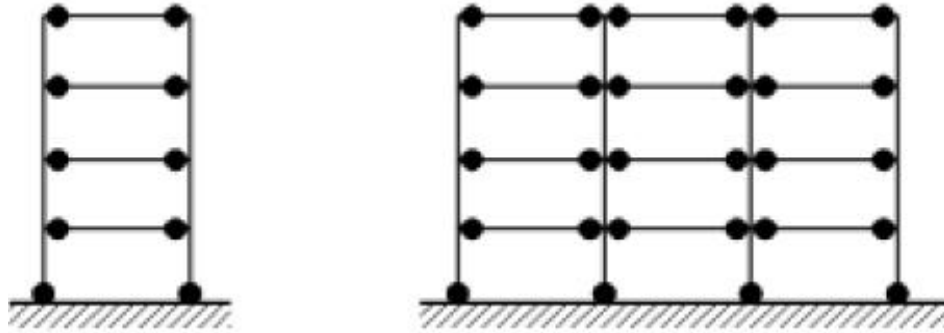


Figure I.6 : structure en cadre ou portique [5].

### I.7.2. Triangulation par diagonales :

Dans le cas de la triangulation par diagonales, la résistance aux forces horizontales est assurée uniquement par les diagonales tendues. Leur résistance en compression est exclue pour éviter les poussées dans les nœuds d'ossature.

Les barres de contreventement ont soit des sections réduites, soit des goussets d'assemblage plastifiable. Elles sont faiblement dissipatives en traction et flambent, rapidement en compression pour protéger les nœuds d'ossature [7].

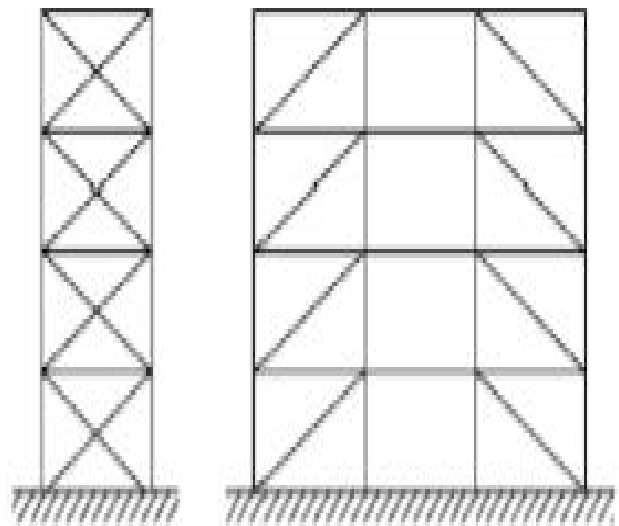
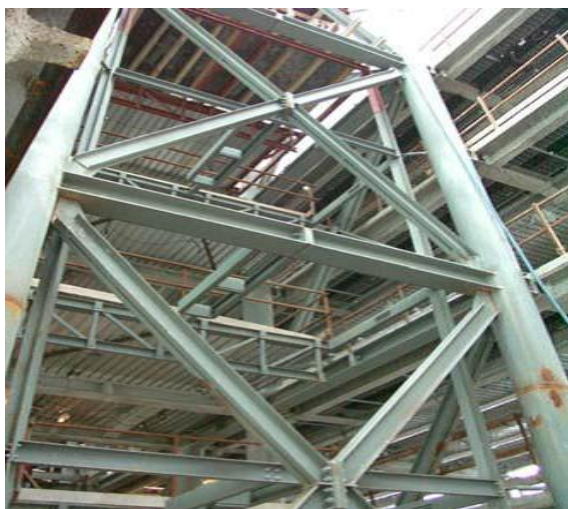
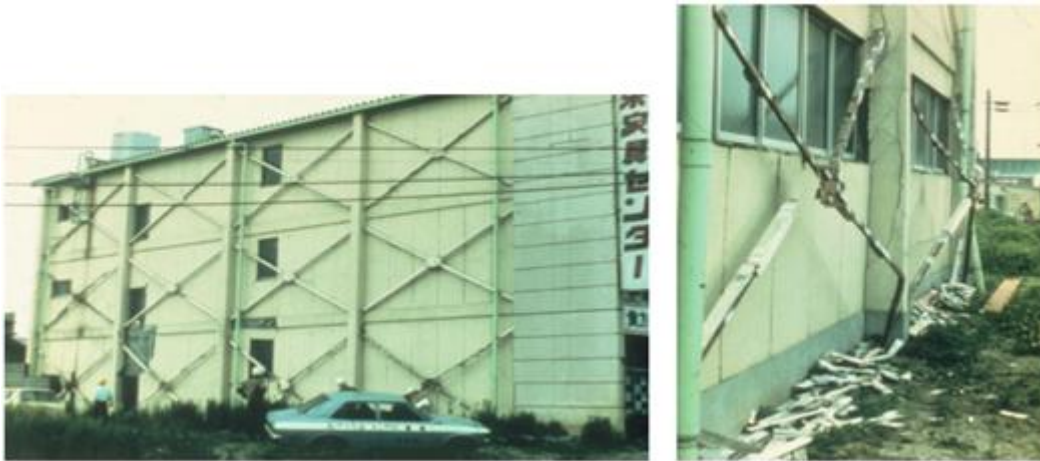


Figure I.7 : Contreventement en diagonales [7].



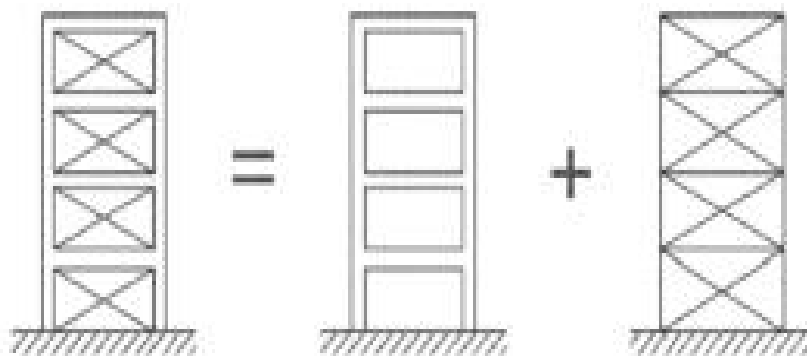
**Figure I.8 :** Rupture et flambement des diagonales de contreventement [7].

### I.7.3. Ossatures en portique, combinées avec des entretoises centrées :

Les structures en portique avec triangulation à barres centrées sont des ossatures dans lesquelles la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par des éléments soumis à des efforts normaux.

Une bonne topologie est telle que la stabilité de l'ossature soumise à l'application de forces horizontales d'une direction donnée soit assurée même si on enlève de l'ossature toutes les diagonales comprimées. Une telle topologie est considérée comme dissipative car les barres tendues se plastifient.

Cette solution mixte est généralement utilisée pour limiter les déformations des structures en portiques, pour lesquelles les barres du système de contreventement ont leurs intersections sur les axes des poteaux et des poutres. La dissipation de l'énergie sismique se fait essentiellement par plastification en traction de ces barres [5].



**Figure I.9 :** Contreventement centré.

#### I.7.4. Triangulation en V :

Pour la triangulation en V, dans laquelle la résistance aux forces horizontales peut être assurée par les barres tendues et comprimées; le point d'intersection de ces barres est situé sur la poutre.

Ces assemblages sont généralement articulés, mais les encastremets sont préférables. La résistance à l'action sismique horizontale résulte de l'action conjointe des diagonales tendues et comprimées. Les sections des barres sont donc plus importantes pour les croix de Saint André [5]

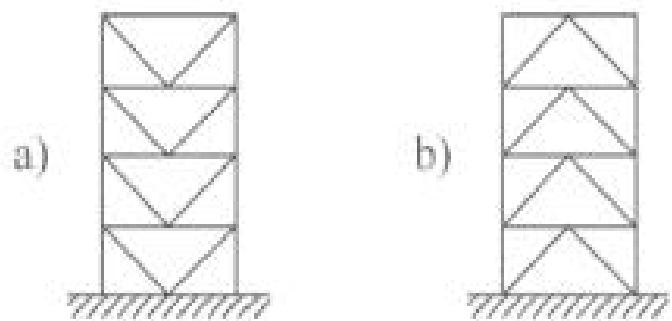


Figure I.10 : Contreventement en V [3].

#### I.7.5. Triangulation en K :

Les triangulations en K, dans lesquels l'intersection des diagonales est située sur un poteau, ne peuvent pas être utilisées en zone sismique, afin de protéger les poteaux du poinçonnement qui peut générer une perte de stabilité de l'ouvrage.

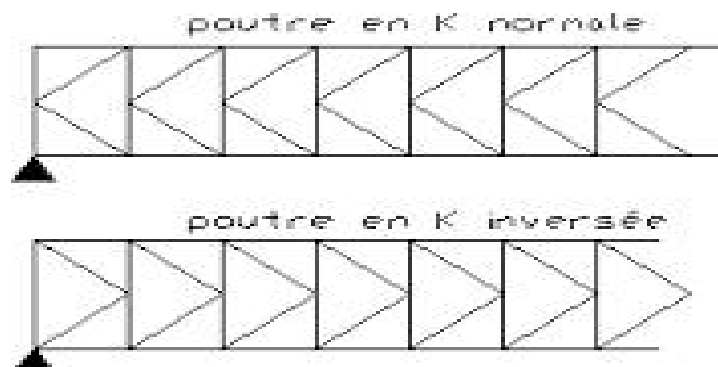


Figure I.11 : Contreventement en K [5].

Les ossatures à triangulation en K comporte un système de contreventement qui ne peut être considéré comme dissipatif parce qu'il exigerait la coopération du poteau au mécanisme plastique, ce mécanisme tend à former une rotule plastique dans le poteau dès que la résistance en compression de la diagonale du contreventement est dépassée [5].

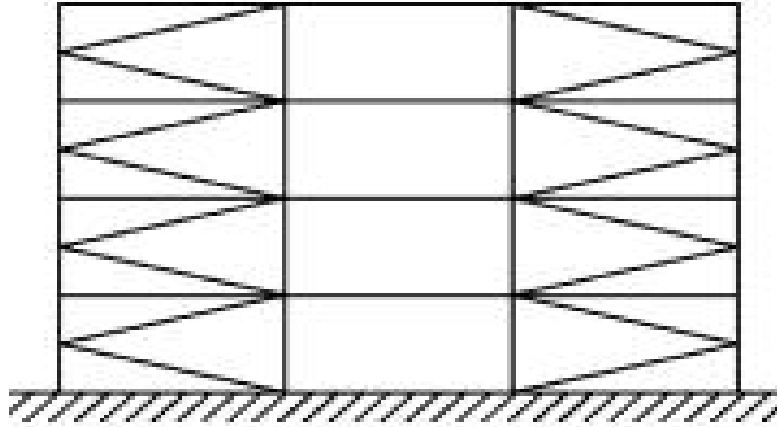


Figure I.12 : Ossature à triangulation en K [3].

#### I.7.6. Les Contreventements excentrés :

L'excentrement des barres de triangulation produit des « tronçons courts » dans les poutres ou, de préférence, dans les barres de contreventement.

Ces tronçons courts s'endommagent prioritairement et ont un rendement énergétique élevé en favorisant des efforts de cisaillement dans la rotule plastique. Il est important que l'emplacement de ces tronçons à endommager soit bien maîtrisé. Le tronçon court doit être raidi par des entretoises entre les semelles du profilé en I ou en H.

Il convient d'utiliser des configurations d'ensemble permettant de garantir un comportement dissipatif homogène de l'ensemble des tronçons courts [5].

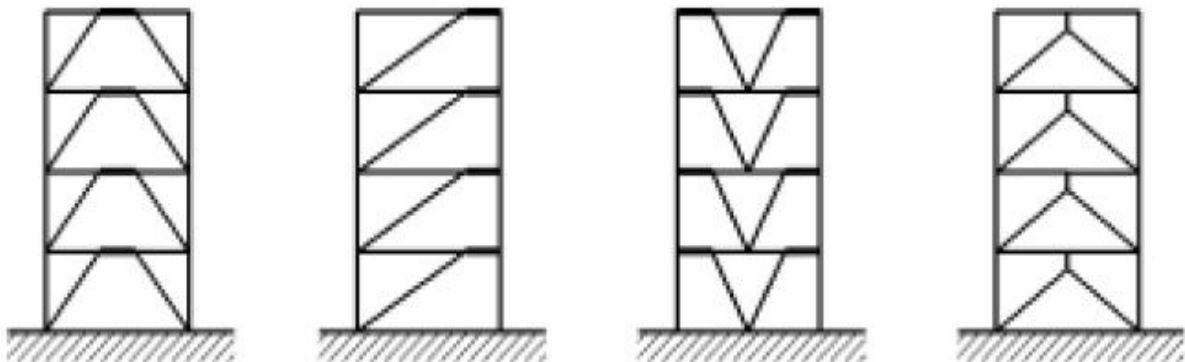




Figure I.13 : Contreventement excentré [3].

Les tronçons courts créés par l'excentrement créent des rotules plastiques qui travaillent en cisaillement (et non en flexion), ce qui leur assure un rendement beaucoup plus élevé. Il est important que l'emplacement de ces rotules soit bien maîtrisé.

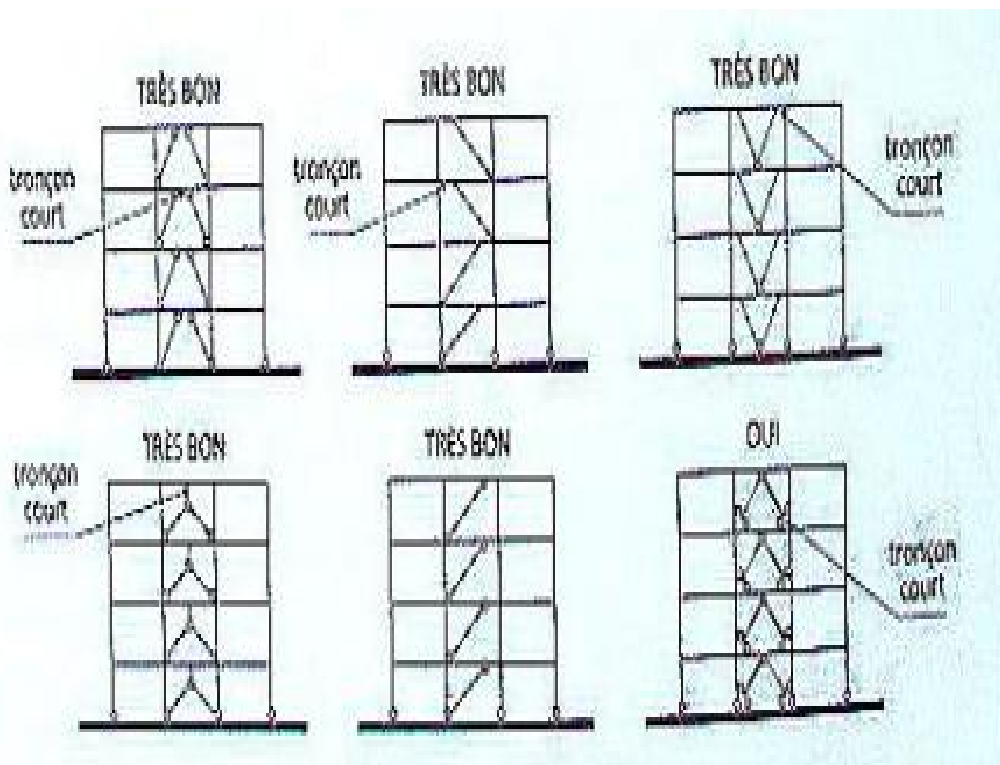


Figure I.14 : Types de contreventements excentrés [3].

**I.8. Conclusion :**

Dans ce premier chapitre, on a exposé le comportement des constructions métalliques sous séisme, également cité les différents types de contreventements, qu'ils soient en triangulation (diagonale, V, K) ou en croix de St André, ainsi que les ossatures en portiques combinés avec des entretoises centrées et excentrées, ce qui permet de mieux cerner le sujet des contreventements. Dans le chapitre suivant, on présente les différents types d'amortisseurs hystérétiques.

## CHAPITRE II

### LES DIFFERENTS TYPES DE DISPOSITIFS DISSIPATIFS

#### II.1.Introduction :

Au part avant, la conception parasismique des structures a été basée sur une combinaison de résistance et de ductilité. Pour des petites fréquences sismiques, on s'attend à ce que la structure reste dans le domaine élastique, avec tous les efforts sous les limites d'élasticité. Aussi, il n'est pas raisonnable de s'attendre à ce qu'une structure classique réponde élastiquement à un séisme très sévère. Bien sûr, la conception utilisée par les ingénieurs en structure est basée sur la flexibilité inhérente à des bâtiments pour empêcher une défaillance catastrophique, tout en acceptant un certain niveau de dommages structuraux et non structuraux. Cette philosophie a été implémentée dans des codes et règlements de conception et dimensionnement. Par conséquent, la structure est conçue pour résister à une charge statique équivalente, fournissant des résultats raisonnablement satisfaisants.

#### II.2. Contrôle passif avec dissipateurs d'énergie :

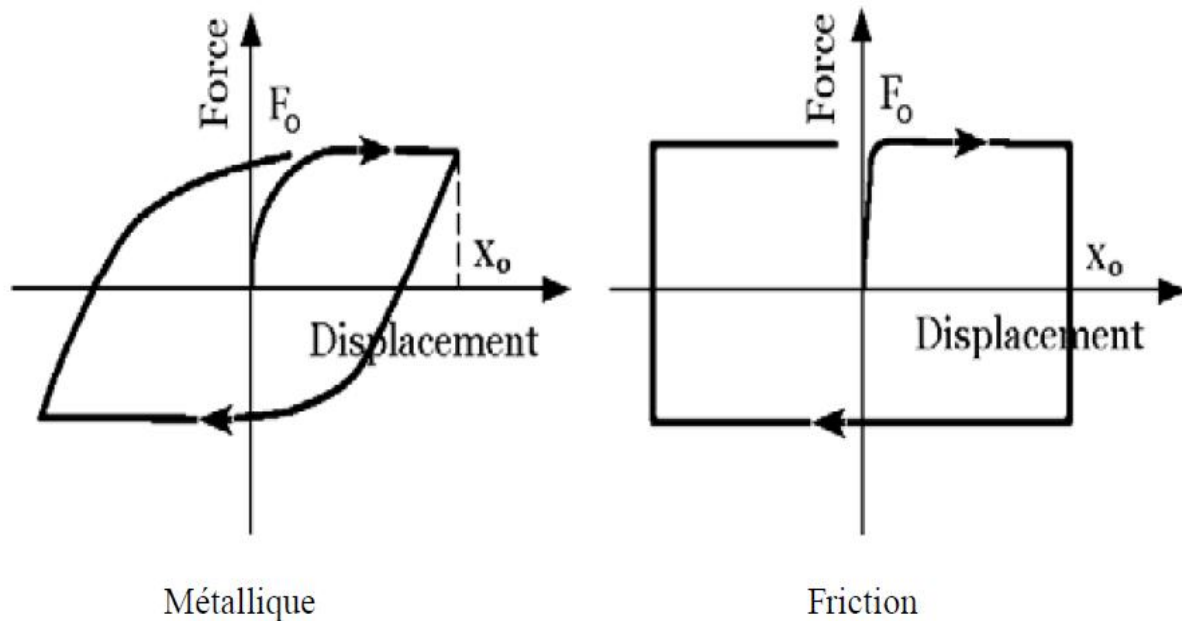
Les dissipateurs d'énergie sont des systèmes conçus pour absorber l'essentiel de l'énergie sismique évitant ainsi la dissipation par des déformations inélastiques dans les éléments de structures. Selon leur comportement, ils peuvent être classés comme hystérétiques, viscoélastiques et à fluide visqueux. Les dissipateurs hystérétiques sont basés sur la plastification de l'acier et le frottement entre les surfaces. Ces dispositifs dépendent essentiellement des déplacements. Les dissipateurs viscoélastiques peuvent être viscoélastiques solides ou fluides et leur comportement dépend du déplacement et de la vitesse. Les dispositifs de dissipations à fluides visqueux ont un comportement qui dépend principalement de la vitesse [8].

#### II.3. Dissipateurs hystérétiques :

Une multitude de dispositifs de dissipation d'énergie hystérétique a été proposée et développée pour améliorer la protection structurelle. La plus part de ces dispositifs hystérétiques absorbent l'énergie par un mécanisme qui est indépendant du taux de fréquence de charge, du nombre de cycles de charge et de la variation de température. En outre, ces dispositifs ont une haute résistance à la fatigue. Les dispositifs hystérétiques incluent les amortisseurs métalliques qui utilisent le rendement des métaux comme mécanisme dissipatif,



et les amortisseurs de frottement qui produisent de la chaleur par le frottement de glissement sec. Ces dispositifs produisent une boucle hystérétique rectangulaire (figure II.1), Les modèles les plus simples du comportement hystérétique impliquent la relation algébrique entre la force et le déplacement. Ainsi, les systèmes hystérétiques sont souvent appelés des dispositifs dépendants du déplacement [8].



**Figure II.1 :** Hystérésis idéalisés de force-déplacement du dispositif hystérétique [8].

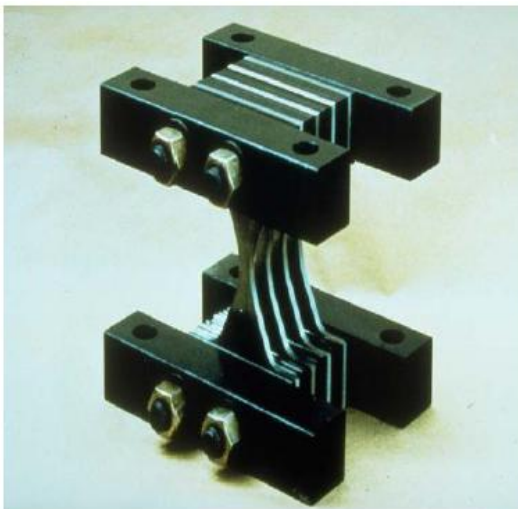
### II.3.1. Les amortisseurs métalliques :

Les amortisseurs métalliques sont des dispositifs qui sont conçus pour fournir la dissipation d'énergie à un système structurel, ces amortisseurs utilisent le comportement hystérétique des métaux dans le domaine non élastique. Les forces de résistance des amortisseurs, par conséquent, dépendent des caractéristiques non linéaires de contrainte-déformation du matériau métallique. Les caractéristiques particulièrement souhaitables de ces systèmes sont leur comportement hystérétique stable, la propriété de fatigue de cycle bas, une fiabilité à long terme, et une bonne résistance aux facteurs environnementaux et de température. En outre ces dispositifs sont relativement peu coûteux et leurs propriétés resteront stables au cours des longues vies de la structure. Les inconvénients de ces dispositifs sont leur nombre limité de cycles de fonctionnement et leur réponse non linéaire [8].

### a. Le dispositif d'amortissement et de rigidité supplémentaire (ADAS) :

Le dispositif d'amortissement et de rigidité supplémentaire (Added Damping and Stiffness (ADAS)) se compose d'une série de plaques d'acier en forme de X (Figure II.2). Les éléments d'ADAS sont conçus pour absorber l'énergie par la déformation plastique de flexion des plaques.

Ces dispositifs montrent un comportement hystérétique stable ; ils sont peut sensibles aux effets thermiques, et extrêmement fiables. La pertinence de tels éléments d'amortissement pour les structures existantes d'adaptation ultérieure aussi bien que les nouvelles constructions est confirmée et préconisée par plusieurs auteurs. Ils peuvent être montés par contreventement diagonal ou en chevron. Ils sont reliés aux poutres de sorte que les déplacements entre étages peuvent provoquer des déplacements horizontaux relatifs, qui mènent à la dissipation d'énergie par la plastification d'un large volume d'acier. Les principales caractéristiques qui affectent le comportement d'un dispositif d'ADAS sont sa rigidité élastique, sa limite d'élasticité, et son déplacement plastique. Les ADAS sont faciles à construire et relativement peu coûteux [9].



**Figure II.2 :** Amortisseur ADAS [9] [10].

### b. Amortisseur de plaques triangulaire (TADAS) :

Le deuxième type des amortisseurs de plaques métalliques qui sont couramment employés est l'amortisseur de plaques triangulaires (Triangular-plate Added Damping And Stiffness (TADAS)) qui à été initialement développé en Nouvelle-Zélande. Le dissipateur TADAS constitué de plaques triangulaires d'acier disposées en parallèle. Ces plaques sont soudées en bas et boulonnées en haut comme le montre la figure II.3. En raison de leurs

formes, les plaques en métal dans ces dispositifs éprouvent des contraintes de flexion uniformes sur leur longueur. Pendant des déformations cycliques, les plaques sont soumises au mécanisme par hystérésis et la plastification de ces plaques consomme une partie substantielle de l'énergie de vibration structurale. D'ailleurs, la rigidité additionnelle présentée par les éléments métalliques augmente la force latérale du bâtiment, avec la réduction conséquente des déformations et des dommages dans les éléments de la structure [11] [12].



**Figure II.3 :** Amortisseur TADAS [8].

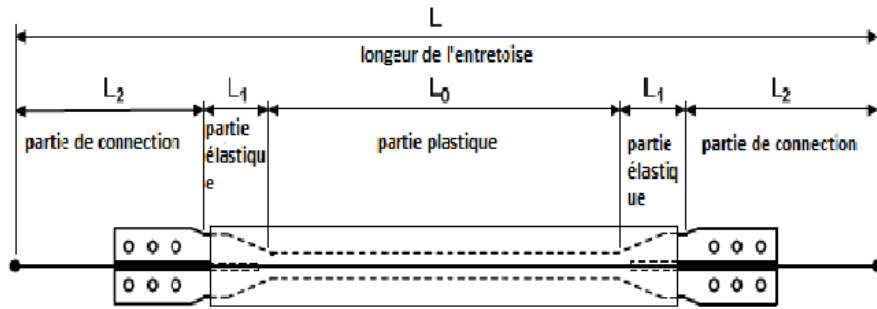
### c. Entretoise à flambement empêché (buckling restrained brace - BRB) :

L'amortisseur BRB (buckling restrained brace / entretoise à flambement empêché) se compose d'un noyau d'acier ductile, un mécanisme de dispositif de flambage et un mécanisme de décollement. Ils sont uniques en raison de la configuration des éléments de bretelles.

Elles se composent de deux grands composants: l'âme en acier qui résiste à des contraintes axiales et le boîtier en acier rempli de béton à l'extérieure qui résiste au flambage.

Un revêtement spéciale est appliqué sur l'entretoise pour l'empêcher de coller au béton.

Il est supposé que seule l'âme en acier est censée fournir la rigidité axiale du BRB. Comme le montre la figure II.4, l'âme en acier se compose de trois parties: une partie en matière plastique, la partie élastique, et la partie de connexion [14] [13].



**Figure II.4 :** Entretoise à flambement empêché (BRB) [10].

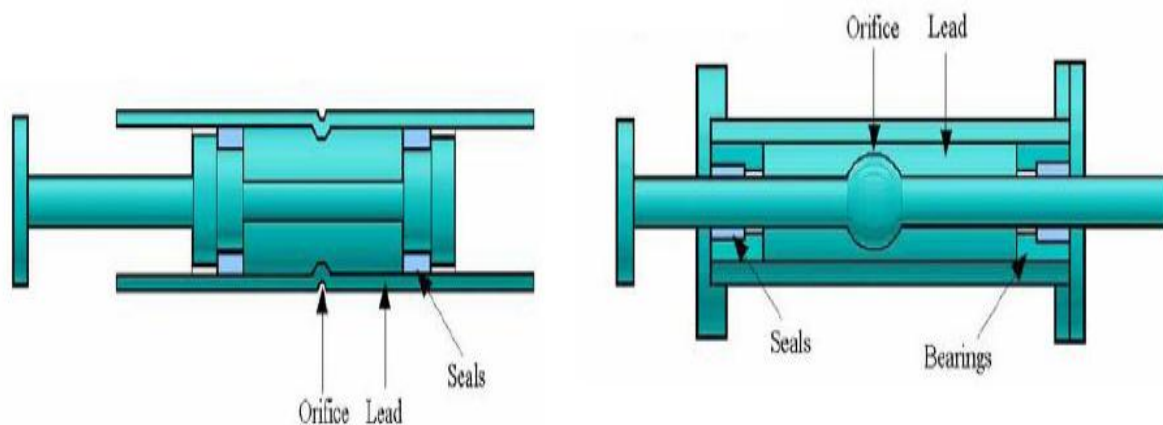
#### d. Dispositifs d'extrusion de plomb (LED) :

L'extrusion du plomb a été identifiée comme un mécanisme efficace pour la dissipation d'énergie dans les années 70. L'amortisseur d'extraction de plomb (Lead Extrusion Devices (LED)) représente une autre classe des amortisseurs, qui utilise les propriétés de dissipation hystérétique du métal. Le processus d'extrusion consiste à forcer un piston de plomb à travers un trou ou un orifice, changeant ainsi sa forme. Les LED ont été appliquées à un certain nombre de structures. Plusieurs ponts sismiquement isolés en Nouvelle Zélande utilisent également LED. Au Japon, les LED ont été incorporées dans des bâtiments en acier de 17 et 8 étages. La figure II.4 illustre deux types d'amortisseurs d'extrusion de plomb présentés par Robinson.

Le premier dispositif est constitué d'un tube à parois épaisses et d'un axe coaxial avec un piston. Il y a une constriction dans le tube entre les têtes de piston et l'espace entre les têtes de piston est rempli avec du plomb. L'axe central s'étend au-delà d'une extrémité du tube. Quand l'excitation externe s'est produite, le piston se déplace le long du tube et le plomb est forcé pour expulser dans les deux sens par l'orifice formé par la constriction du tube.

Le deuxième type de LED est similaire au premier, sauf que l'orifice d'extrusion est constitué par un gonflement sur l'axe central plutôt que par une constriction dans le tube. L'axe (la tige) est soutenu par un appui qui sert également à maintenir le plomb en place; Pendant que l'axe se déplace, le plomb doit expulser à travers l'orifice formé par le gonflement et le tube. Semblable à la plupart des dispositifs de frottement, le comportement hystérétique de LED est rectangulaire.

Les caractéristiques principales de ces dispositifs sont leur comportement hystérétique rectangulaire, leur relation effort-déformation stable et qui n'est pas affectée par le nombre de cycles de chargement; il n'est influencé par aucun facteur environnemental ; la fatigue n'est pas un problème majeur, la vitesse de déformation a un effet mineur et les effets de vieillissement sont insignifiants. Ils ont une longue vie et ne doivent pas être remplacés ou réparés après une excitation sismique puisque le plomb dans l'amortisseur revient à son état non déformé après l'excitation [8].



**Figure II.5 :** Deux exemples des Dispositifs d'extrusion de plomb [8].

### II.3.2. Les amortisseurs à friction :

Différents dispositifs de friction ont été proposés et développés pour la dissipation d'énergie dans les structures. La plupart de ces dispositifs produisent des boucles d'hystérésis rectangulaires. Le comportement des amortisseurs de frottement est semblable à celui du frottement de Coulomb. Généralement, ces dispositifs ont des caractéristiques de bon fonctionnement, et leur comportement est relativement moins affecté par la fréquence de charge, le nombre de cycles de charge, ou la variation de la température. En outre, ces dispositifs ont de haute résistance à la fatigue. Les dispositifs diffèrent dans leur complexité mécanique et dans les matières employées pour les surfaces de glissement. Plusieurs types d'amortisseur de friction sont disponibles [8].

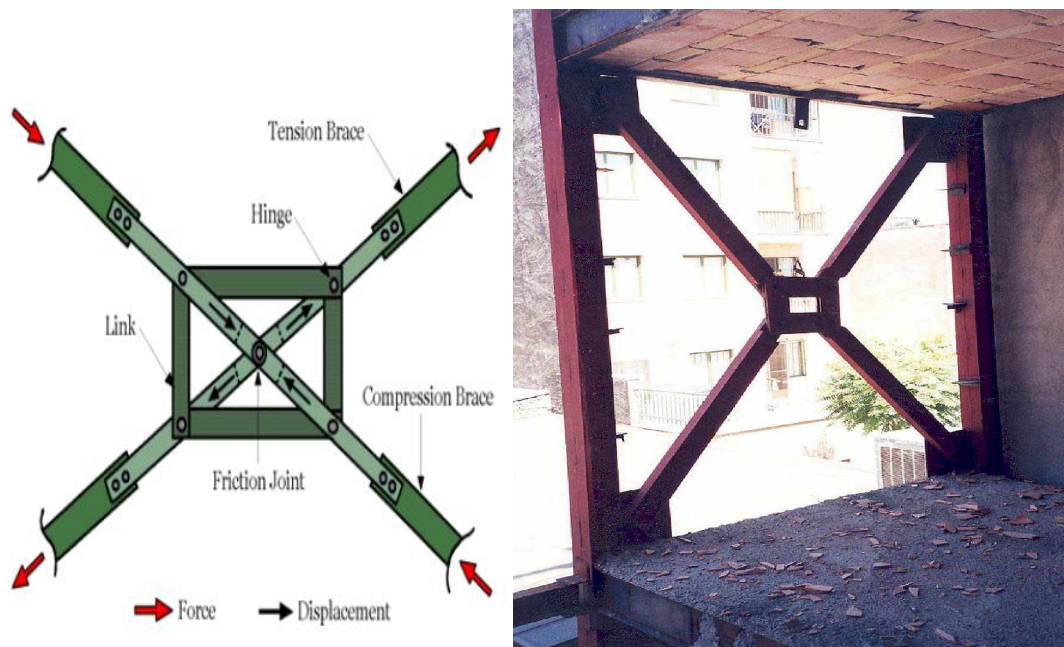


### a. L'amortisseur PALL :

Un autre exemple d'amortisseur qui emploie également le frottement pour absorber l'énergie lors d'un événement séismique est le dispositif de frottement proposé par Pall et Marsh (1982) et Pall et al. (1987). C'est un dispositif qui peut être situé à l'intersection des contreventements en croix dans le cadre comme le montre la figure II.6.

Une fois la charge séismique est appliquée, le croisillon de tension induit un glissement au niveau du frottement. Par conséquent, les quatre liens forcent le croisillon de compression à glisser. De cette manière, l'énergie est absorbée dans les deux croisillons quoiqu'ils soient conçus pour être efficaces dans la traction seulement. Le dispositif est conçu pour empêcher le glissement sous les charges de service normales.

Filiatrault et Cherry (1987) et d'Aiken et al. (1988) montrent l'efficacité de ces dispositifs en prouvant une augmentation importante de la capacité de dissipation d'énergie et en réduisant le déplacement inter-étage par rapport aux cadres de résistance de moment sans de tels dispositifs. Filiatrault et Cherry (1990) ont développé une méthode de conception pour estimer la répartition des charges optimales de glissement pour les amortisseurs de frottement de Pall. Le critère de conception est de réduire au minimum un index relatif d'exécution dérivé utilisant des concepts d'énergie. Le dispositif a été utilisé dans plusieurs bâtiments au Canada, l'Inde, les Etats-Unis et la Chine [16].



**Figure II.6 :** L'amortisseur Pall [17].

**b. Amortisseur boulonné encoché :**

Fitzgerald (1989) sont ceux qui ont proposés un dispositif de frottement qui permet au glissement d'avoir lieu dans les raccords boulonnés encochés (figure II.7).

L'amortisseur boulonné encoché se compose de plaques d'acier qui sont boulonnées ensemble avec une force de fixation spécifique. La force de fixation est telle que le glissement peut se produire à une force de frottement prédéterminée. L'interface glissante se compose seulement de l'acier. Une amélioration a été présentée par Grigorian et Popov (1993) qui ont examiné un raccordement boulonné encoché semblable à celui de Fitzgerald, excepté que l'interface de glissement s'est composée du laiton et de l'acier, une telle interface a présentée une caractéristique de friction plus stable que l'interface en acier. Des essais de simulateur de tremblement de terre d'un modèle à trois étages d'acier avec le raccordement encoché ont été effectués par Grigorian et Popov (1993) qui ont montré l'efficacité du dispositif en réduisant la réponse dynamique [18].

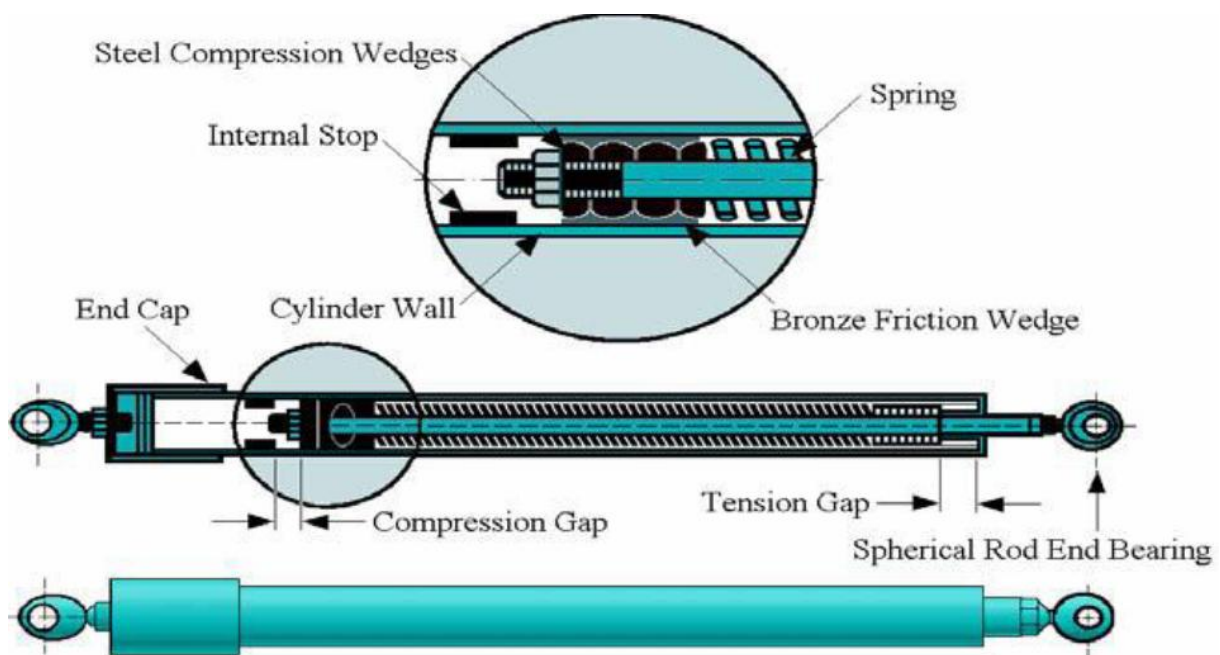


**Figure II.7 :** Amortisseur boulonné encoché [18] [10].

**c. La contrainte de dissipation d'énergie (EDR) :**

Fluor Daniel est celui qui a développé et testé un type unique de dispositif de frottement, appelé la contrainte de dissipation d'énergie (Energy Dissipating Restraint (EDR)). L'EDR est caractérisé par des possibilités d'auto-centrage et la charge de glissement est proportionnelle au déplacement. Ainsi c'est le seul dispositif de friction qui produit des boucles d'hystérésis non-rectangulaires et il est activé même par de petites excitations.

Ce mécanisme inclut également un ressort interne et des cales encastrées dans un cylindre en acier (figure II.8). L'EDR utilise des cales de compression en acier et des cales de frottement en bronze afin de transformer la force axiale de ressort en pression normale agissant vers l'extérieur sur la paroi de cylindre. La surface de frottement est formée par l'interface entre les bords en bronze et le cylindre en acier, La composition de l'interface est d'importance primordiale pour assurer la longévité du dispositif. Des arrêts internes sont assurés dans le cylindre afin de créer les lacunes de tension et de compression. Il convient de mentionner que la longueur du ressort interne peut être changée lors du fonctionnement, offrant une force de frottement à glissement variable [8].



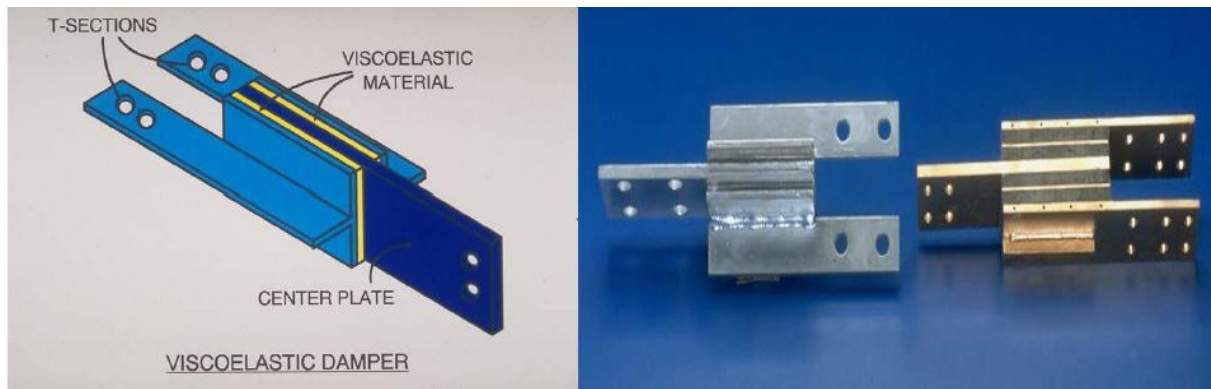
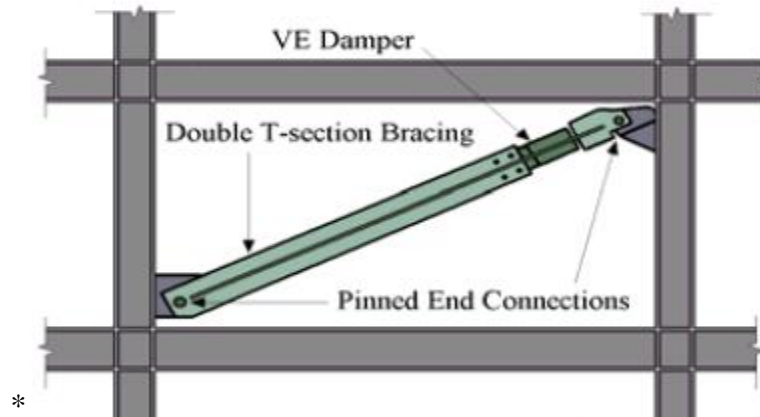
**Figure II.8 :** Vues extérieure et intérieure de la contrainte de dissipation d'énergie [8].

#### d. Amortisseur visqueux élastique solide :

Les dispositifs viscoélastiques solides se composent de couches contraintes de polymères acryliques et ils sont conçus tels qu'ils produisent des forces d'amortissement par des déformations de cisaillement dans les polymères. Les matières viscoélastiques employées dans l'application structurale absorbent l'énergie une fois soumises à la déformation de cisaillement. La figure II.9, montre un dispositif viscoélastique solide typique qui se compose de deux couches de polymère serrées entre une plaque centrale et deux plaques externes. Une fois montée dans une structure, la déformation de cisaillement et par conséquent la dissipation d'énergie aura lieu quand la vibration structurale induit un mouvement relatif entre les brides en acier externes et la plaque centrale. Ces dispositifs montrent un comportement



viscoélastique solide avec des propriétés mécaniques dépendantes de la fréquence, de la température et de l'amplitude du mouvement. En particulier, la dépendance de la température de ces dispositifs est une considération importante de conception et doit être explicitement modélisée pour l'analyse dynamique des structures amortie visco-élastiquement, En raison de cette dépendance de la température, ces dispositifs ne peuvent pas être utiles dans les structures où le climat n'est pas contrôlé continuellement [8].



**Figure II.9 :** Amortisseur visqueux élastique solide [8].

#### II.4.Conclusion :

Dans le second chapitre, on a évoqué le contrôle passif avec dissipateurs d'énergie, définir les Dissipateurs hystérétiques, les amortisseurs métalliques et les amortisseurs à friction, également cité et donner une description des différents dispositifs d'amortissement, qu'ils soient ADAS , TADAS, BRB, LED , PALL, FRICTION, EDR ainsi que l'amortisseur visqueux élastique solide, ce qui permet de mieux expliquer le comportement des amortisseurs. Dans le chapitre suivant, on présente l'ouvrage étudié qui est sujet à l'analyse de son comportement avec amortisseurs.

## CHAPITRE III

### PRESENTATION DE L'OUVRAGE

#### III.1. Introduction :

Le projet a été étudié par Boukhari et dans le cadre d'un projet de fin d'étude master 2, est un bâtiment R+12 en ossature métallique et avec des planchers mixtes, le bâtiment est en zone sismique IIb.

Il s'agit d'une résidence d'un hôtel à Sidi Lakhdar wilaya de Mostaganem. La surface du plancher bâti est de **543.204 m<sup>2</sup>** [19].

#### III.2. Les données géométriques :

Le présent ouvrage a une forme rectangulaire caractérisée par les dimensions suivantes :

- Longueur totale : 23,70m
- Largeur totale : 22,92m
- Hauteur de RDC et étage :  $H_{rdc} = 3,40m$
- Hauteur 3<sup>ème</sup> étage :  $H = 4,42m$

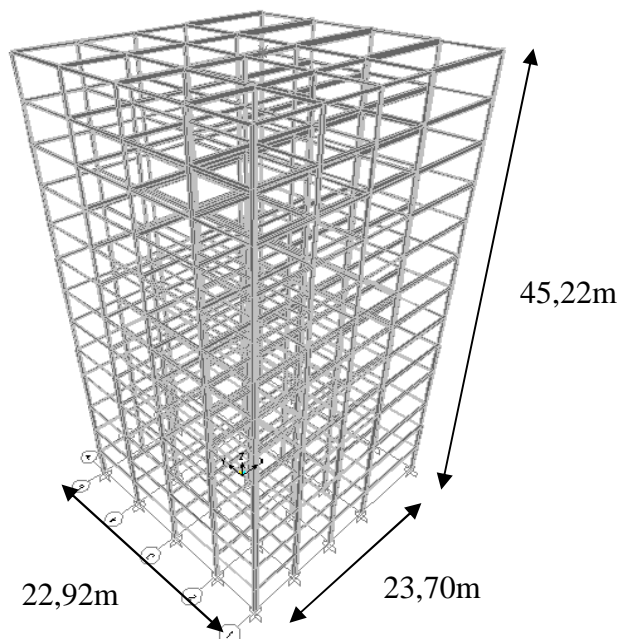


Figure III.1 : Présentation 3D de la structure [19].

### III.3. Règlements utilisés :

Pour justifier la sécurité de la structure du bâtiment, les règlements utilisés sont :

1. Règlement Neige et Vent « RNV A99 ».
2. « DTR B.C2.2 » charge permanentes et charge d'exploitation.
3. Règlement CCM 97 « calcul des structures en acier ».

### III.4. Mode de construction :

Une bonne connaissance des matériaux utilisés en construction métallique est indispensable pour la réalisation d'une structure, dans le cadre de ce projet on a opté pour les matériaux suivants :

#### III.4.1. Acier de construction pour les éléments de structure :

Pour la réalisation de notre structure on a utilisé des aciers de construction laminés à chaud.

La nuance d'acier utilisée est de Fe360. Il utilisée pour toute structure de bâtiment :

Résistance limite d'élasticité	$f_y = 235\text{MPa}$
Module d'élasticité longitudinal	$E = 2.1 \times 10^4 \text{ daN/mm}^2$
Poids volumique	$\rho = 7850 \text{ daN/mm}^2$
Coefficient de dilatation thermique	$\alpha = 12 \times 10^{-6}$
Module de cisaillement	$G = E / (2(1+\nu)) = 0.8 \times 10^4 \text{ daN/mm}^2$
Coefficient de poisson	$\nu = 0.3$

**Tableau III.1 :** Caractéristiques mécaniques de l'acier [19].

#### III.4.2. Le béton :

La composition d'un mètre cube du béton est la suivante :

- 350 kg de ciment CPA325.

- 400 L de sable  $C_g \leq 5\text{mm}$ .
- 800 L de gravillons  $C_g \leq 25\text{ mm}$ .
- 175 L d'eau de gâchage.

Résistance à la compression	$f_{c28} = 25\text{ Mpa}$
Module d'élasticité longitudinal	$E = 32 \times 10^6\text{ KN/m}^2$
Poids volumique	$\rho = 25\text{ KN/m}^2$
Coefficient de poisson	$\nu = 0.2$

**Tableau III.2 :** Caractéristiques mécaniques du béton [19].

### III.5. Pré-dimensionnement :

#### III.5.1. Charge permanentes et Charge d'exploitations :

Les charges et les surcharges appliquées sur la structure sont données conformément aux règles DTR BC 2.2 (charges permanentes et charge d'exploitation) comme suit [19]:

##### Plancher terrasse inaccessible :

Charges permanentes  $G = 6.887\text{ KN/m}^2$

Charges d'exploitations  $Q = 1.00\text{ KN/m}^2$

##### Plancher étage courant :

Charges permanentes  $G = 5.847\text{ KN/m}^2$

Charges d'exploitations  $Q = 2.5\text{ KN/m}^2$

#### III.5.2. Les planchers :

Le plancher sera mixte collaborant en béton armé de (8cm) d'épaisseur et repose sur un coffrage perdu (TN40) contient des connecteurs (goujons) qui assurent la liaison d'ensemble du plancher et le non glissement de la dalle pleine en fin un matelas des solives qui supportes le plancher et ses composantes.

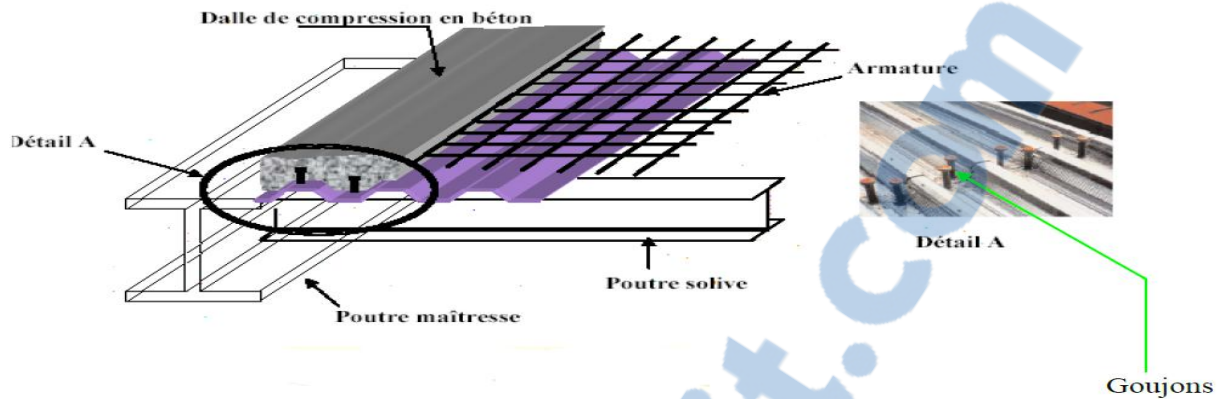


Figure III.2 : Plancher collaborant en béton armé [19].

### III.5.3. Charge climatiques :

#### III.5.3.1. Effet du vent :

Cette partie a pour but de déterminer les différentes sollicitations climatiques produites par les charges du vent et de la neige, agissant sur l'ensemble de l'ouvrage et sur ses différentes parties, cette étude sera réalisée conformément au règlement neige et vent (RNV99).

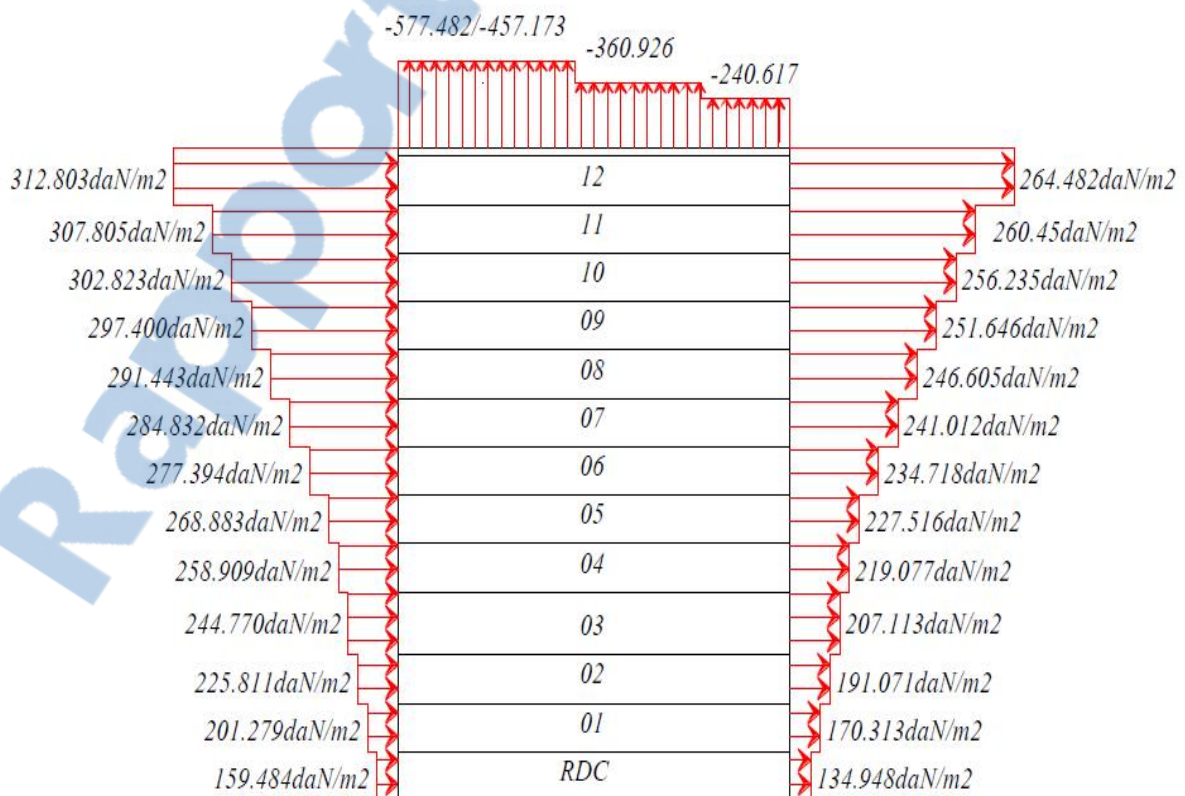


Figure III.3 : Représentation des résultats de la pression du vent [19].

### III.5.3.2. Effet de la neige :

Le règlement RNV 99 s'applique à l'ensemble des constructions en Algérie situées à une altitude inférieure à 2000 mètres.

Notre structure se trouve à une altitude environ de 400m.

La charge de la neige S qui a été adopter et de :

$$S = 12 \text{ daN/m}^2 \quad [19]$$

### III.6. Dimensionnement des éléments :

Le dimensionnement des éléments principaux et secondaires a été fait suivant règle du CCM 97.

Les résultats obtenus sont récapitulés dans les tableaux suivant :

Elément	Profilé	P Kg/m	A cm <sup>2</sup>	h mm	b mm
Solive (4.90)	IPE200	22,4	28,5	200	100
Solive (6.00)	IPE240	30,7	39,1	240	120
p.p.rive(8.70)	IPE400	66,3	84,5	400	180
p.p.rive(5.00)	IPE240	30,7	39,1	240	120
p.p.int (8.70)	IPE500	90,7	116	500	200
p.p.int (5.00)	IPE330	49,1	62,6	330	160

**Tableau III.3 :** Dimensions des profilés « poutres et solives » utilisés et leur caractéristique [19].

Les types de poteaux	1 et RDC	2÷4	5÷7	8÷12
	HE 320 M	HE 300 M	HE 240M	HE 200 M

**Tableau III.4 :** Dimension des poteaux [19].

### III.7. Systèmes de contreventements :

Dans le cadre de cette étude on a utilisé une cornière en L 120 x 120 x13

Profilé	G (kg/m)	h = b (mm)	t (mm)	r <sub>1</sub> (mm)	r <sub>2</sub> (mm)	A (mm.10 <sup>2</sup> )
L 120 x 120 x 13	23,3	120	13	13	6,5	29,7

**Tableau III.5 :** Dimensions des contreventements [19].

### III.8. Etude sismique :

Le calcul des forces sismiques se fait en trois méthodes :

- Méthode statique équivalente.
- Méthode d'analyse modale spectrale.
- Méthode d'analyse dynamique par accélérogramme.

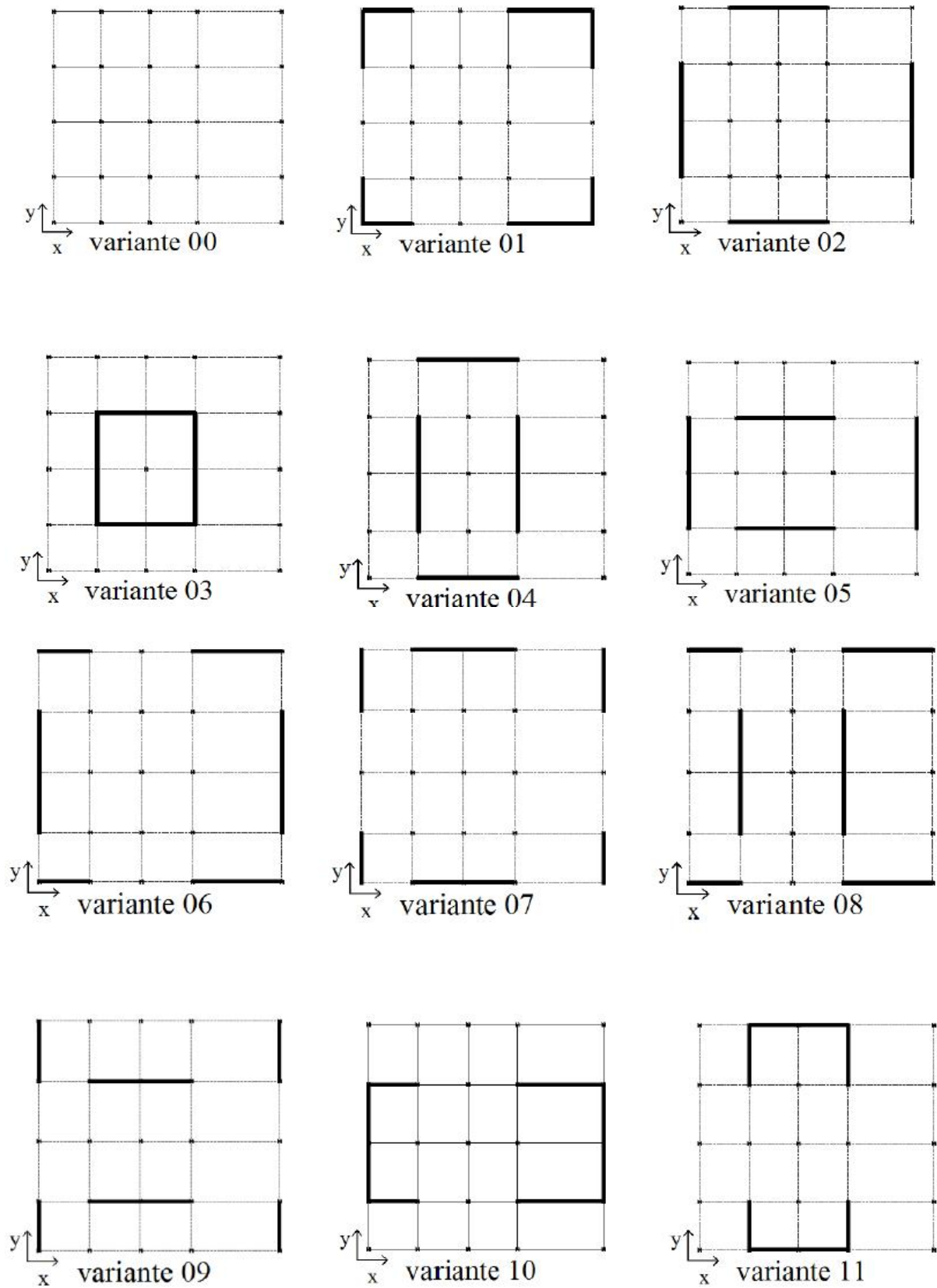
Dans notre cas, on a utilisé la méthode d'analyse modale spectrale.

#### III.8.1. Différentes dispositions des contreventements:

Il a été montré que la meilleur variante été la n°10 en terme de période et de participation modal, elle a été comparé avec la structure contreventée et non contreventée comme il et monter dans le tableau III.6.

Structure non contreventée		Structure contreventée	
Période (s)	P.M (%)	Période (s)	P.M (%)
T <sub>1</sub> = 7.47	76.36	T <sub>1</sub> = 2.47	73.13
T <sub>2</sub> = 4.84	75.50	T <sub>2</sub> = 1.87	76.21
T <sub>3</sub> = 3.95	76.13	T <sub>3</sub> = 1.33	77.77

**Tableau III.6 :** Synthèse de l'analyse modale sous SAP 2000 [19].



**Figure III.4 :** Les multiples variantes de contreventement de la structure [19].



La variante n°10 donne une meilleur disposition des contreventements parce que le pourcentage de la participation massique est élevé à (90%) avec une faible période de vibration ( $T_1=2.47$  sec) ce qui signifie que cette dernière présente une structure contreventée plus rigide.

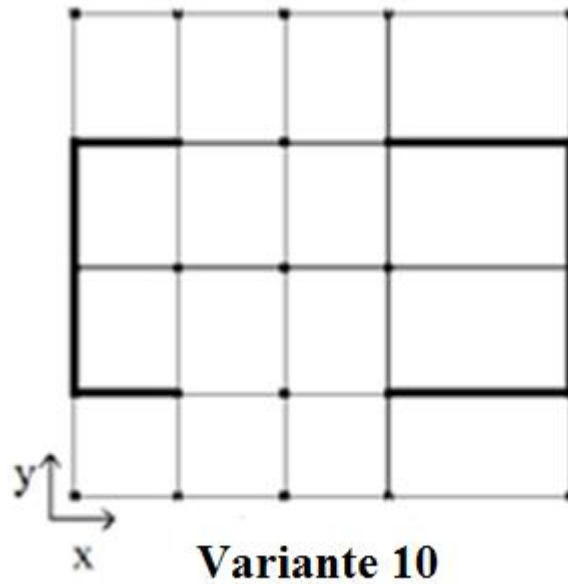


Figure III.5 : La variante optimale de contreventement de la structure.

### III.8.2. Vérification des modes :

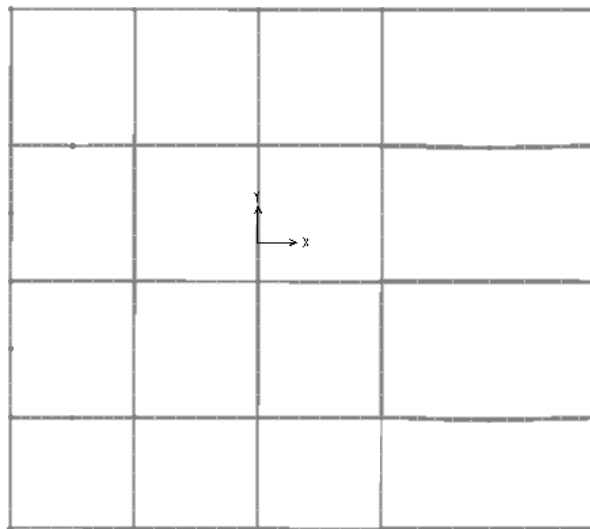
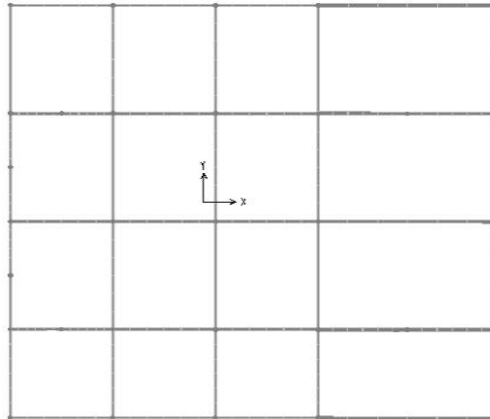
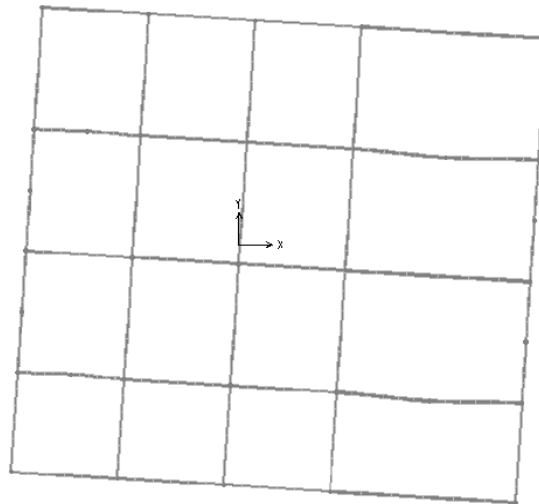


Figure III.6 : Translation selon Y (mode 1)



**Figure III.7 :** Translation selon X (mode 2)



**Figure III.8 :** Rotation selon Z (mode 3)

### III.9 Conclusion :

Dans le chapitre de la présentation de l'ouvrage, on a revu la structure initialement étudiée [19], on a modifié en ajoutant des amortisseurs hystérétiques à la place des amortisseurs visqueux. On a également ajouté des contreventements en X, étudié la structure non-contreventée pour qu'on puisse comparer l'ensemble au chapitre suivant.

# CHAPITRE IV

## APPLICATION DES DIFFERENTS DISPOSITIFS DISSIPATIFS SUR UN BATIMENT METALLIQUE

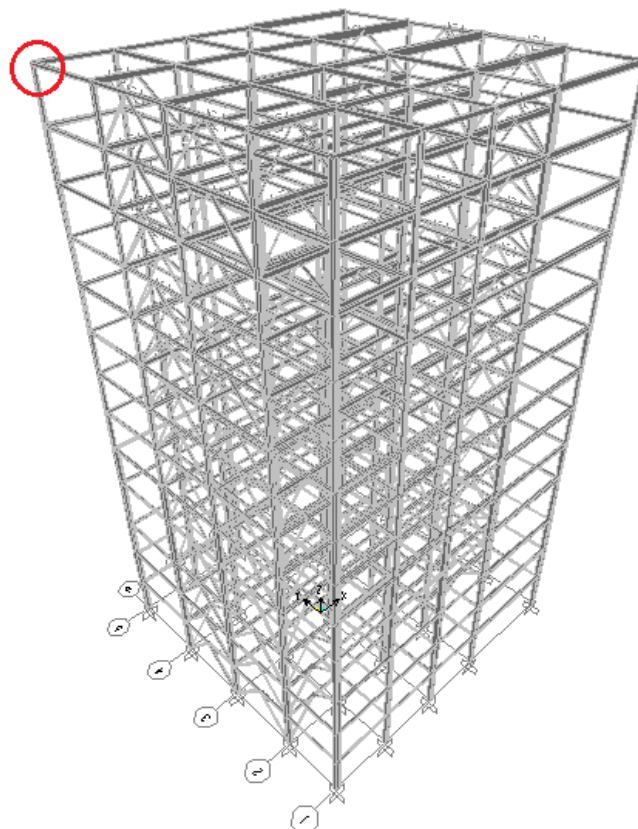
### IV.1. Introduction :

Ce chapitre a pour objectif d'analyser les différents dispositifs dissipatifs et les comparer avec les modèles contreventés et non contreventés pour évaluer la performance et l'efficacité des dispositifs.

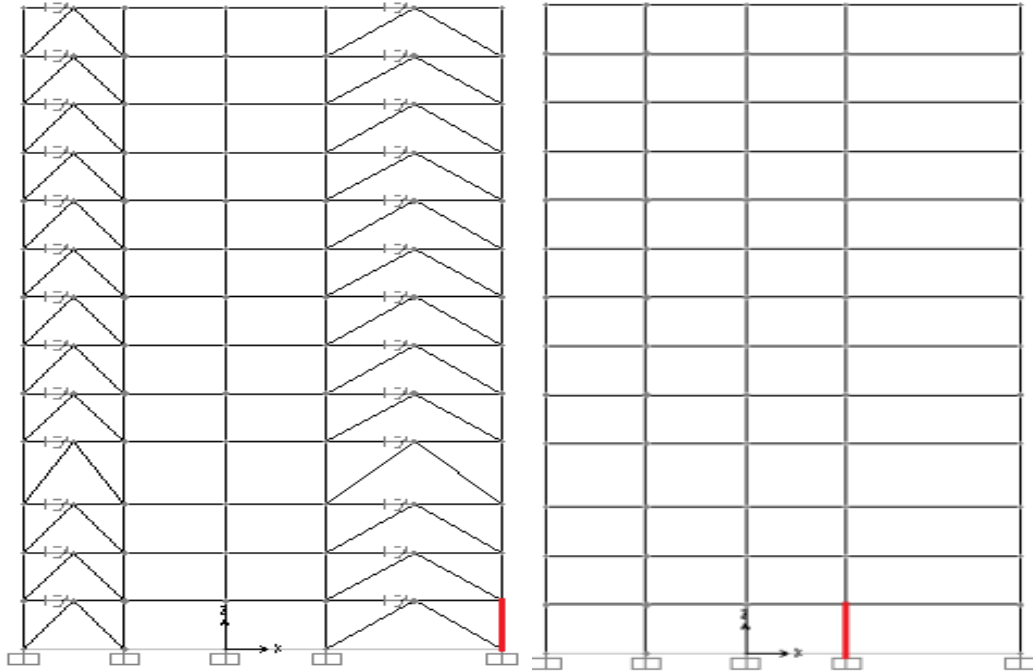
Le calcul numérique a été fait par le logiciel de structure SAP 2000 pour analyser l'ossature R+12 en charpente métallique avec les systèmes cités précédemment.

Le nœud entouré en rouge dans la structure (figure IV.1) représente le point le plus sollicité dont les réponses temporelles maximales du déplacement et accélération ont été tirées.

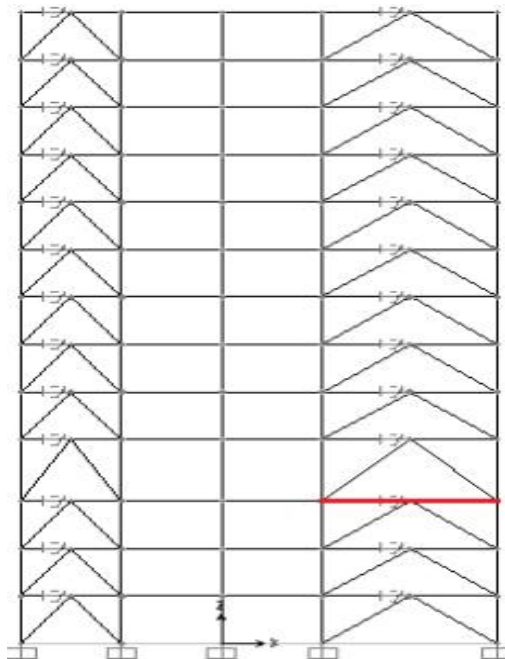
Les éléments colorés en rouge dans les structures (figure IV.2, IV.3) représentent les poteaux et poutres les plus sollicités dont les réponses temporelles maximales des différentes sollicitations N, T et M.



**Figure IV.1 :** Le nœud le plus sollicité.



**Figure IV.2 :** Les poteaux les plus sollicités (N, T).



**Figure IV.3 :** La poutre la plus sollicitée (M).

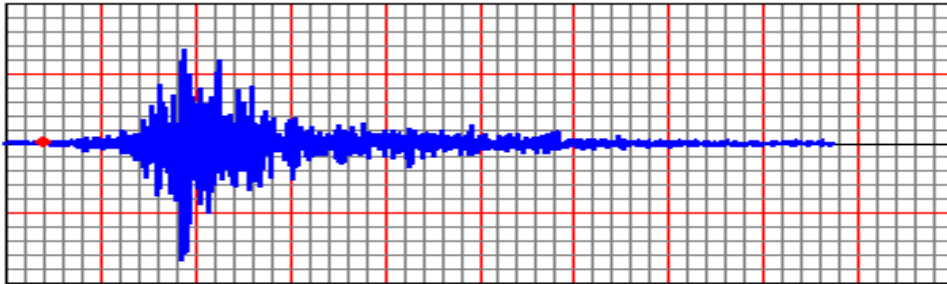
#### IV.2. Description du dispositif dissipatif et des excitations sismiques :

On a étudié sept dispositifs. Qui sont scindée en deux types :

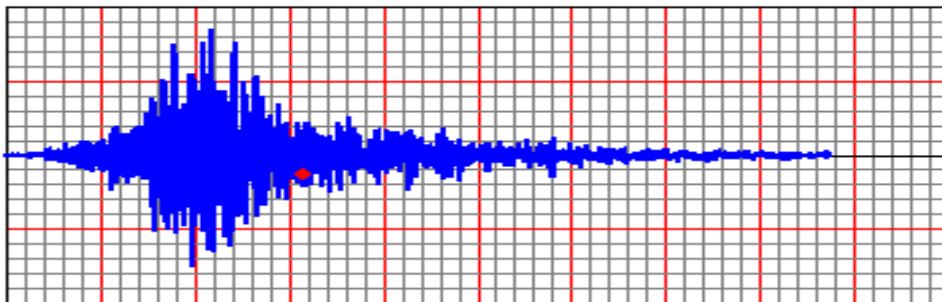
- Amortisseurs métalliques : ADAS, TADAS, BRB diagonale, BRB chevron.

- Amortisseurs à friction : PALL, FRICTION diagonale, FRICTION chevron.

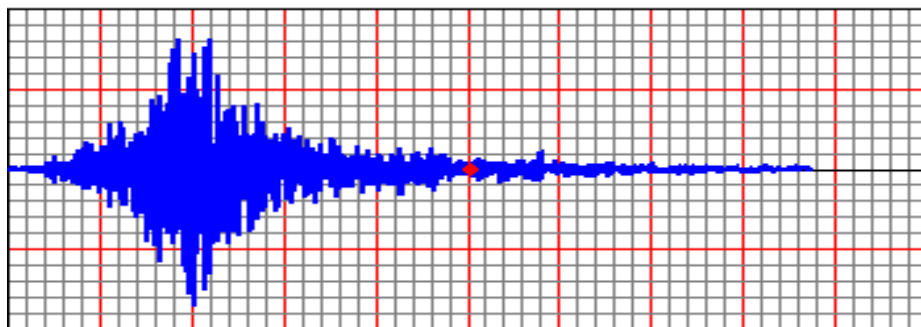
Deux accélérogrammes ont été considérés : le premier est celui du 21 mai 2003 à Boumerdes enregistré à la station de KEDDARA de magnitude de 7,1 sur l'échelle de Richter avec une accélération maximale du sol égale à 0,34g, le deuxième est celui de Sylmar, le séisme de Northridge près de Los Angeles, un tremblement de terre qui s'est produit le 17 janvier 1994 à 04h31. Il a été enregistré à la station de Sylmar d'une magnitude de 6,7 sur l'échelle de Richter.



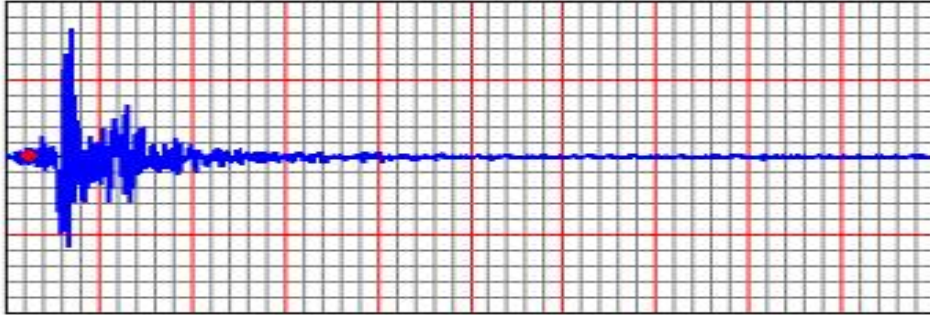
**Figure IV.4 :** Signale sismique de keddara EW.



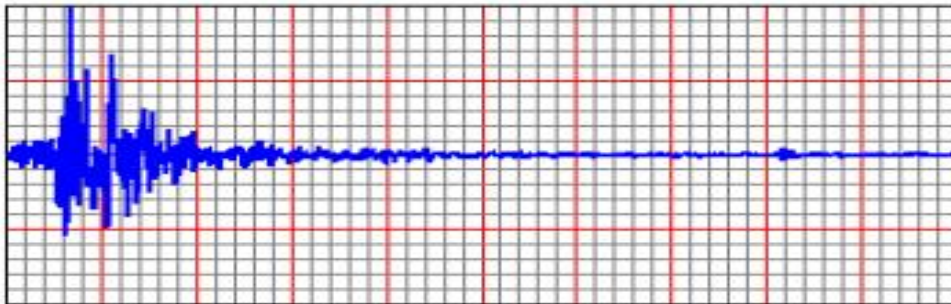
**Figure IV.5 :** Signale sismique de keddara NS.



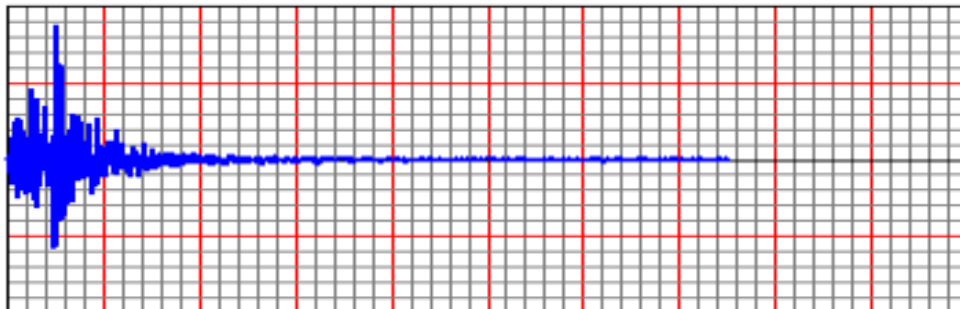
**Figure IV.6 :** Signale sismique de keddara V.



**Figure IV.7 :** Signale sismique de Sylmar X.



**Figure IV.8 :** Signale sismique de Sylmar Y.



**Figure IV.9 :** Signale sismique de Sylmar Z.

**a. Signale sismique de Boumerdes :**

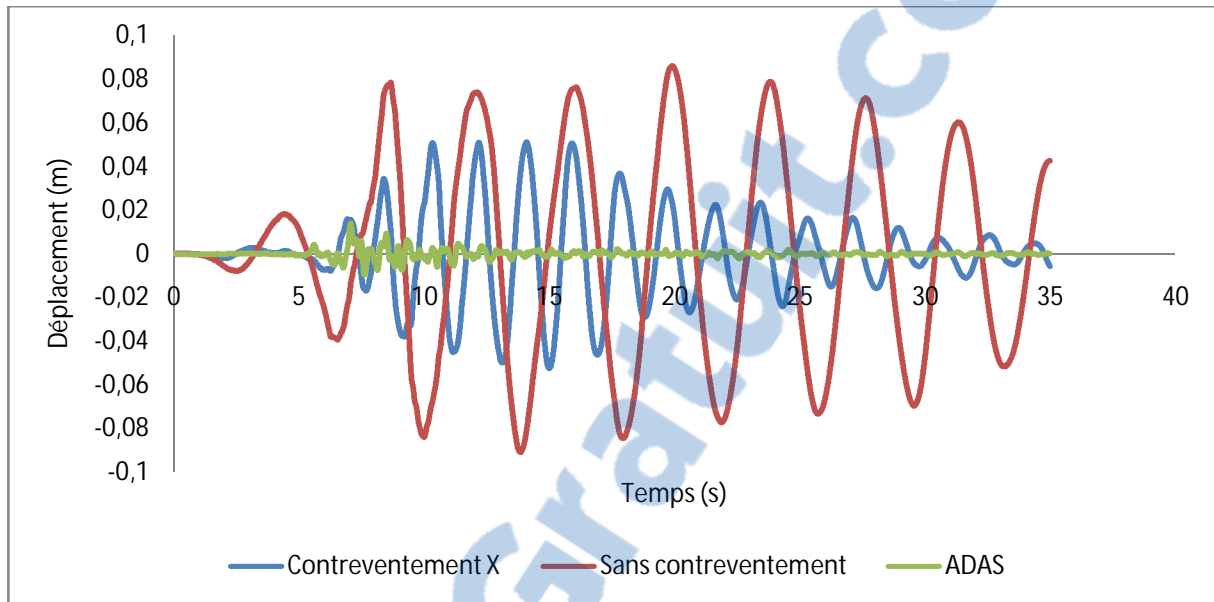
**IV.3. Analyse des réponses temporelles pour le système ADAS :**

**IV.3.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :**

Les résultats obtenus ont été comparés avec les modèles contreventés, non contreventés et amortis comme les montrent les figures IV.10 et IV.11.

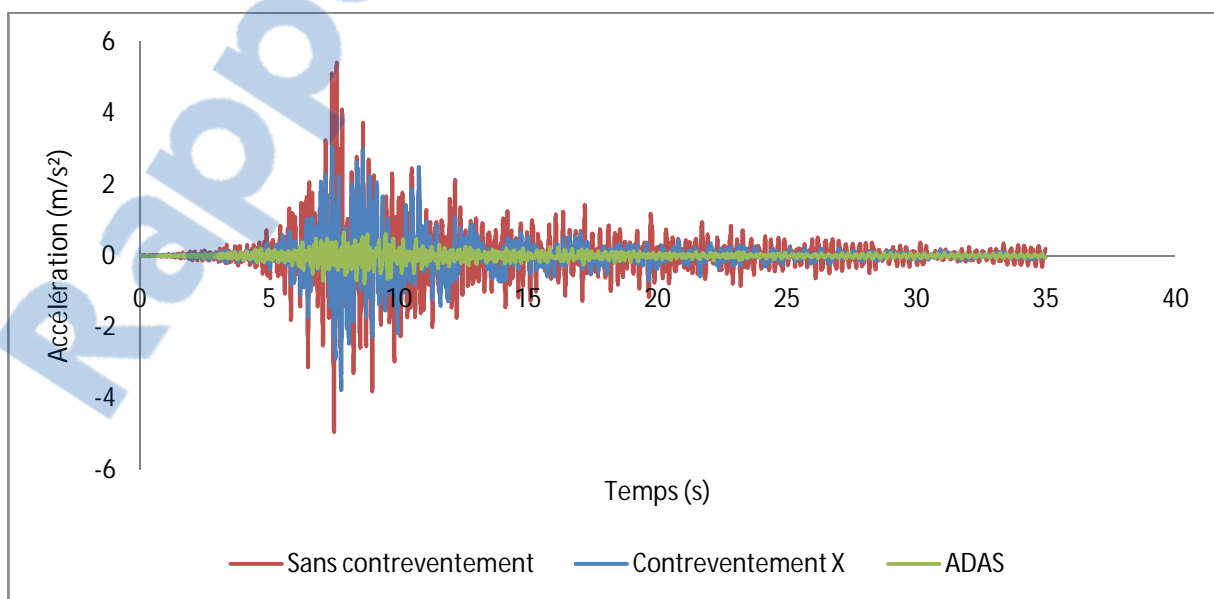
La courbe de la (figure IV.10) représente la variation du déplacement maximum en fonction du temps. L'analyse de cette figure montre une diminution de la valeur maximale en déplacement des deux modèles contreventés par palés en X et amortis par le dispositif ADAS

avec des pourcentages qui sont respectivement de **-42,26%** et **-84,7%**. On remarque que l'utilisation de l'amortisseur ADAS a permis une décroissance importante de la réponse en déplacement ce qui est dû à l'apport de la rigidité et de la force de frottement qui ont été fournis par cet amortisseur.



**Figure IV.10 :** Réponse temporelle du déplacement.

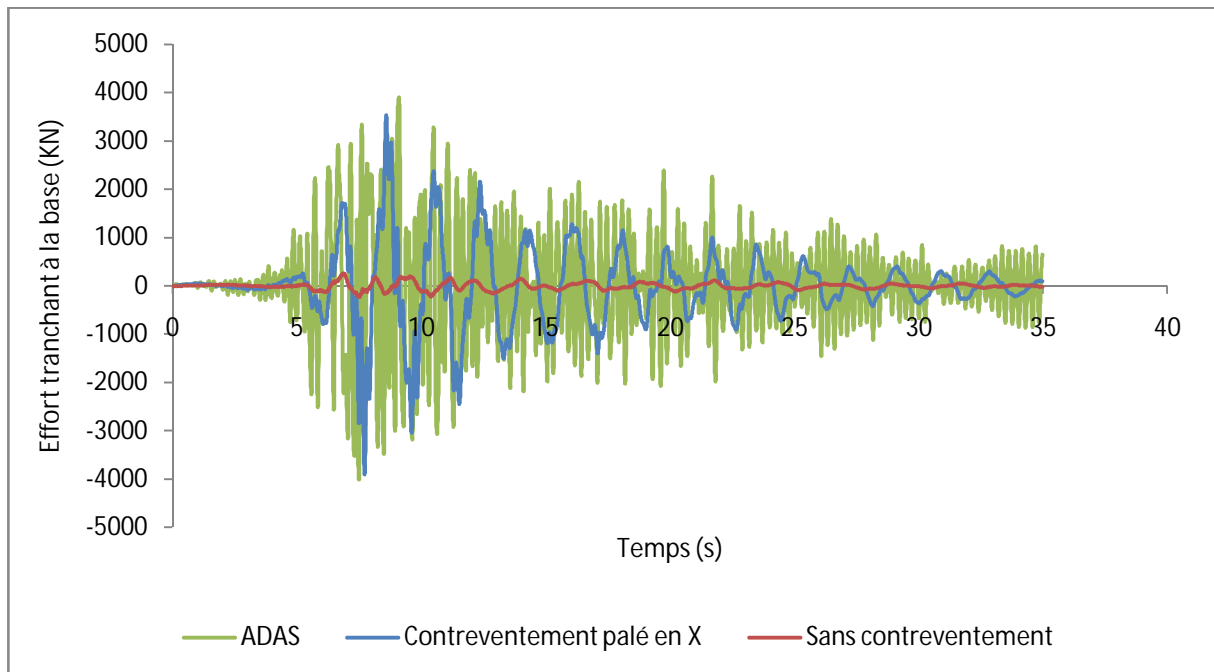
La figure IV.11 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on remarque que l'accélération du dispositif ADAS a diminué de **-85,27%** et celle du contreventement par palé en X de **-30,5%** par rapport à la structure non contreventée.



**Figure IV.11** Réponse temporelle de l'accélération.

### IV.3.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.12) montre que l'amortisseur ADAS donne une valeur très importante de l'effort tranchant à la base par rapport aux deux structures contreventées par palé en X et auto stable, avec des taux de pourcentages qui sont les suivants **+2,79%** et **+93,37%**.



**Figure IV.12:** Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

### IV.3.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures, l'une contreventée et l'autre non contreventée.

Les courbes des (figure IV.13, figure IV.14, figure IV.15) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.13) montre une forte diminution pour le système d'amortissement ADAS pour atteindre une valeur de **-91,85%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif ADAS (figure IV.14) diminue considérablement d'une valeur de **-98,55%** par rapport aux deux structures.

En dernier le moment fléchissant (figure IV.15) s'atténue énormément de **-97,4%**.



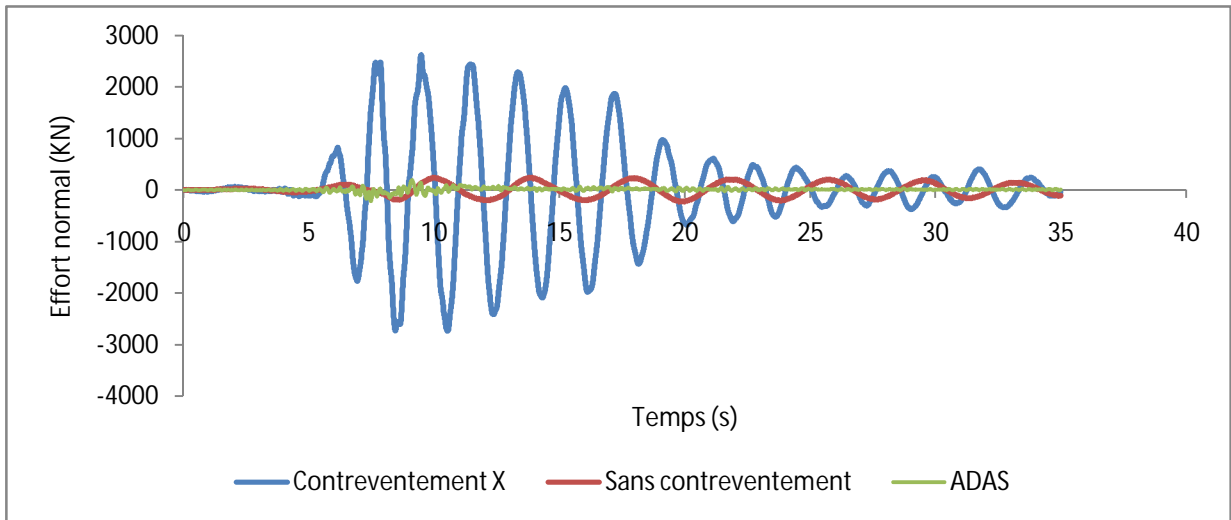


Figure IV.13: Réponse temporelle de l'effort normal.

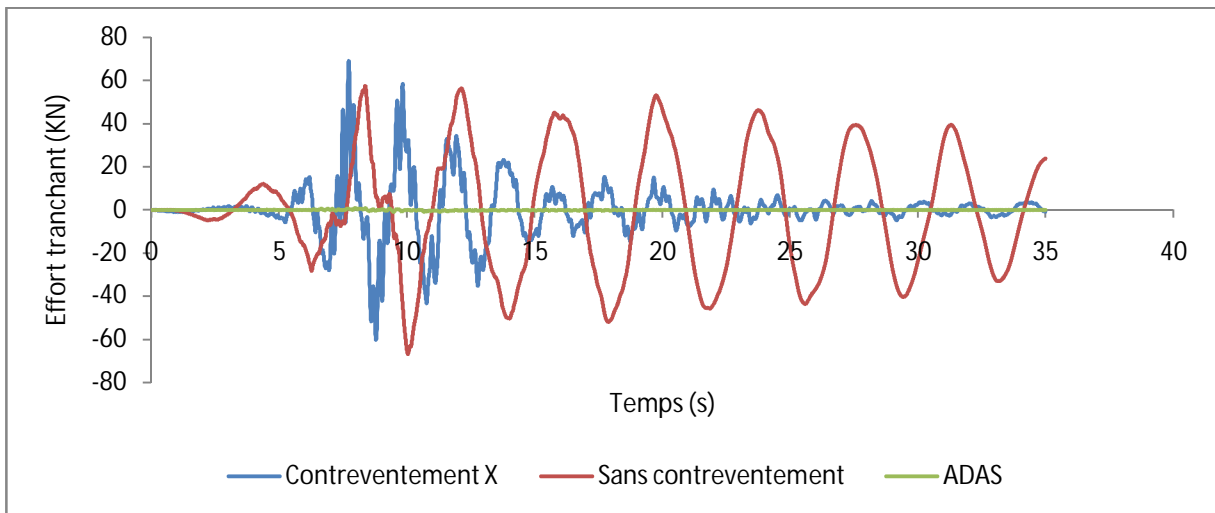


Figure IV.14: Réponse temporelle de l'effort tranchant.

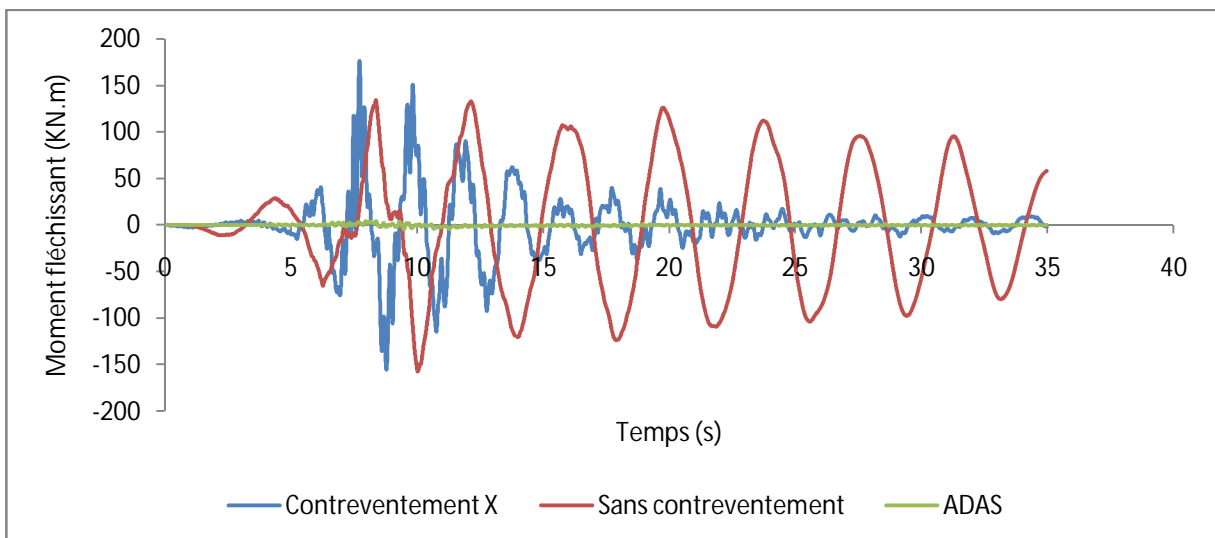


Figure IV.15: Réponse temporelle du moment fléchissant.

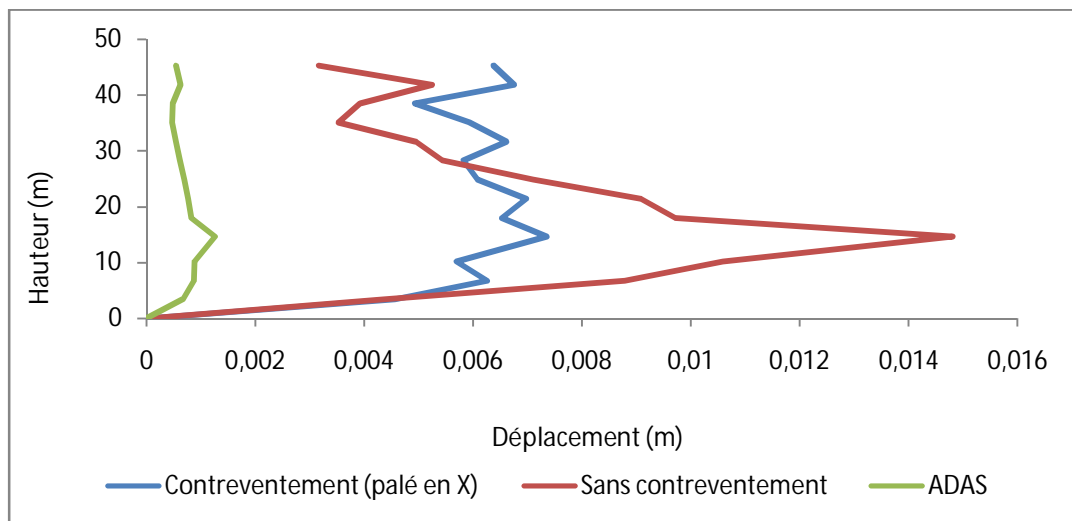
#### IV.3.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau montre les résultats du déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	ADAS (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.000675
6.8	0.006263	0.008786	0.000877
10.2	0.0057	0.010591	0.000883
14.62	0.007354	0.014815	0.00126
18.02	0.006529	0.009719	0.000822
21.42	0.006978	0.009085	0.000761
24.82	0.00608	0.007111	0.000689
28.22	0.005819	0.005441	0.000611
31.62	0.006618	0.004953	0.000544
35.02	0.005925	0.003535	0.000468
38.42	0.004925	0.003925	0.00048
41.82	0.006759	0.005251	0.000623
45.22	0.006379	0.00317	0.000538

**Tableau IV.1 :** Déplacement inter-étage ADAS.

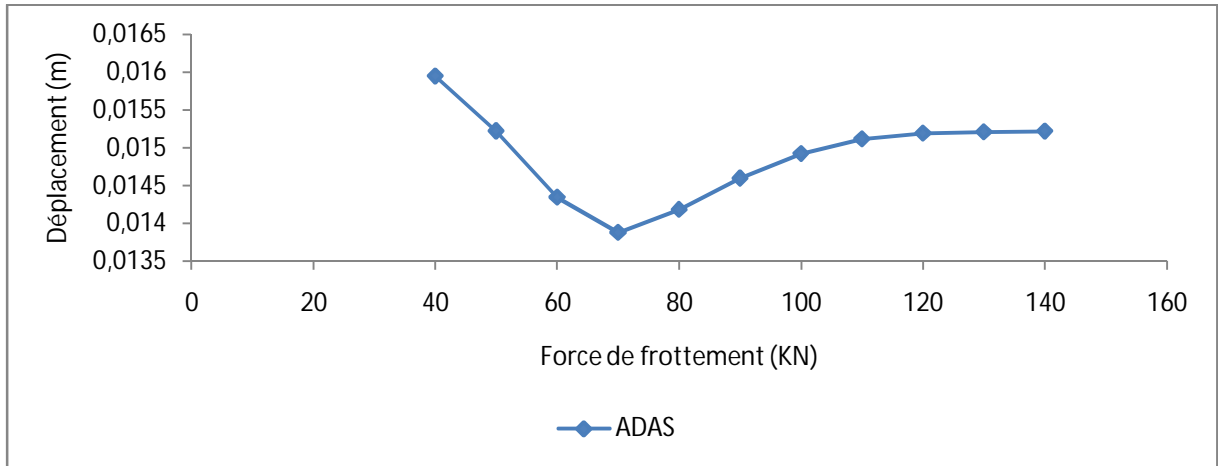
On observe que la courbe de la structure amortie ADAS prend l'allure presque d'une droite et affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage beaucoup moins importante, évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage, (figure IV.16).



**Figure IV.16 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.3.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

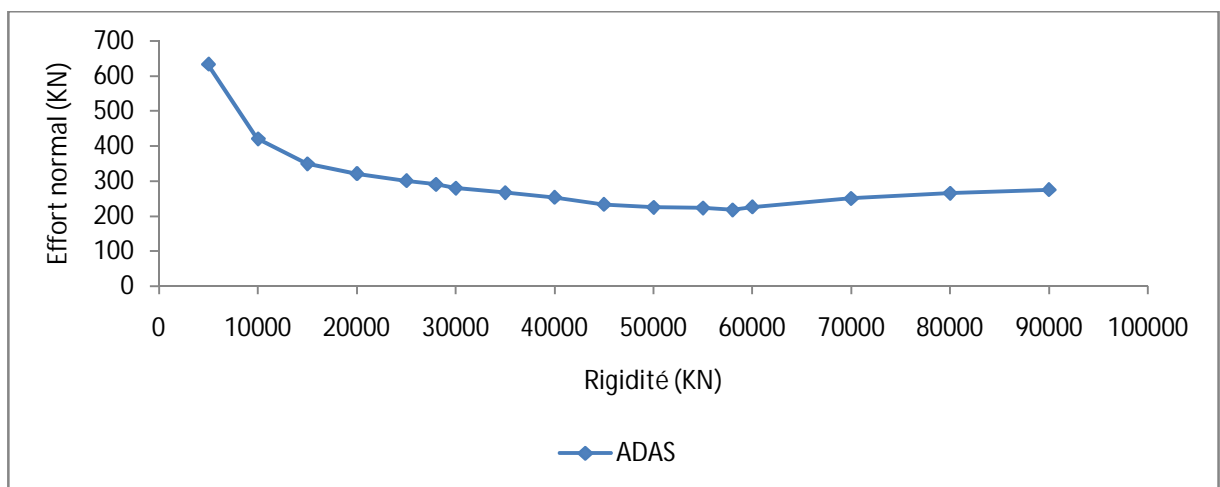
La recherche des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs ADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On observe une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 70 KN, (figure IV.17).



**Figure IV.17 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.3.6. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité :

L'examen des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs ADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation de l'effort normal en fonction de la rigidité. On remarque une décroissance de l'effort normal correspondante à l'augmentation de la rigidité jusqu'à une valeur optimale de 58000 KN, (figure IV.18).

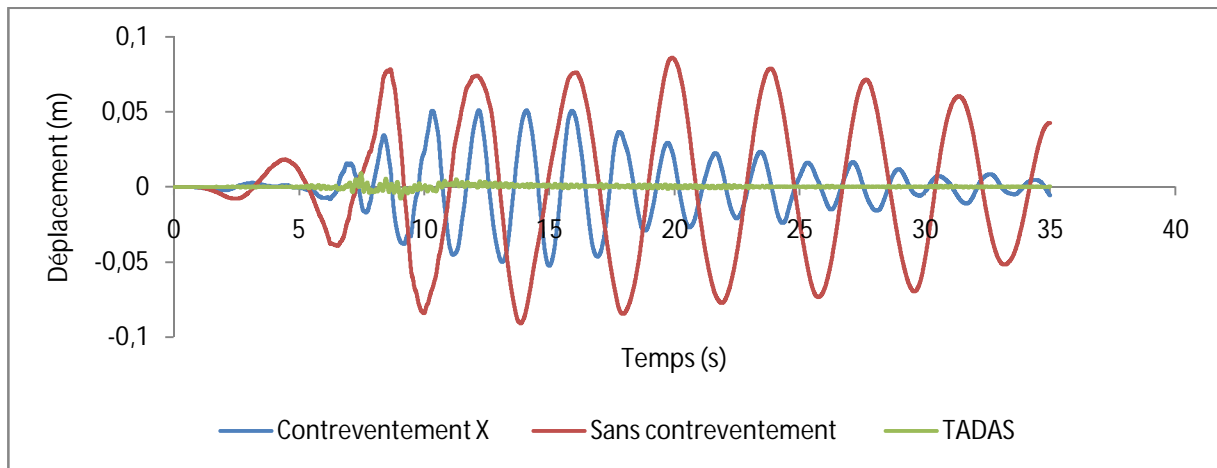


**Figure IV.18 :** Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité.

#### IV.4. Analyse des réponses temporelles pour le système TADAS :

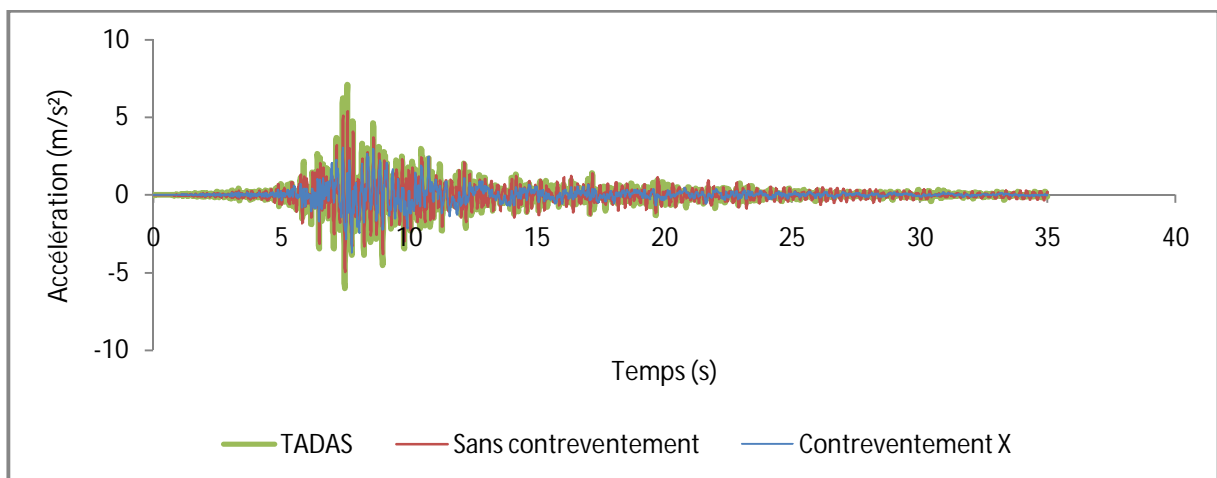
##### IV.4.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La courbe de la (figure IV.19) représente la variation temporelle du déplacement maximum. L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale en déplacement des deux modèles contreventé par palés en X et amortis par le dispositif TADAS avec des pourcentages qui sont respectivement de **-42,26%** et **-89.8%**. On remarque que l'utilisation de l'amortisseur TADAS à permis à la structure une diminution importante de la réponse temporelle en déplacement, cela est du à l'apport de la rigidité et de la force de frottement que possède cet amortisseur.



**Figure IV.19:** Réponse temporelle du déplacement.

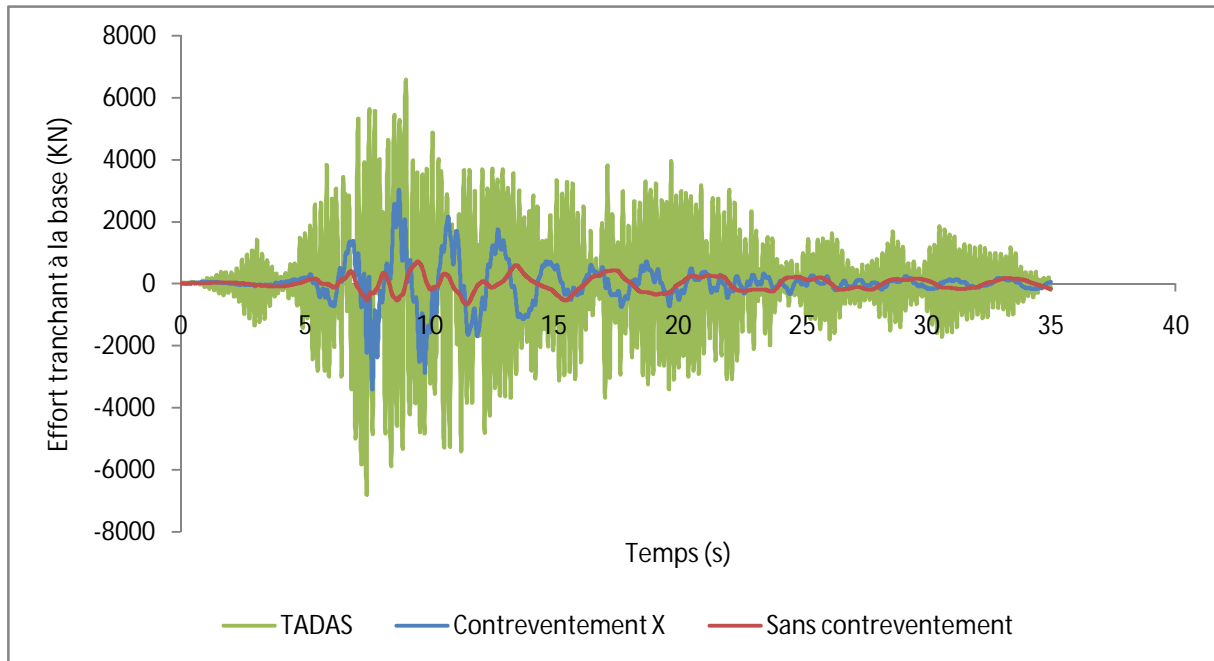
La figure IV.20 montre une comparaison de ces dernier modèle en terme d'accélération, après l'analyse on remarque que l'accélération du dispositif TADAS à augmenté de **+47%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.



**Figure IV.20 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.4.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.21) montre que l'amortisseur TADAS donne une valeur très importante de l'effort tranchant à la base par rapport aux deux structures contreventée par palé en X et auto stable, avec des taux de pourcentages qui sont **+50%** et **+89%**.



**Figure IV.21** : Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.4.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.22, figure IV.23, figure IV.24) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.22) montre une importante réduction pour le système d'amortissement TADAS pour atteindre une valeur de **-91%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif TADAS (figure IV.23) diminue considérablement d'une valeur de **-99%** par rapport aux deux structures.

Le moment fléchissant (figure IV.24) s'atténue énormément de **-92%** par rapport au contreventement par palé en X.

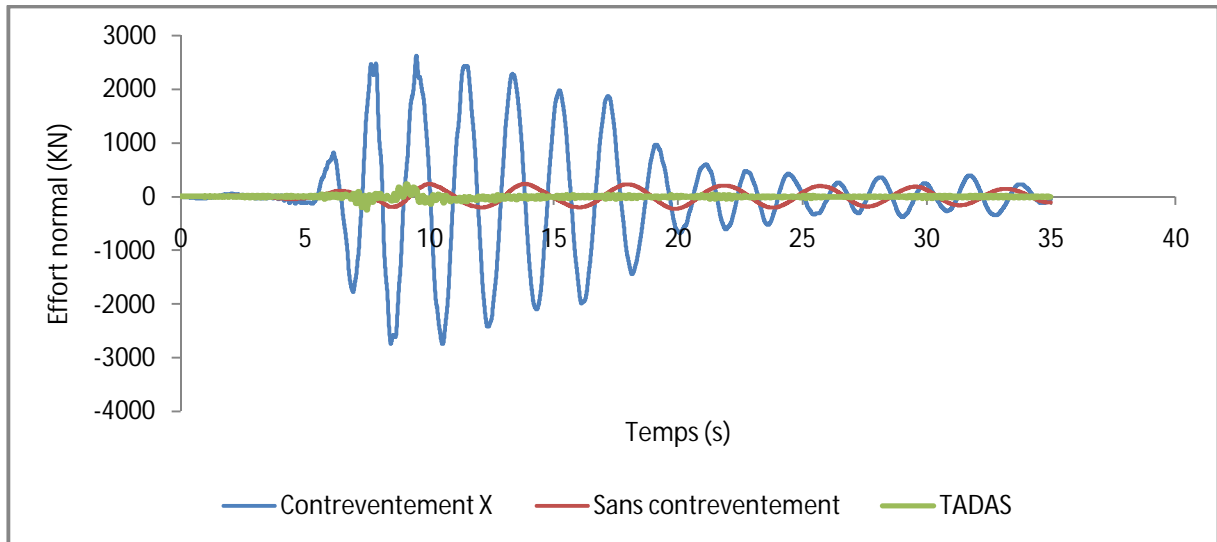


Figure IV.22 : Réponse temporelle de l'effort normal.

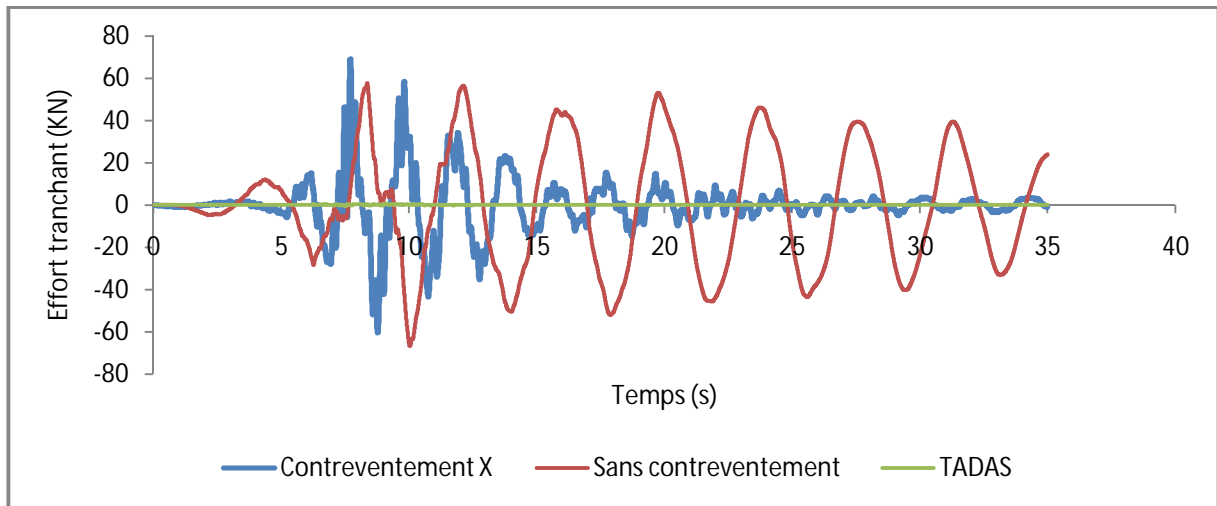


Figure IV.23 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

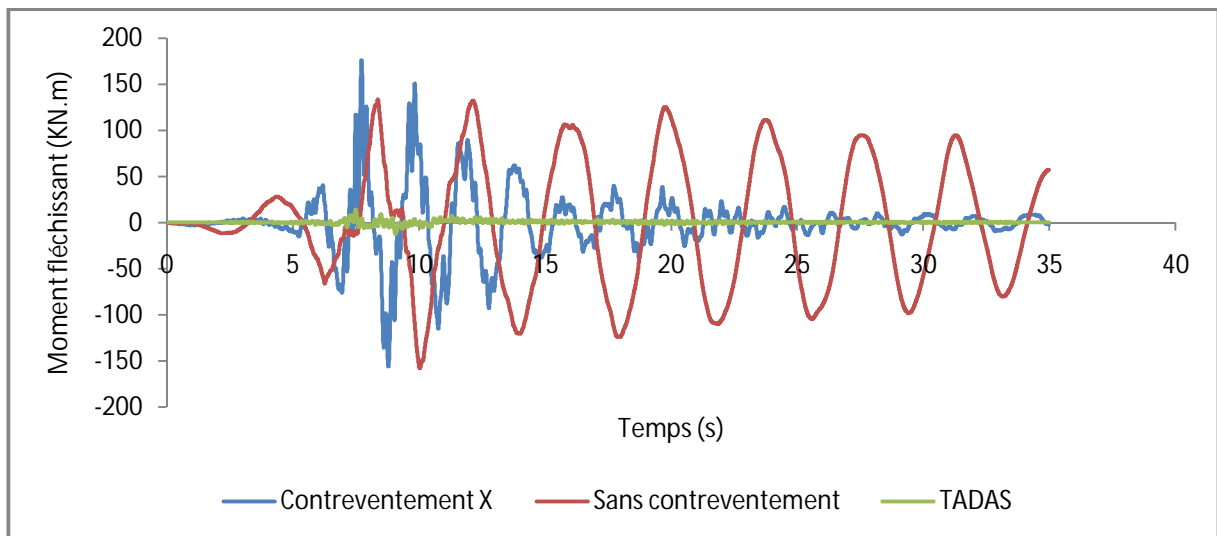


Figure IV.24 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

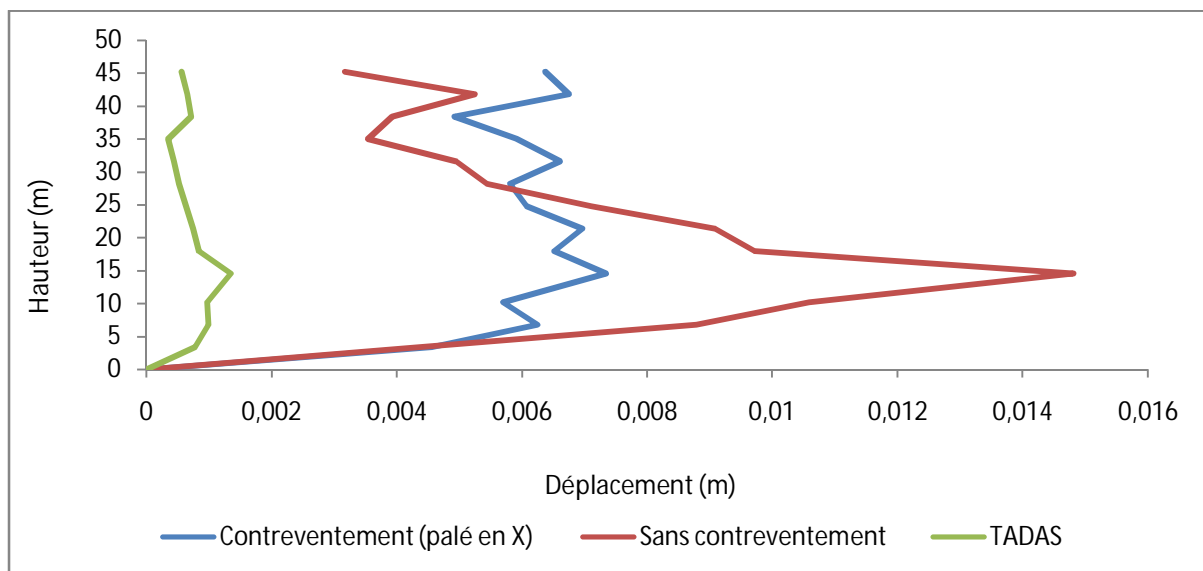
#### IV.4.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau montre les résultats du déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	TADAS (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.000779
6.8	0.006263	0.008786	0.000998
10.2	0.0057	0.010591	0.00098
14.62	0.007354	0.014815	0.001359
18.02	0.006529	0.009719	0.000847
21.42	0.006978	0.009085	0.000747
24.82	0.00608	0.007111	0.000634
28.22	0.005819	0.005441	0.000527
31.62	0.006618	0.004953	0.000438
35.02	0.005925	0.003535	0.000352
38.42	0.004925	0.003925	0.00072
41.82	0.006759	0.005251	0.000655
45.22	0.006379	0.00317	0.000563

**Tableau IV.2:** Déplacement inter-étage TADAS.

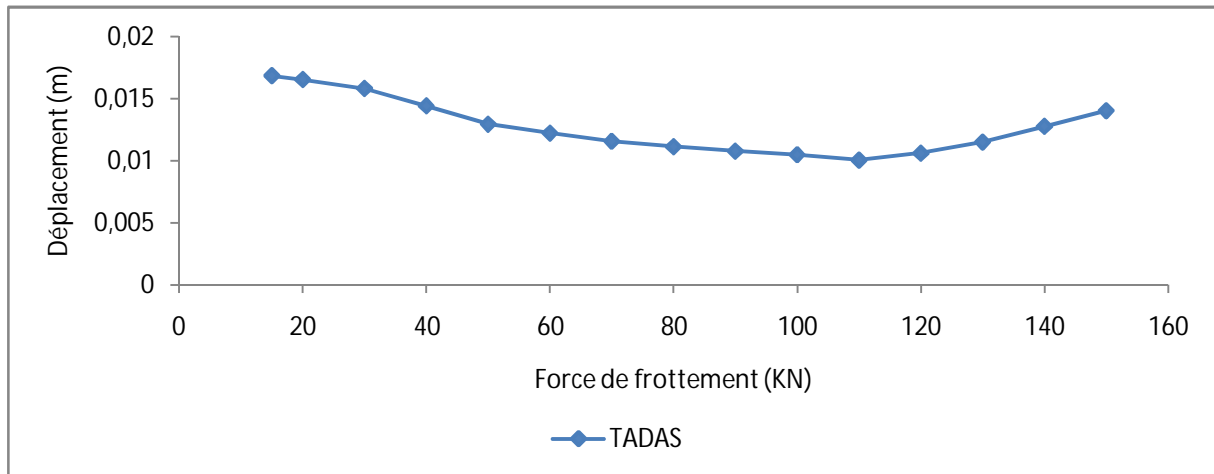
On remarque que la courbe de la structure amortie TADAS prend l'allure presque d'une droite et affiche des valeurs inférieures à celle obtenus par les courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage beaucoup moins importante, évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage, (figure IV.25).



**Figure IV.25 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.4.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

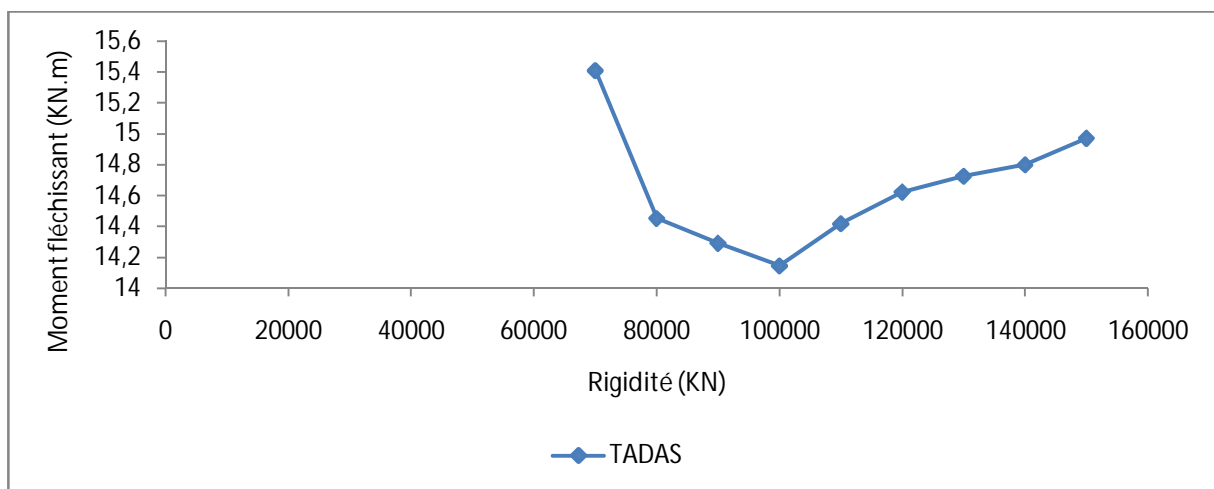
L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs TADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On distingue une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 110 KN, (figure IV.26).



**Figure IV.26 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.4.6. Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité :

L'examen des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs TADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité. On observe une diminution du moment fléchissant correspondante à l'augmentation de la rigidité jusqu'à une valeur optimale de 100000 KN, (figure IV.27).



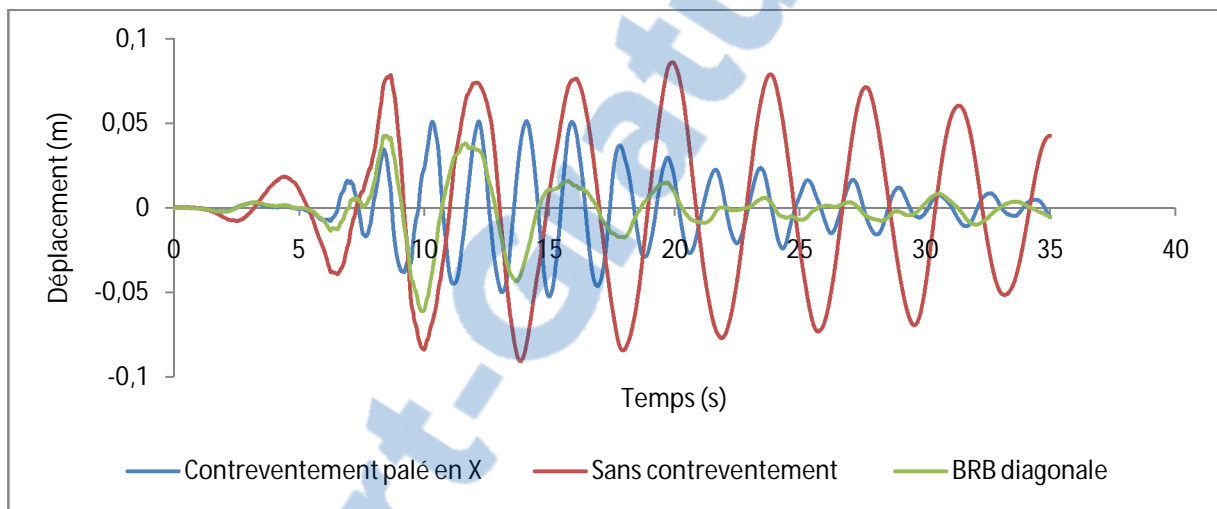
**Figure IV.27 :** Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité.



#### IV.5. Analyse des réponses temporelles pour le système BRB diagonale :

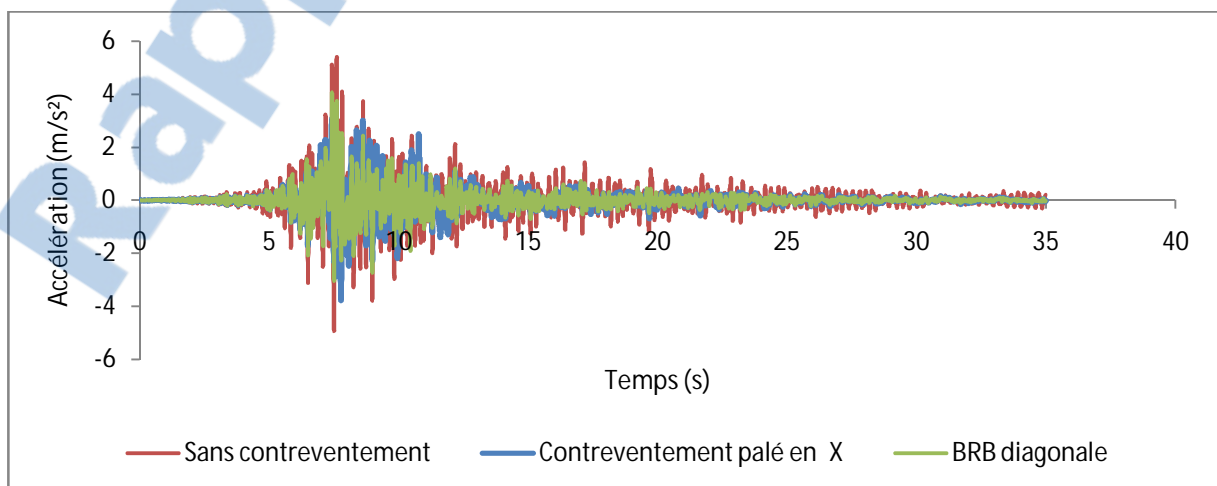
##### IV.5.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La figure IV.28 représente la variation temporelle du déplacement maximum. L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale en déplacement des deux modèles contreventé par palés en X et amortis par le dispositif BRB diagonale avec des pourcentages qui sont respectivement de **-42,26%** et **-32,7%**. On remarque que l'utilisation de ce dernier amortisseur a amoindri de peut le déplacement par rapport au contreventement par palé en X.



**Figure IV.28** : Réponse temporelle du déplacement.

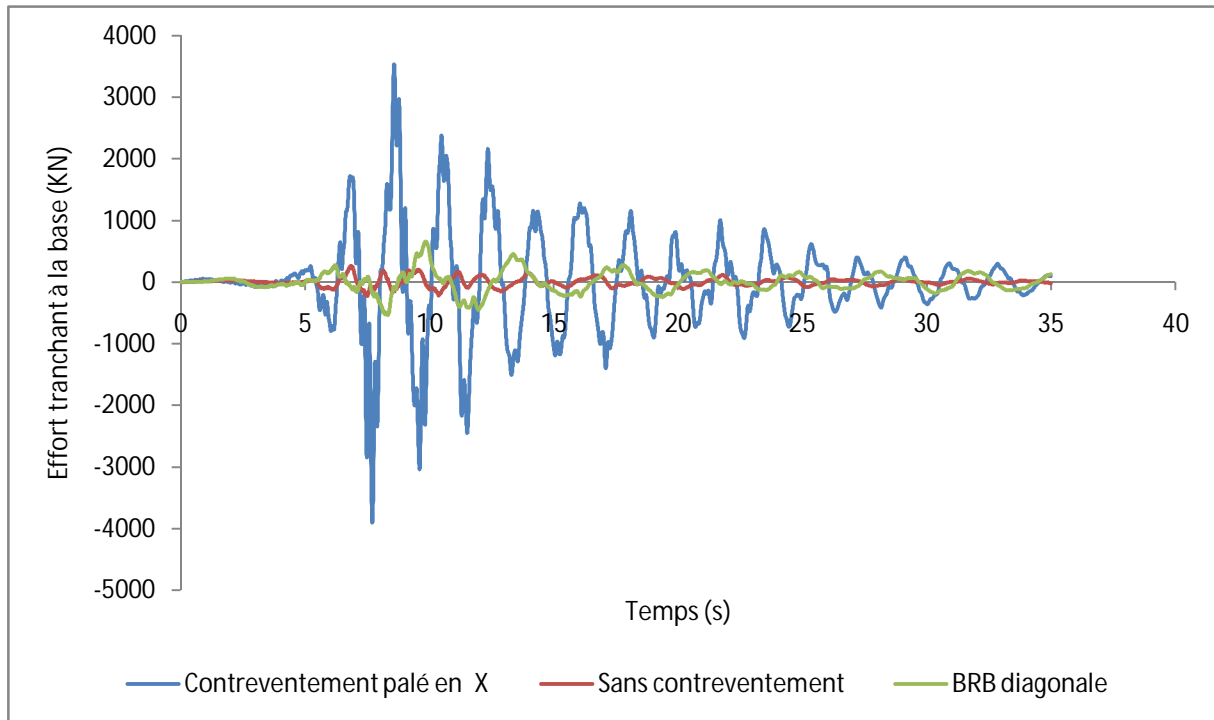
La figure IV.29 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on observe que l'accélération du dispositif BRB diagonale a augmentée de **+7,5%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.



**Figure IV.29** : Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.5.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.30) montre que la valeur de l'effort tranchant à la base de l'amortisseur BRB diagonale a diminué de **-83%** par rapport au contreventement en X, cela est dus à l'apport de la rigidité et de la force de frottement de l'amortisseur.



**Figure IV.30** : Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.5.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les courbes des (figure IV.31, figure IV.32, figure IV.33) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.31) montre une importante réduction pour le système d'amortissement BRB diagonale pour atteindre une valeur de **-97%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif BRB diagonale (figure IV.32) diminue considérablement d'une valeur de **-66%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu le moment fléchissant (figure IV.33) baisse de **-51%** par rapport au contreventement par palé en X.

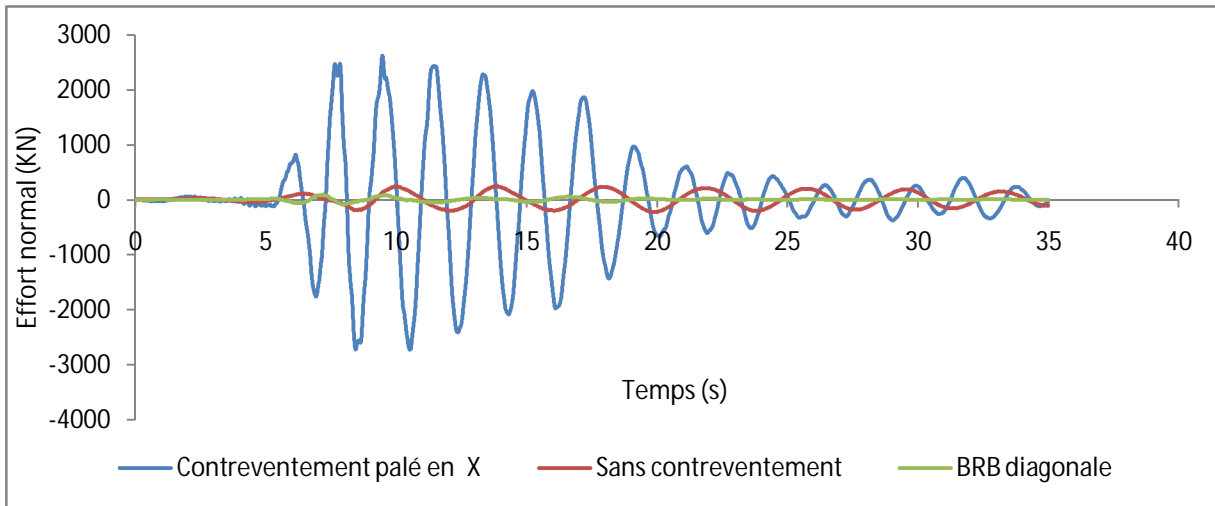


Figure IV.31 : Réponse temporelle de l'effort normal.

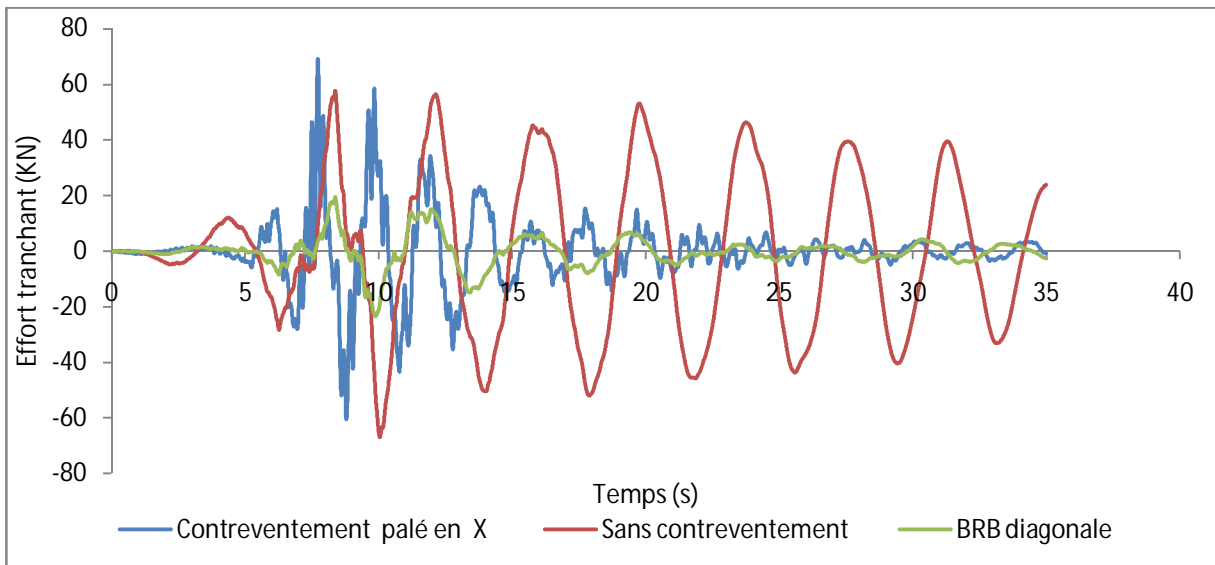


Figure IV.32 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

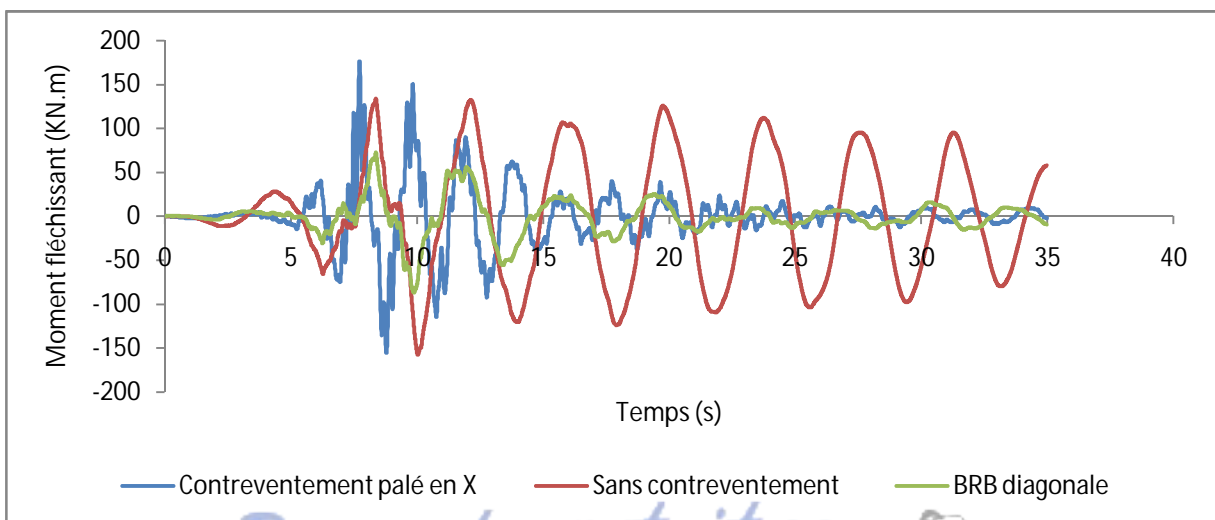


Figure IV.33 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

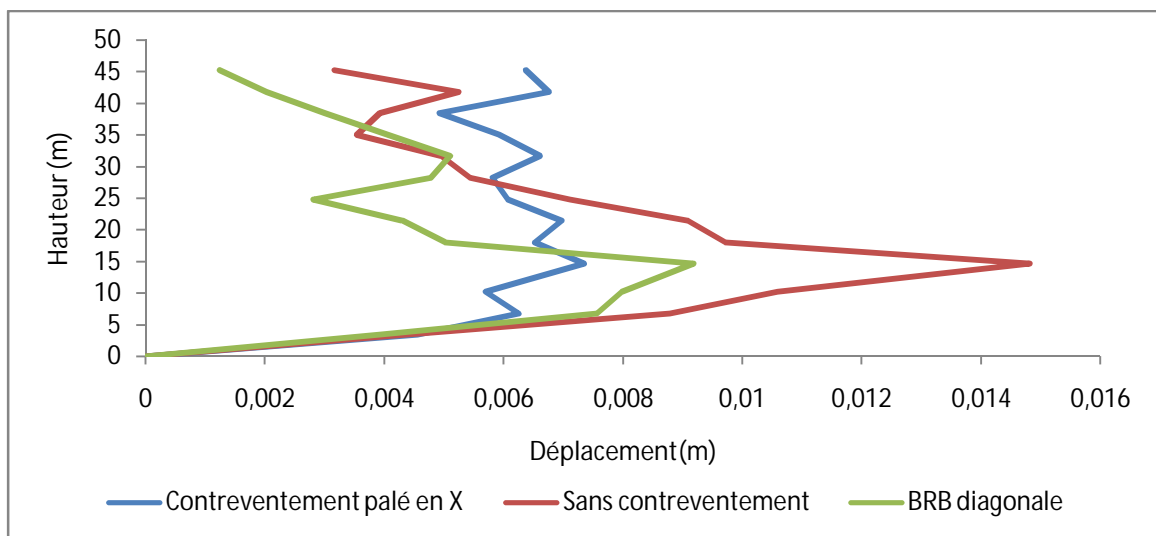
#### IV.5.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau représente le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	BRB diagonale (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.003918
6.8	0.006263	0.008786	0.007565
10.2	0.0057	0.010591	0.007984
14.62	0.007354	0.014815	0.009186
18.02	0.006529	0.009719	0.005022
21.42	0.006978	0.009085	0.004304
24.82	0.00608	0.007111	0.002814
28.22	0.005819	0.005441	0.004789
31.62	0.006618	0.004953	0.005103
35.02	0.005925	0.003535	0.004069
38.42	0.004925	0.003925	0.003005
41.82	0.006759	0.005251	0.00203
45.22	0.006379	0.00317	0.001243

**Tableau IV.3:** Déplacement inter-étage BRB diagonale.

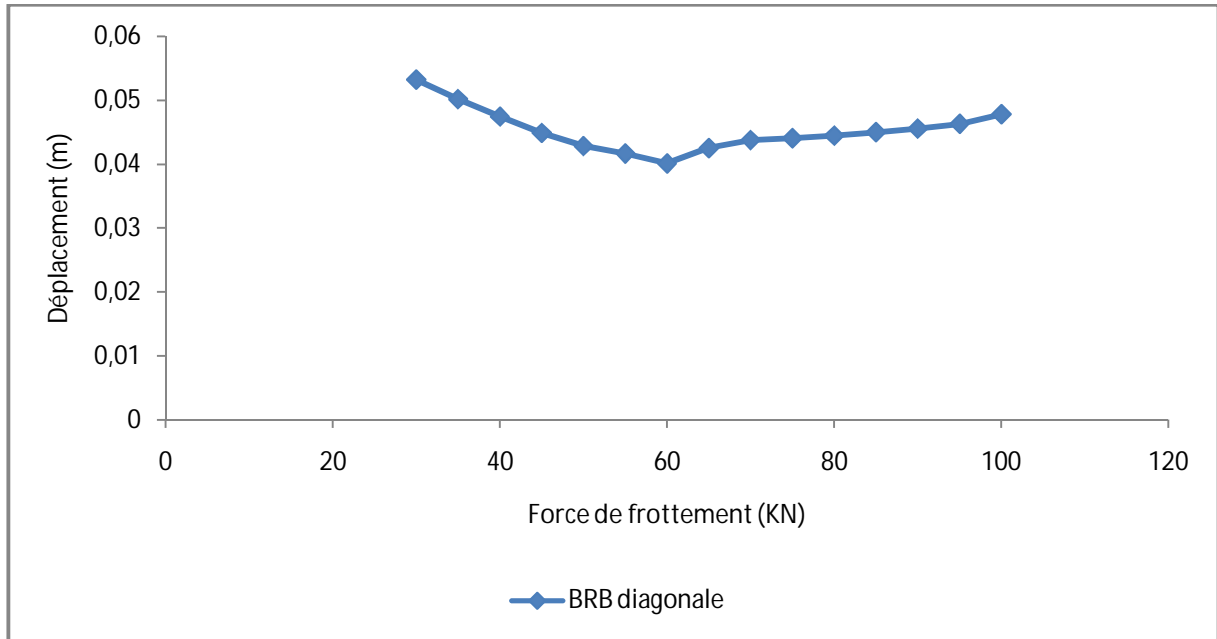
On constate que la courbe de la structure amortie affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage moins importante évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage, (figure IV.34).



**Figure IV.34 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.5.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

La recherche des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs BRB diagonale a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On observe une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 60 KN, (figure IV.35).

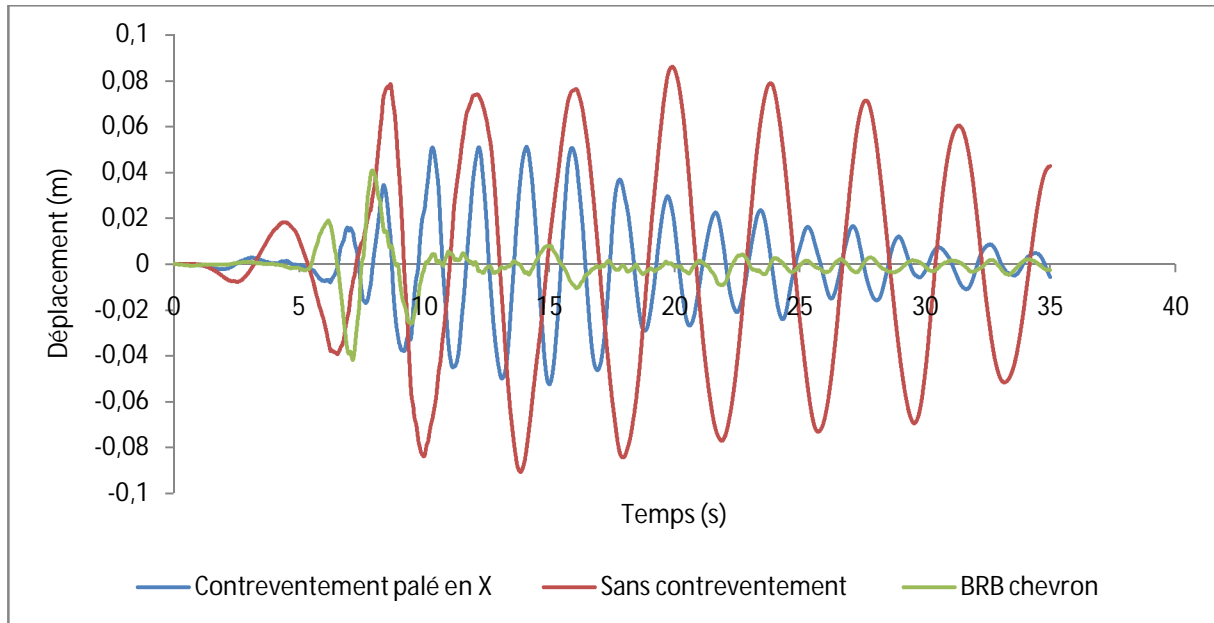


**Figure IV.35 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.6. Analyse des réponses temporelles pour le système BRB chevron :

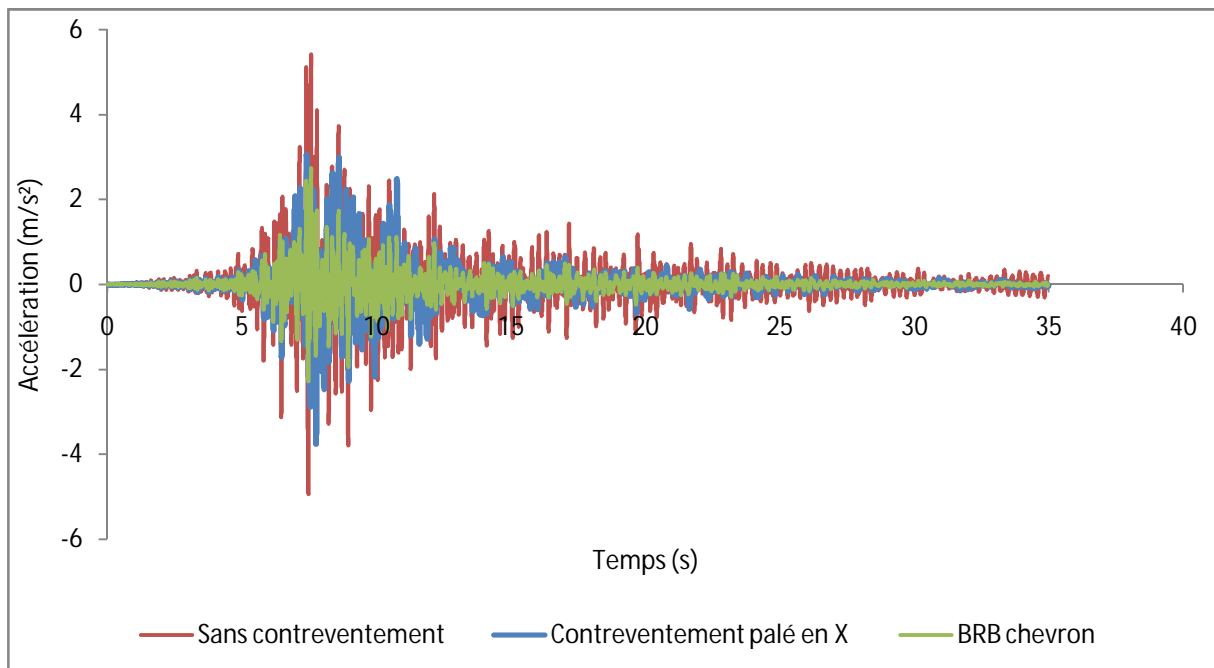
##### IV.6.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La figure IV.36 représente la variation temporelle du déplacement maximum. L'analyse de cette figure montre que la valeur du déplacement maximale de l'amortisseur BRB chevron a chuté de **20%** par rapport à la structure contreventée, cela est dus à l'apport de la rigidité et de la force de frottement de l'amortisseur.



**Figure IV.36 :** Réponse temporelle du déplacement.

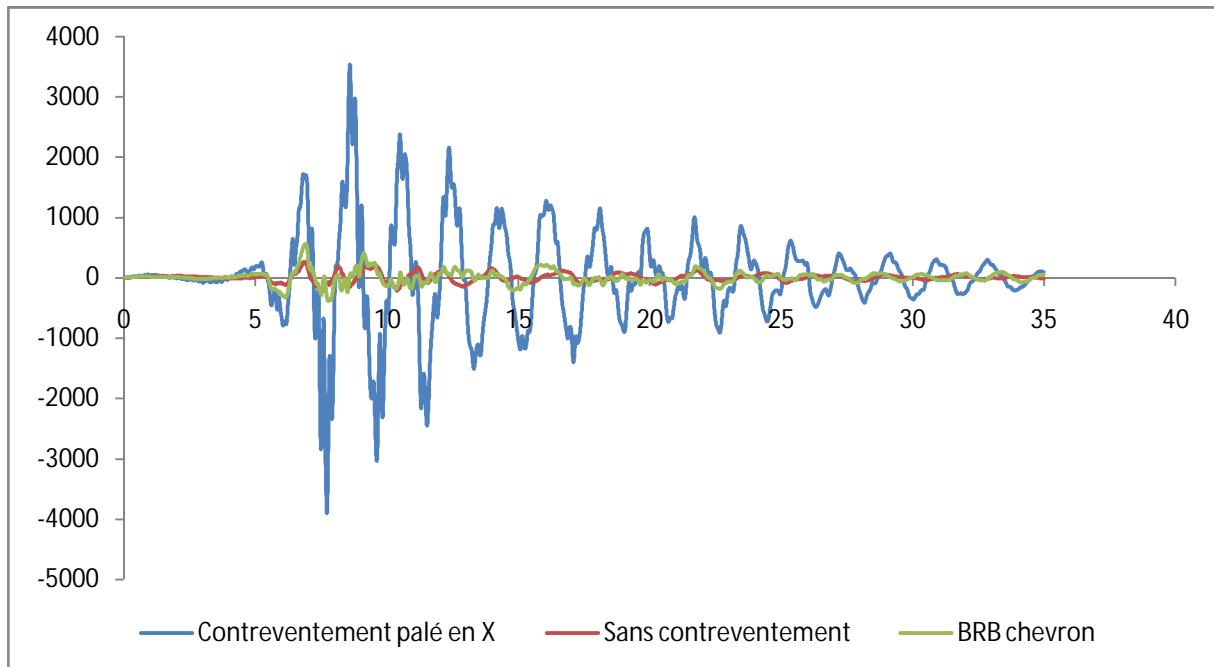
La figure IV.37 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale de l'accélération des deux modèles contreventés par palés en X et amortis par le dispositif BRB chevron avec des pourcentages qui sont **-30%** et **-49,5%** par rapport à la structure non contreventée.



**Figure IV.37 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.6.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.38) montre que la valeur de l'effort tranchant à la base de l'amortisseur BRB chevron a diminué de **-85,7%** par rapport au contreventement en X, .



**Figure IV.38 :** Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.6.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.39, figure IV.40, figure IV.41) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.39) montre une importante réduction pour le système d'amortissement BRB chevron pour atteindre une valeur de **-96,6%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif BRB chevron (figure IV.40) diminue d'une valeur de **-55%** par rapport aux deux structures.

Le moment fléchissant (figure IV.41) diminue de **-63%** par rapport au contreventement par palé en X.

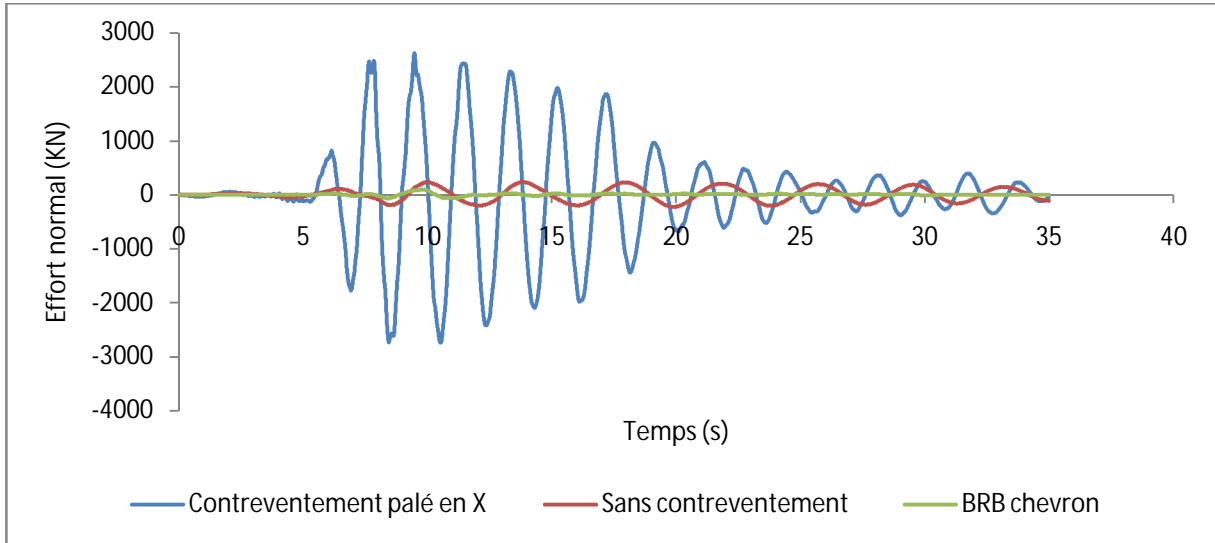


Figure IV.39 : Réponse temporelle de l'effort normal.

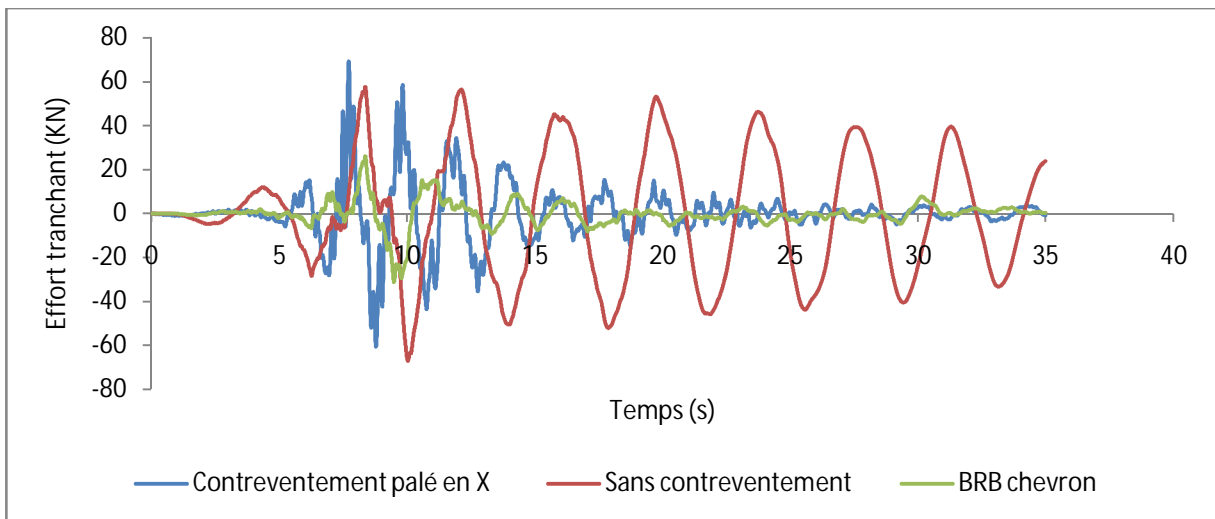


Figure IV.40 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

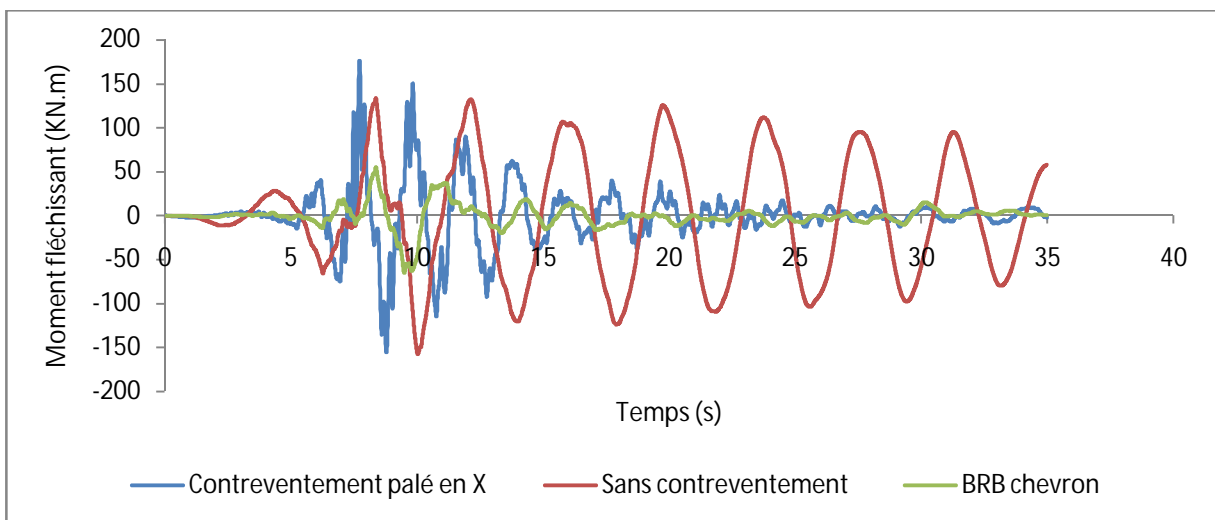


Figure IV.41 : Réponse temporelle du moment fléchissant.



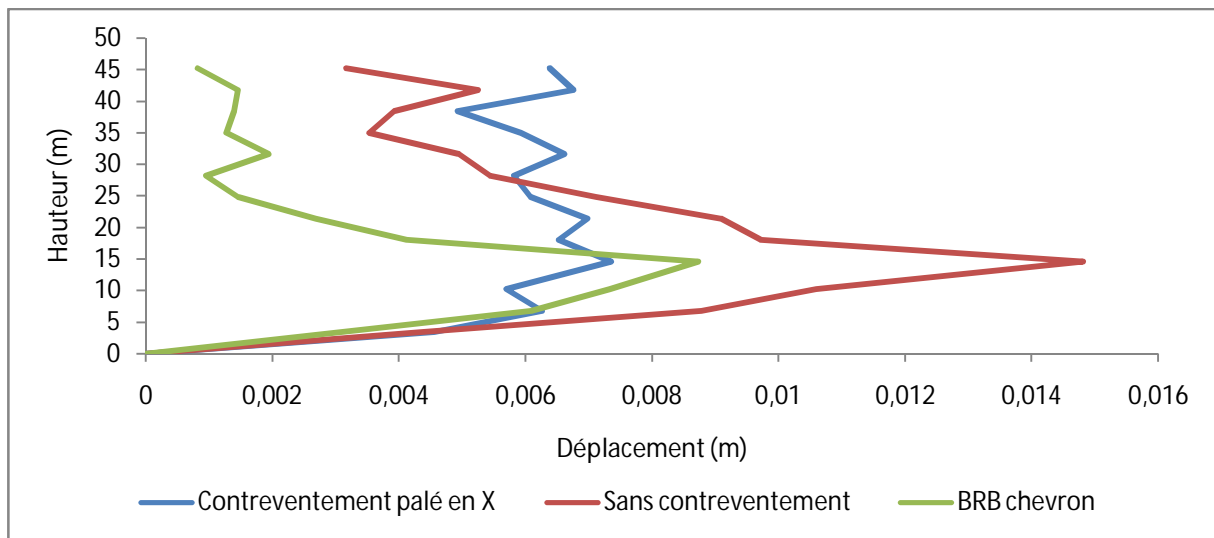
#### IV.6.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau montre le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	BRB chevron (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.003094
6.8	0.006263	0.008786	0.006092
10.2	0.0057	0.010591	0.007342
14.62	0.007354	0.014815	0.008735
18.02	0.006529	0.009719	0.00413
21.42	0.006978	0.009085	0.002691
24.82	0.00608	0.007111	0.001453
28.22	0.005819	0.005441	0.000948
31.62	0.006618	0.004953	0.00194
35.02	0.005925	0.003535	0.001278
38.42	0.004925	0.003925	0.001395
41.82	0.006759	0.005251	0.00146
45.22	0.006379	0.00317	0.000816

**Tableau IV.4:** Déplacement inter-étage BRB chevron.

On remarque que la courbe (figure IV .42) de la structure amortie (BRB chevron) affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage moins importante évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage.



**Figure IV.42 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.6.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

L'examen des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs BRB chevron a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On remarque une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 20 KN, (figure IV.43).

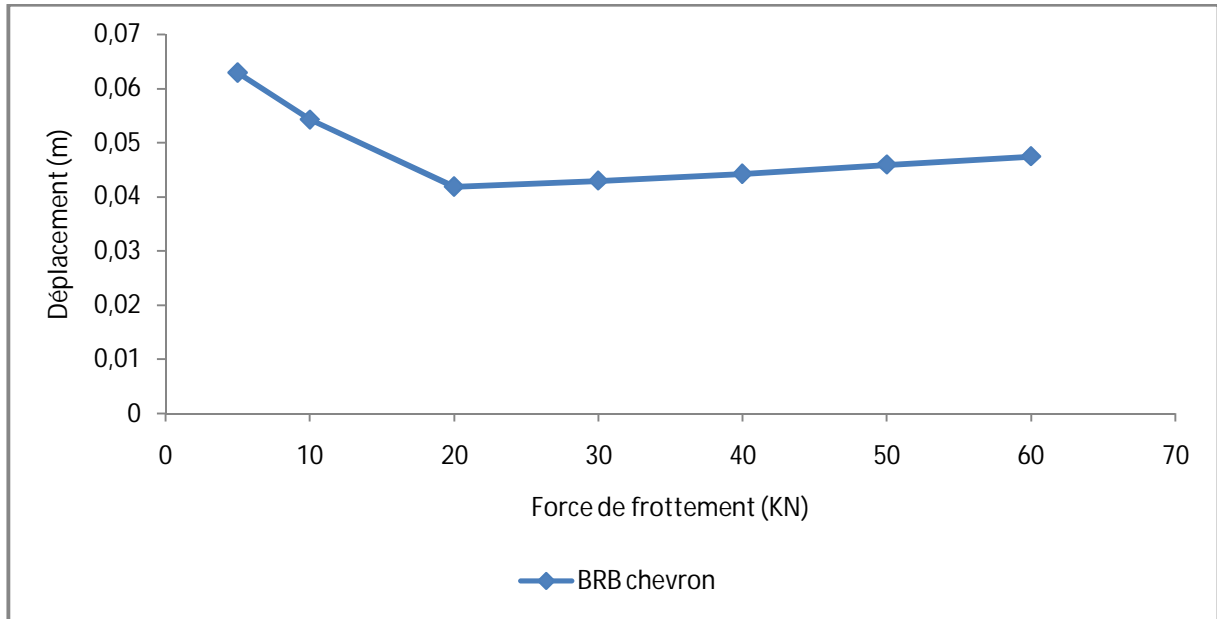
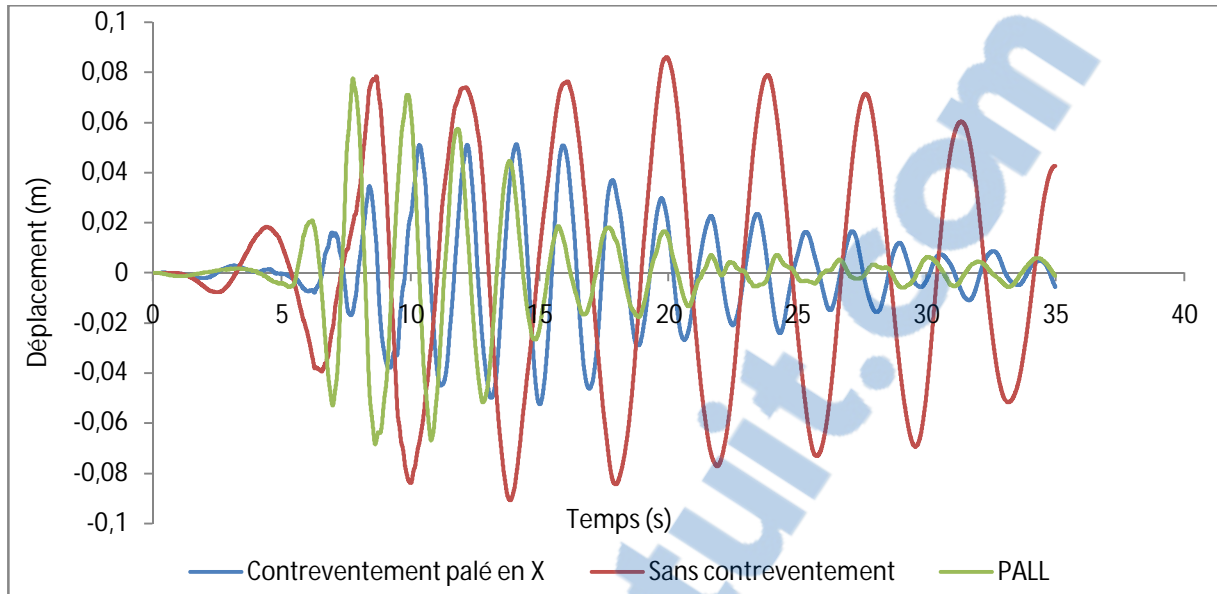


Figure IV.43 : Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.7. Analyse des réponses temporelles pour le système PALL :

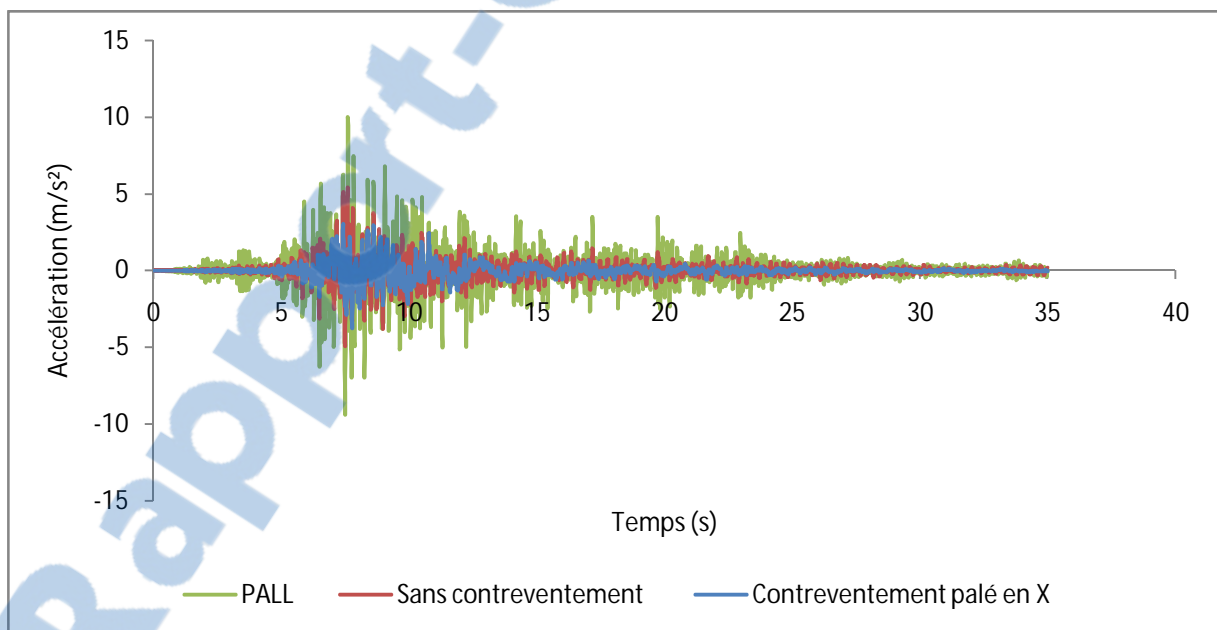
##### IV.7.1. variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La figure IV.44 représente la variation temporelle du déplacement maximum. L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale en déplacement de la structure amortie par le dispositif PALL de **-14,5%** par rapport à la structure non contreventée.



**Figure IV.44 :** Réponse temporelle du déplacement.

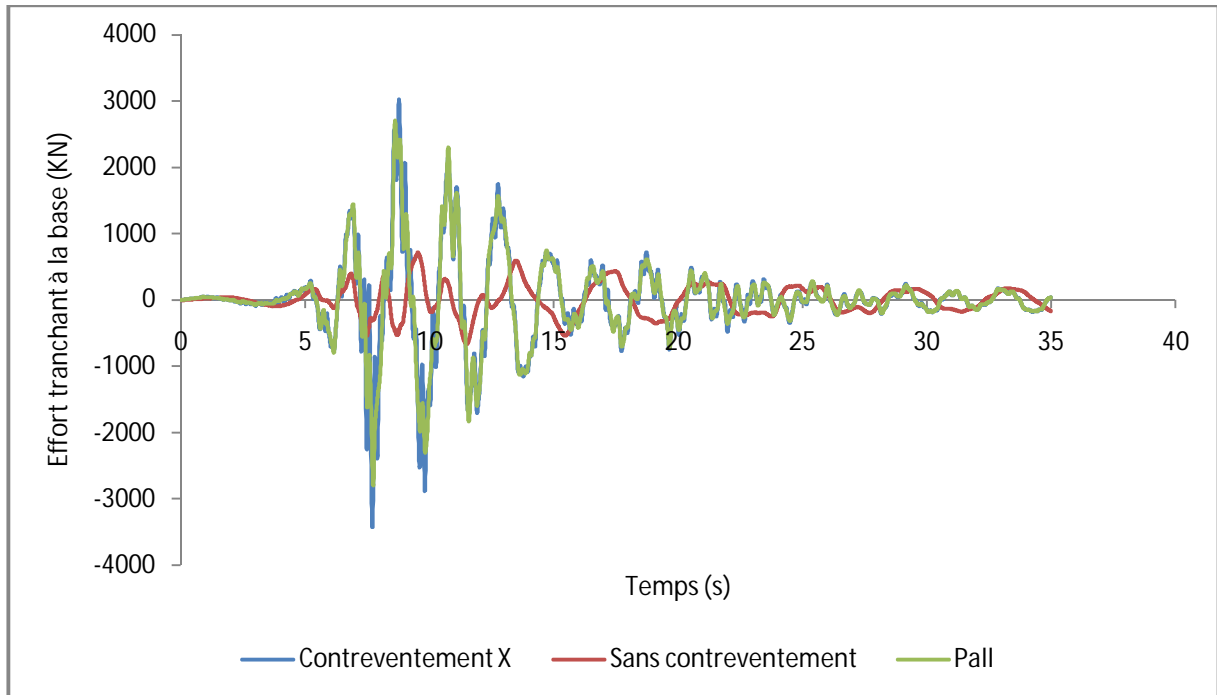
La figure IV.45 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on observe que l'accélération du dispositif PALL a augmenté de **+62,5%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.



**Figure IV.45 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.7.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.46) montre que la valeur de l'effort tranchant à la base de l'amortisseur PALL a diminué de **-18,4%** par rapport au contreventement en X.



**Figure IV.46 :** Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.7.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.47, figure IV.48, figure IV.49) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.47) montre une diminution de **-37%** en effort normal pour le système d'amortissement PALL par rapport à la structure contreventée.

L'effort tranchant du dispositif PALL (figure IV.48) diminue d'une valeur de **-18,5%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu, le moment fléchissant (figure IV.49) baisse de **-16%** par rapport au contreventement par palé en X.

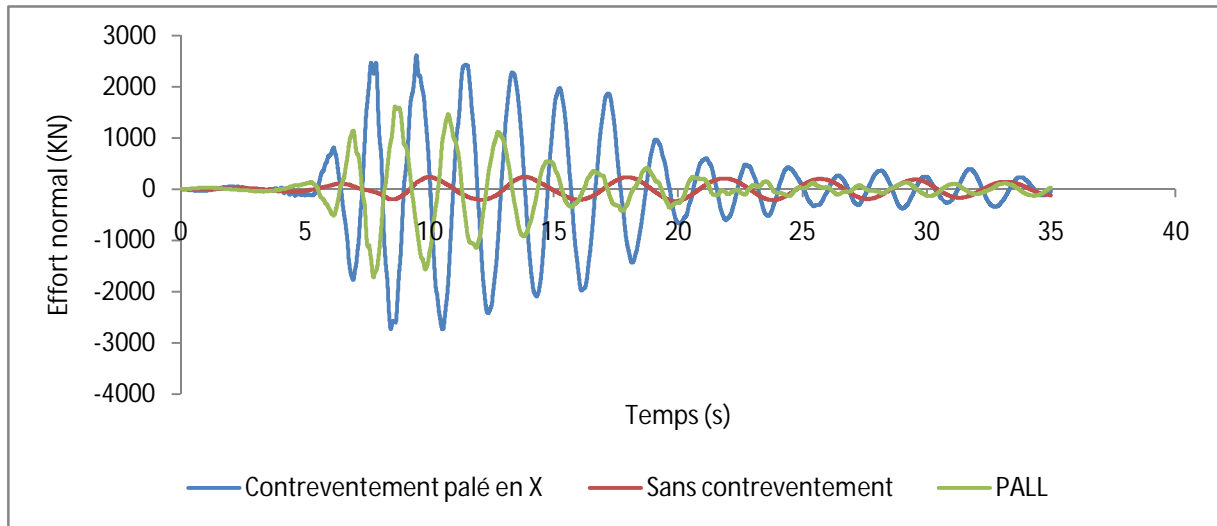


Figure IV.47 : Réponse temporelle de l'effort normal.

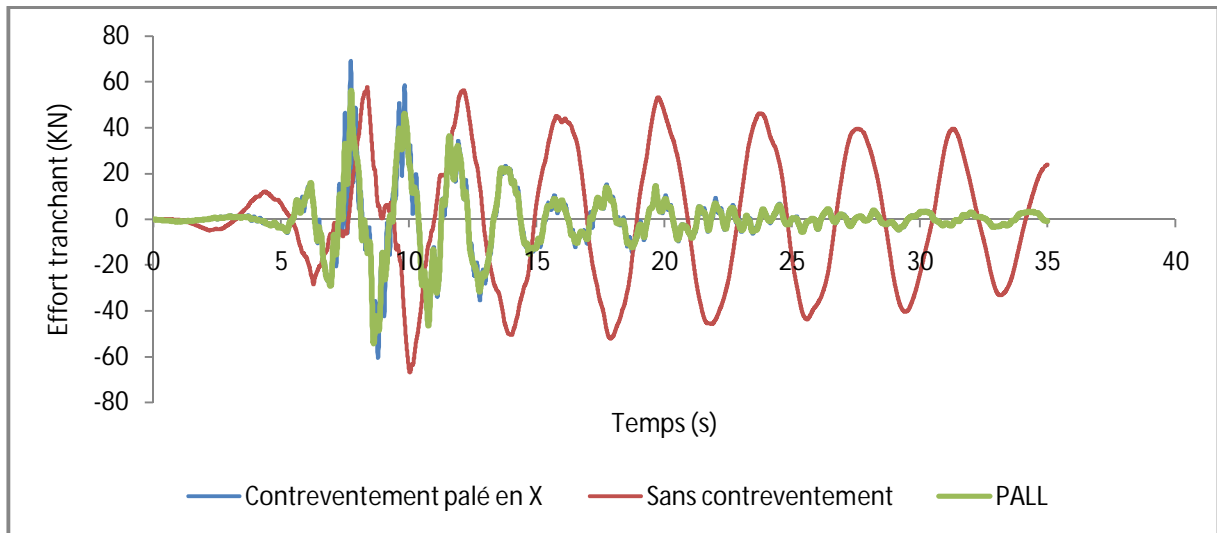


Figure IV.48 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

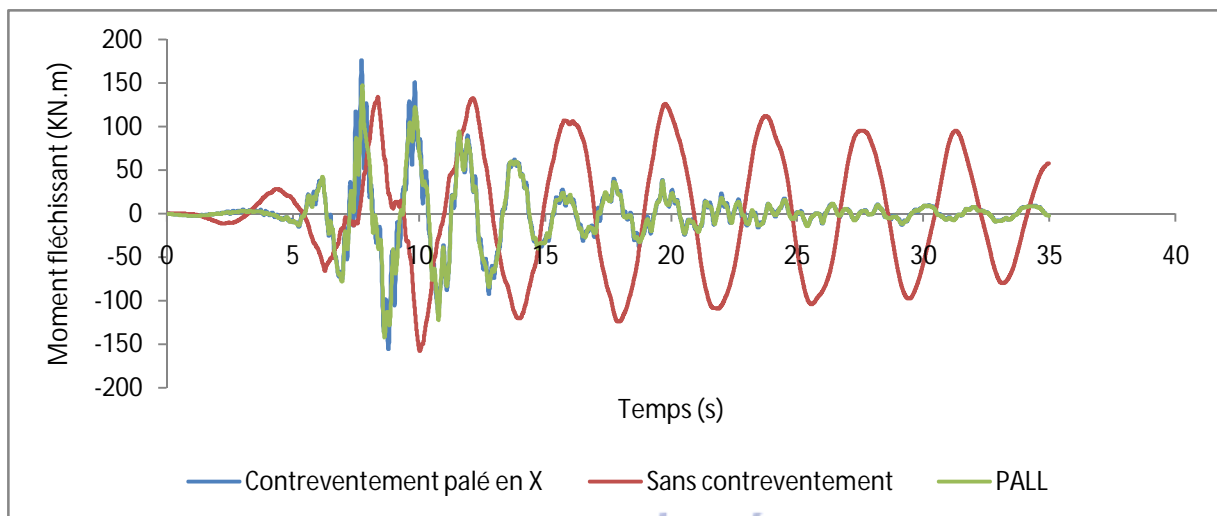


Figure IV.49 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

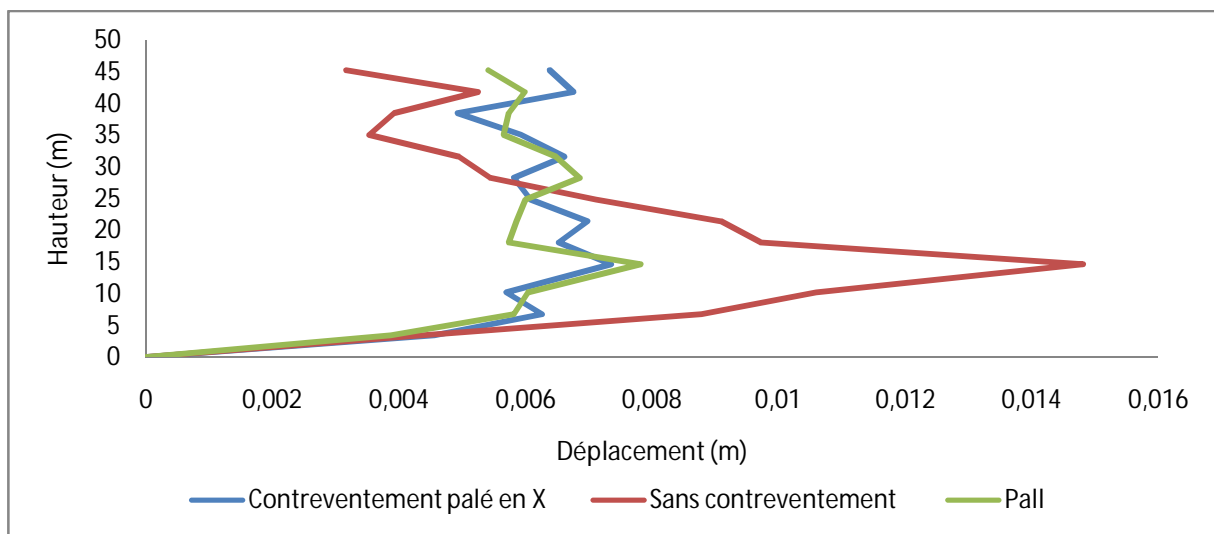
#### IV.7.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau représente le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	PALL (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.003882
6.8	0.006263	0.008786	0.005823
10.2	0.0057	0.010591	0.006045
14.62	0.007354	0.014815	0.007829
18.02	0.006529	0.009719	0.005744
21.42	0.006978	0.009085	0.005869
24.82	0.00608	0.007111	0.006005
28.22	0.005819	0.005441	0.006869
31.62	0.006618	0.004953	0.006491
35.02	0.005925	0.003535	0.005661
38.42	0.004925	0.003925	0.005744
41.82	0.006759	0.005251	0.005997
45.22	0.006379	0.00317	0.005417

**Tableau IV.5 :** Déplacement inter-étage PALL.

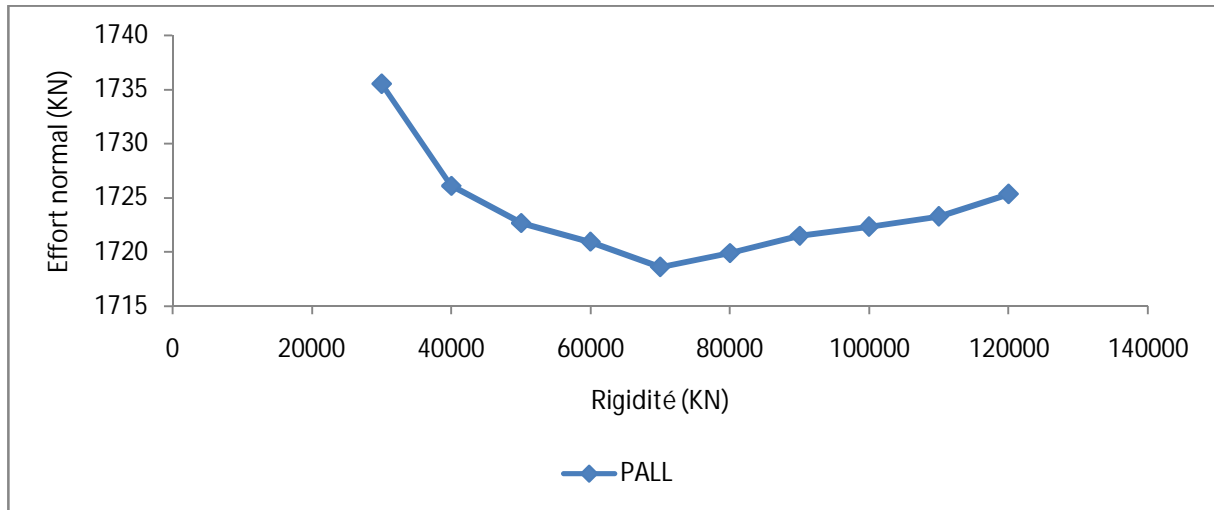
On constate que la courbe (figure IV 50) de la structure amortie (PALL) affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage moins importante évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage.



**Figure IV.50 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.7.5. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité :

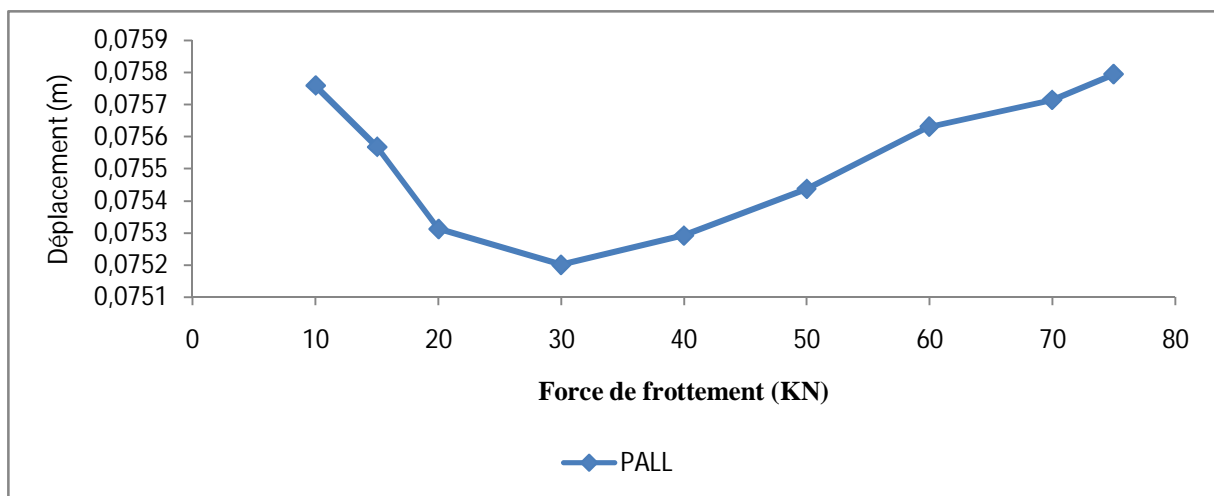
L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs PALL a donné lieu au traçage de la courbe de la variation de l'effort normale en fonction de la rigidité. On remarque une diminution de l'effort normal correspondante à l'augmentation de la rigidité jusqu'à une valeur optimale de 70000 KN, (figure IV.51).



**Figure IV.51 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.7.6. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs PALL a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On remarque une diminution du déplacement correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 30 KN, (figure IV.52).

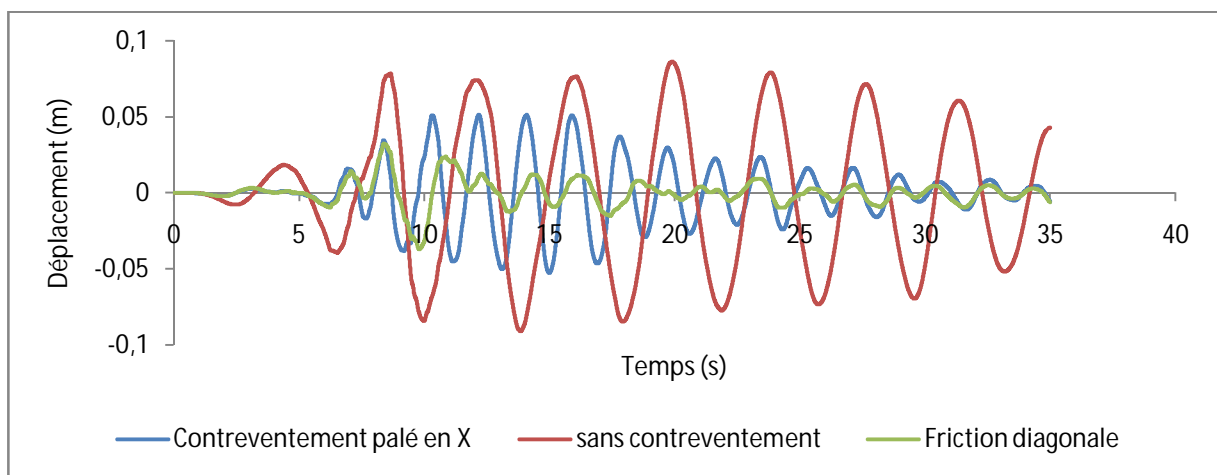


**Figure IV.52 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.8. Analyse des réponses temporelles pour le système FRICTION diagonale :

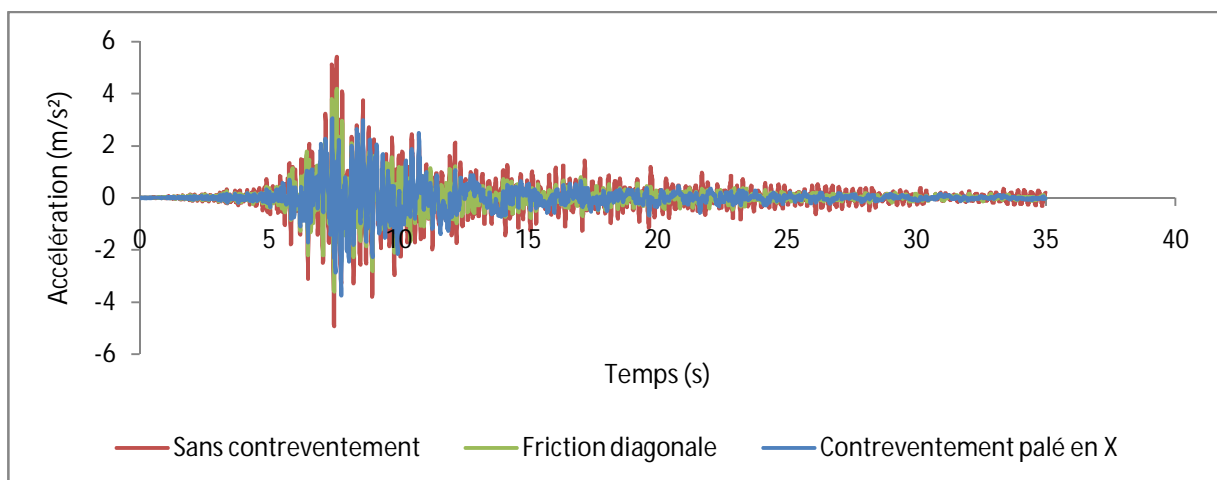
##### IV.8.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La figure IV.53 représente la variation temporelle du déplacement maximum. L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale en déplacement des deux modèles contreventé par palés en X et amortis par le dispositif FRICTION diagonale avec des pourcentages qui sont respectivement de **-42,26%** et **-59%**. On remarque que l'utilisation de ce dernier amortisseur a amoindri de peu le déplacement par rapport au contreventement par palé en X.



**Figure IV.53 :** Réponse temporelle du déplacement.

La figure IV.54 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on observe que l'accélération du dispositif FRICTION diagonale a augmenté de **+10%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.

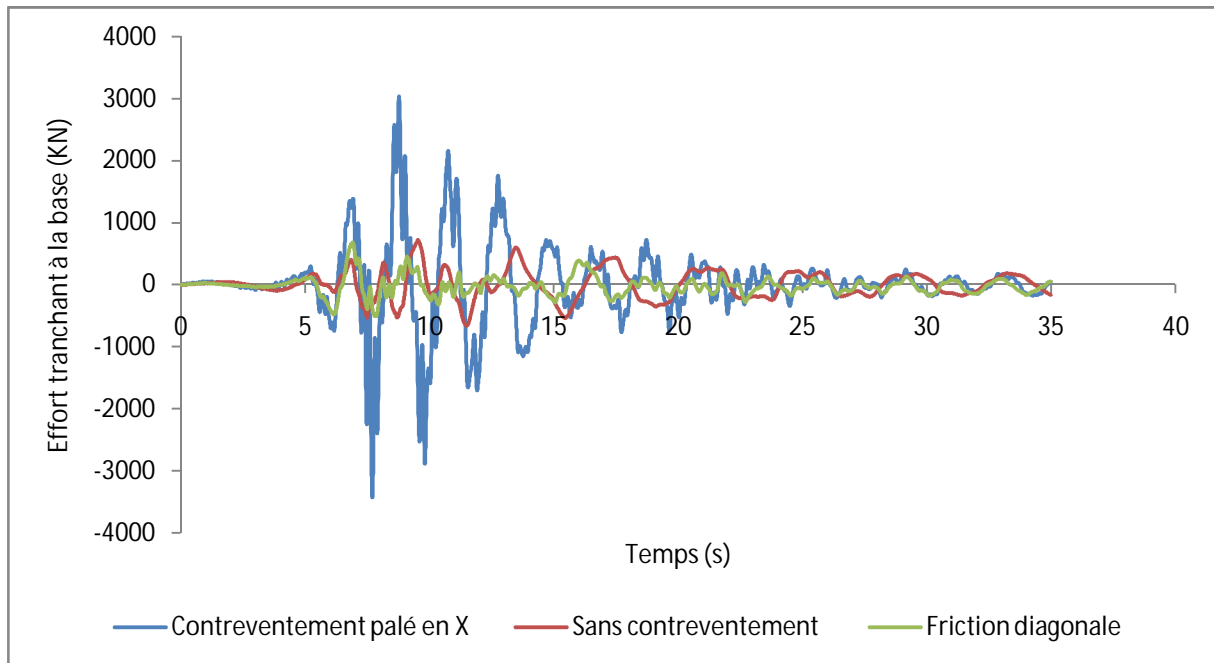


**Figure IV.54 :** Réponse temporelle de l'accélération.



#### IV.8.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.55) montre que la valeur de l'effort tranchant à la base de l'amortisseur FRICTION diagonale a diminué de **-80%** par rapport au contreventement en X.



**Figure IV.55 :** Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.8.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.56, figure IV.57, figure IV.58) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.56) montre une importante dépréciation pour le système d'amortissement FRICTION diagonale pour atteindre une valeur de **-96%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif FRICTION diagonale (figure IV.57) diminue considérablement d'une valeur de **-71%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu le moment fléchissant (figure IV.58) s'amointrit de **-58%** par rapport au contreventement par palé en X.

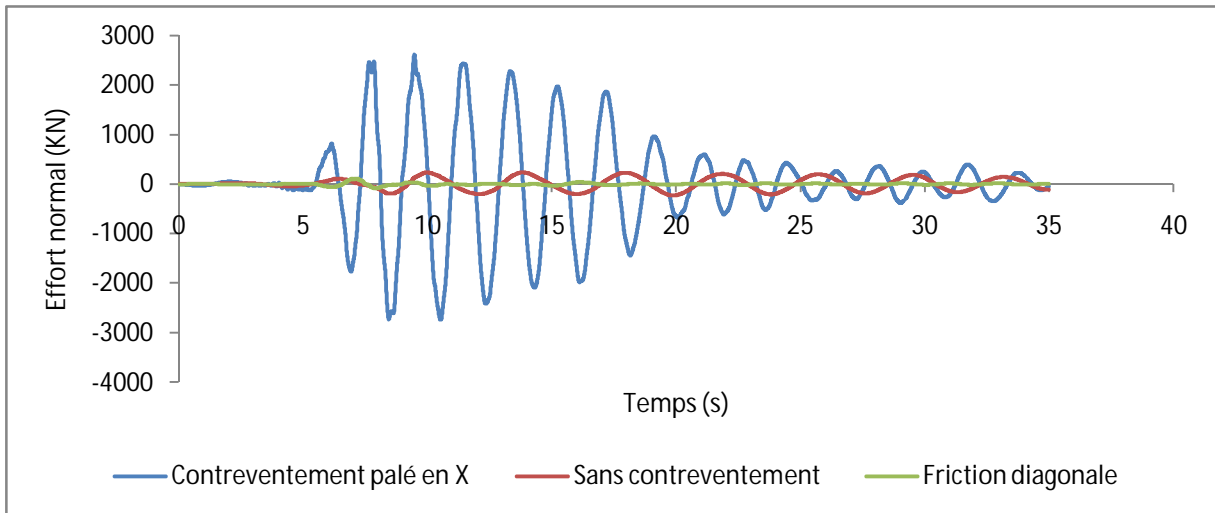


Figure IV.56 : Réponse temporelle de l'effort normal.

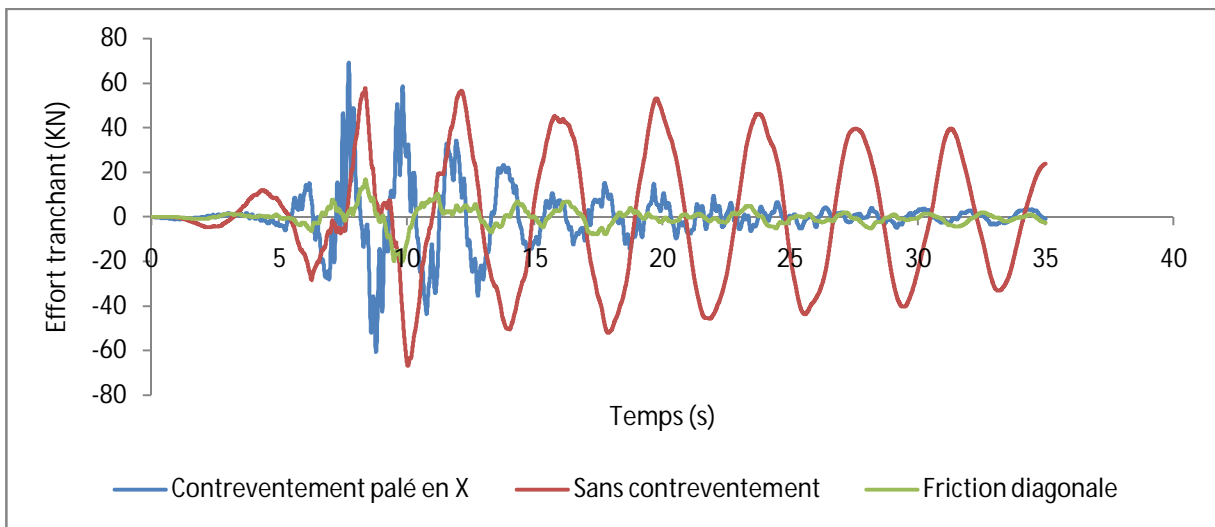


Figure IV.57 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

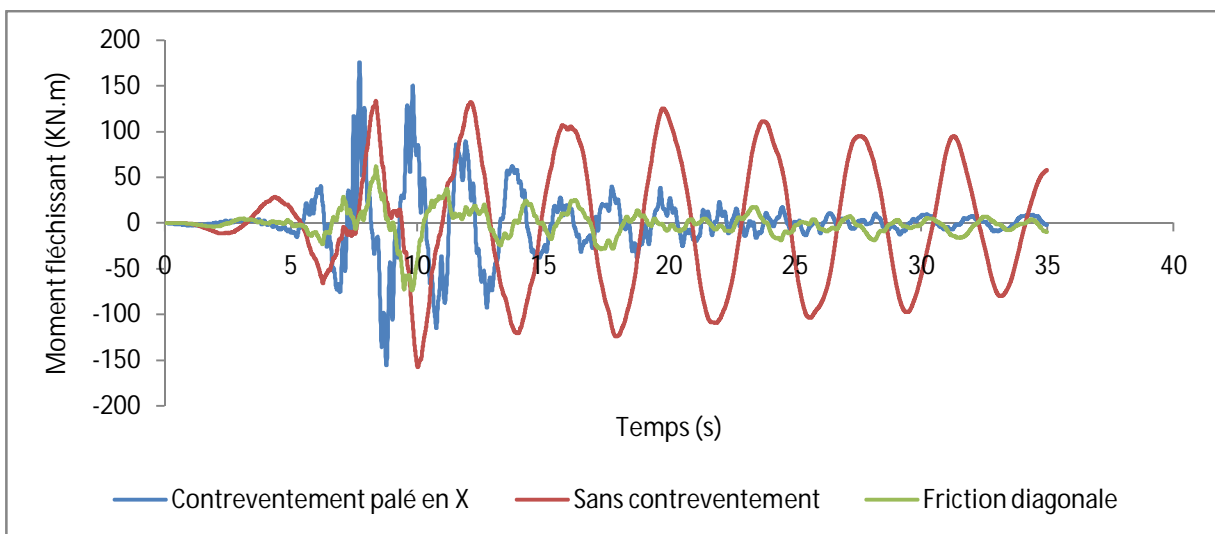


Figure IV.58 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

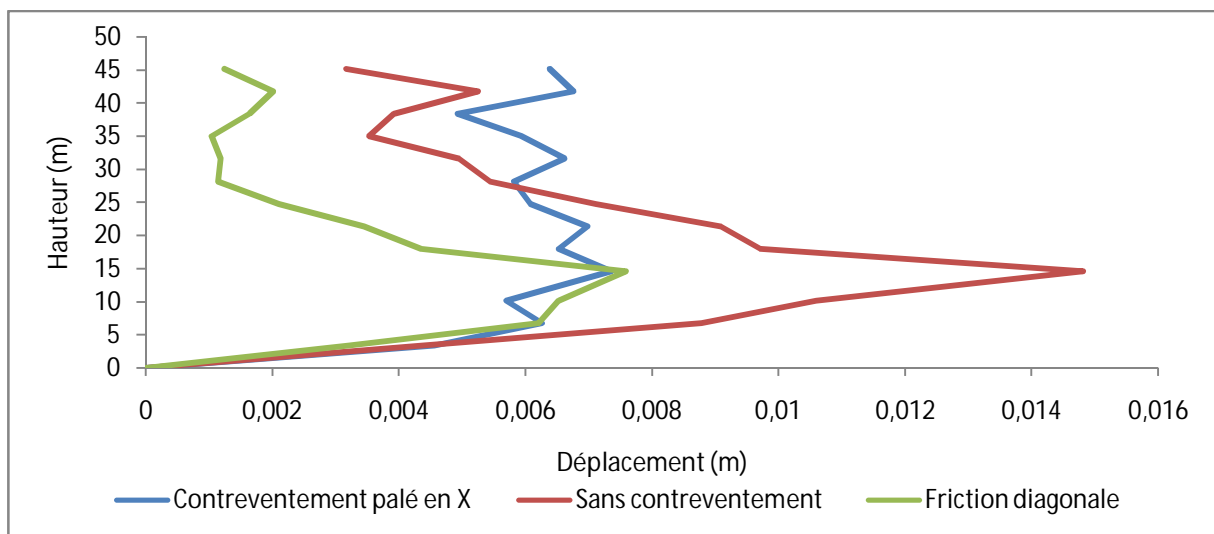
#### IV.8.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau montre le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	FRICTION diagonale (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.003206
6.8	0.006263	0.008786	0.006215
10.2	0.0057	0.010591	0.006527
14.62	0.007354	0.014815	0.007587
18.02	0.006529	0.009719	0.004346
21.42	0.006978	0.009085	0.003446
24.82	0.00608	0.007111	0.002104
28.22	0.005819	0.005441	0.001144
31.62	0.006618	0.004953	0.00118
35.02	0.005925	0.003535	0.00104
38.42	0.004925	0.003925	0.001634
41.82	0.006759	0.005251	0.002018
45.22	0.006379	0.00317	0.001249

**Tableau IV.6 :** Déplacement inter-étage FRICTION diagonale.

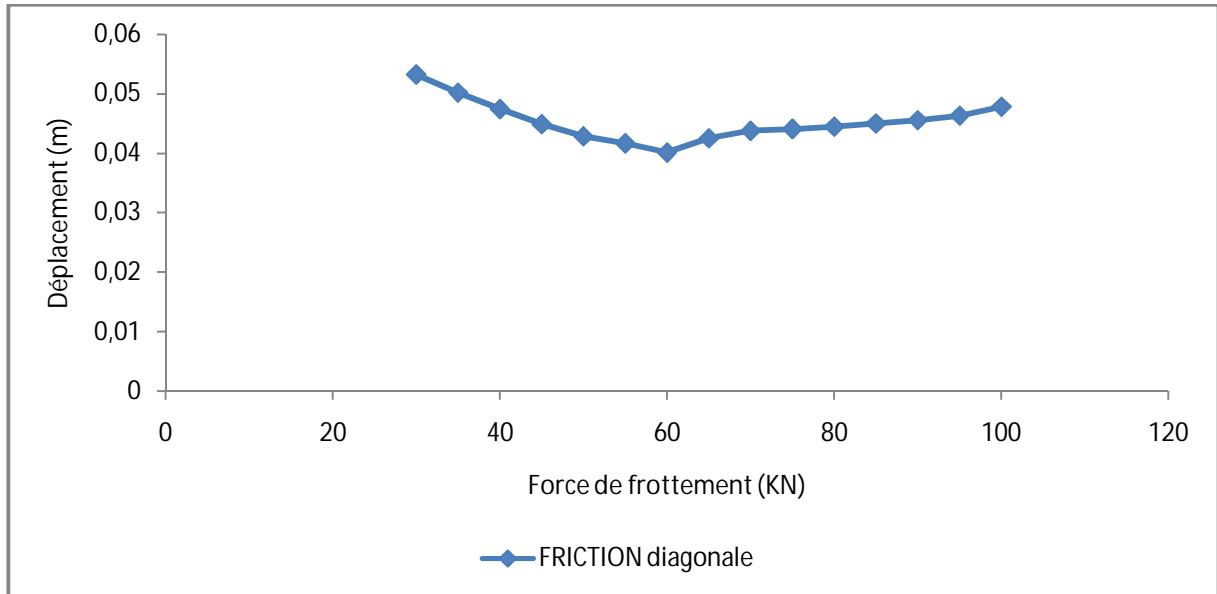
On observe que la courbe de la structure amortie (FRICTION diagonale) affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage moins importante évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage, (figure IV.59).



**Figure IV.59 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.8.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs FRICTION diagonale a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On observe une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 60 KN, (figure IV.60).

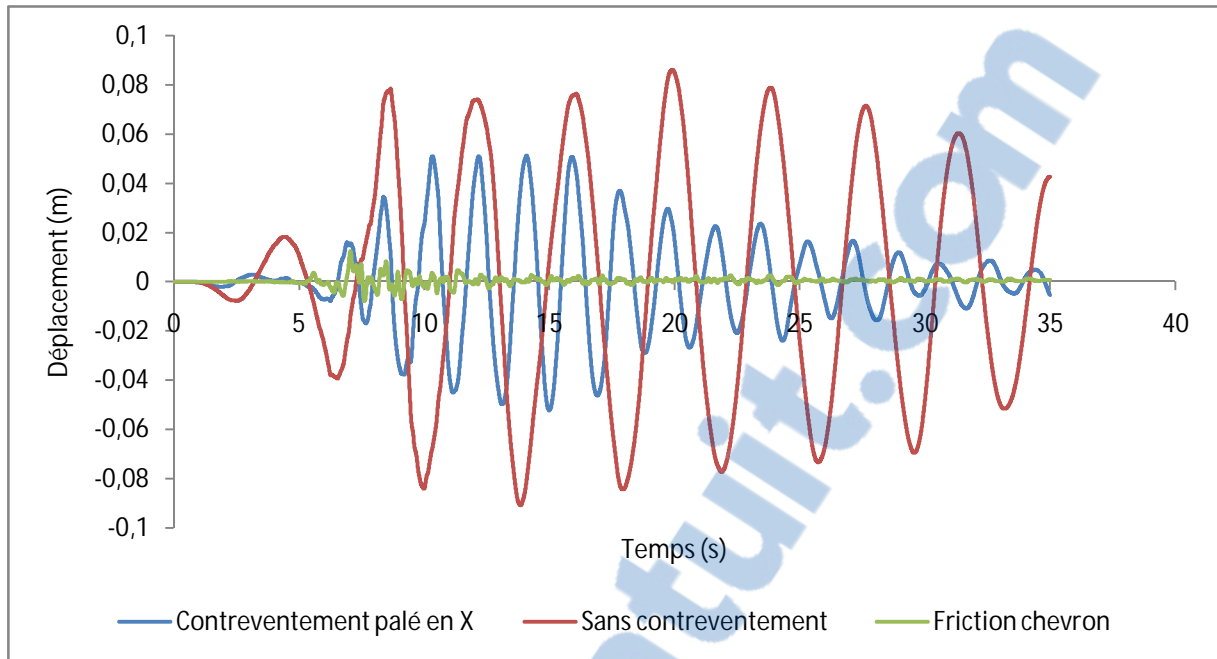


**Figure IV.60 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.9. Analyse des réponses temporelles pour le système FRICTION chevron :

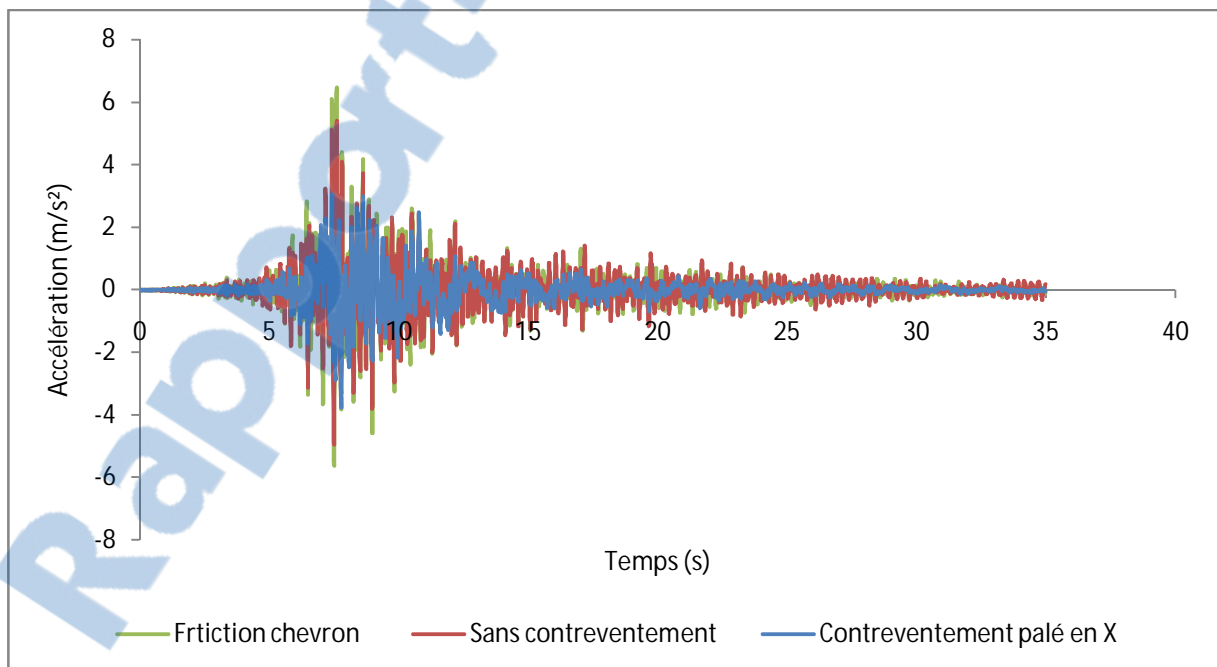
##### IV.9.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

La figure IV.61 représente la variation du déplacement en fonction du temps. L'analyse de cette figure montre une réduction de la valeur maximale en déplacement des deux structures contreventée par palés en X et amortis par le dispositif FRICTION chevron avec des pourcentages qui sont respectivement de **-42,26%** et **-76%**. On remarque que l'utilisation de ce dernier amortisseur a amoindri de peu le déplacement par rapport au contreventement par palé en X.



**Figure IV.61 :** Réponse temporelle du déplacement.

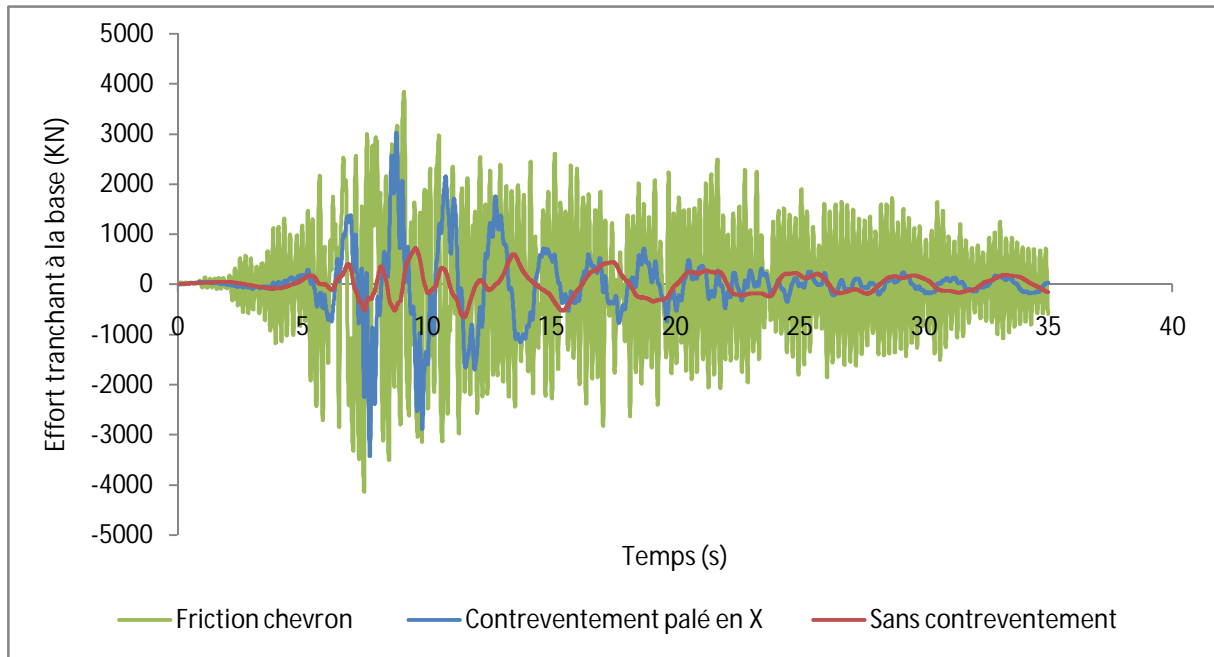
La figure IV.62 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on observe que l'accélération du dispositif FRICTION chevron a augmenté de **+42%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.



**Figure IV.62 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.9.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.63) montre que la valeur de l'effort tranchant à la base de l'amortisseur FRICTION chevron a augmenté de **+17%** par rapport au contreventement en X.



**Figure IV.63** : Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.9.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.64, figure IV.65, figure IV.66) illustrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la figure IV.64 montre une importante diminution pour le système d'amortissement FRICTION chevron pour atteindre une valeur de **-90%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif FRICTION chevron (figure IV.65) diminue d'une valeur très importante qui est de **-98,5%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu le moment fléchissant (figure IV.66) s'atténue de **-91,5%** par rapport au contreventement par palé en X.

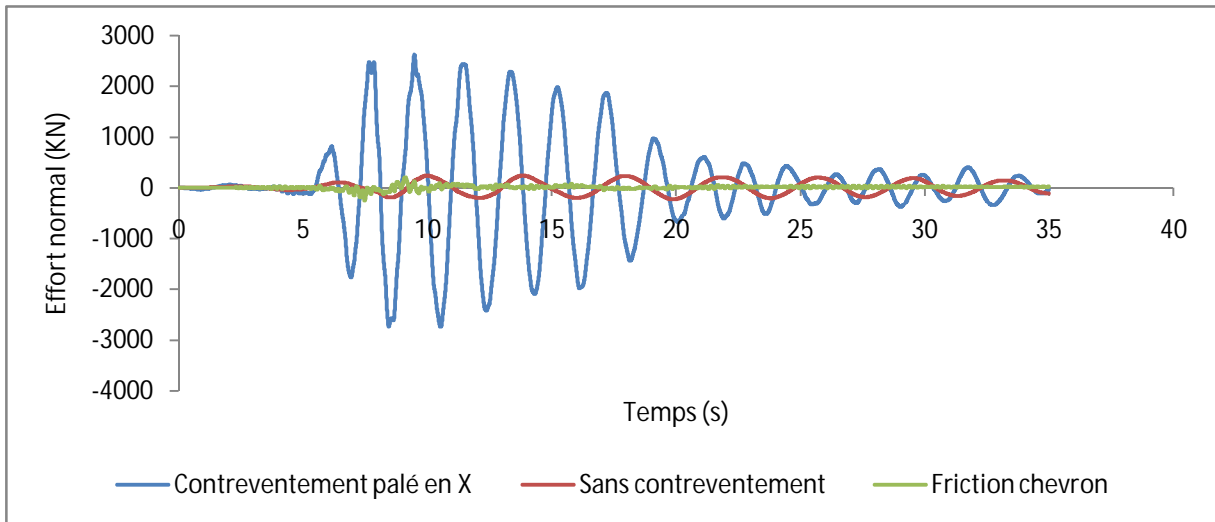


Figure IV.64 : Réponse temporelle de l'effort normal.

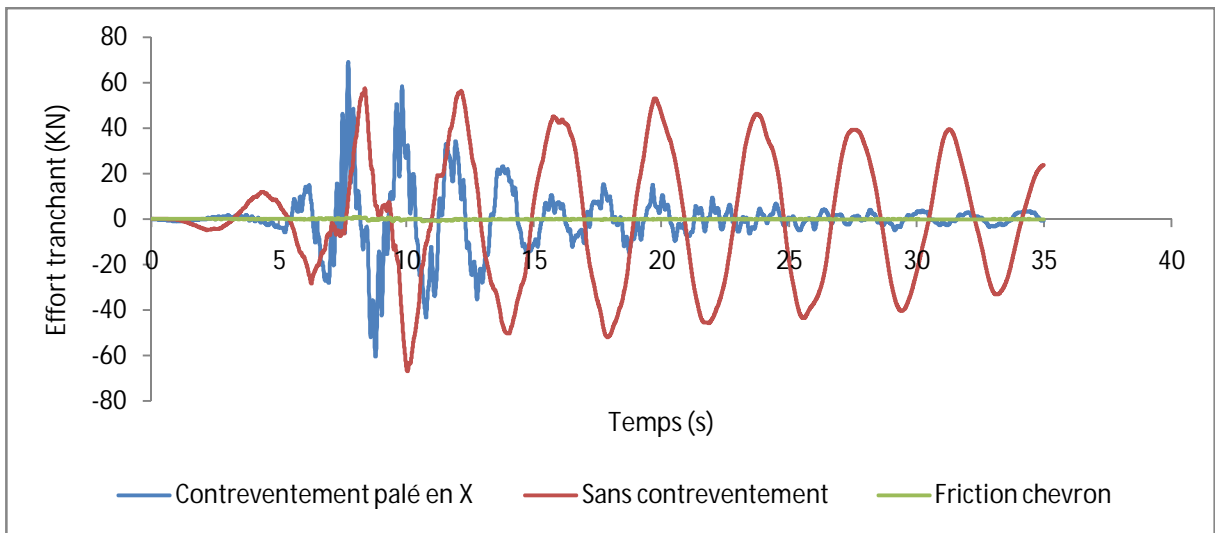


Figure IV.65 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

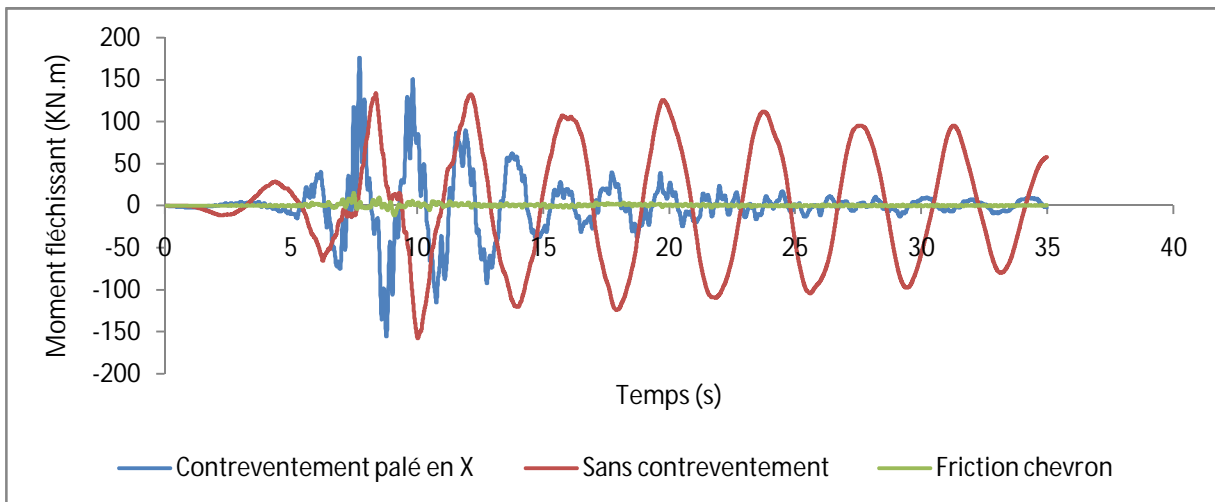


Figure IV.66 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

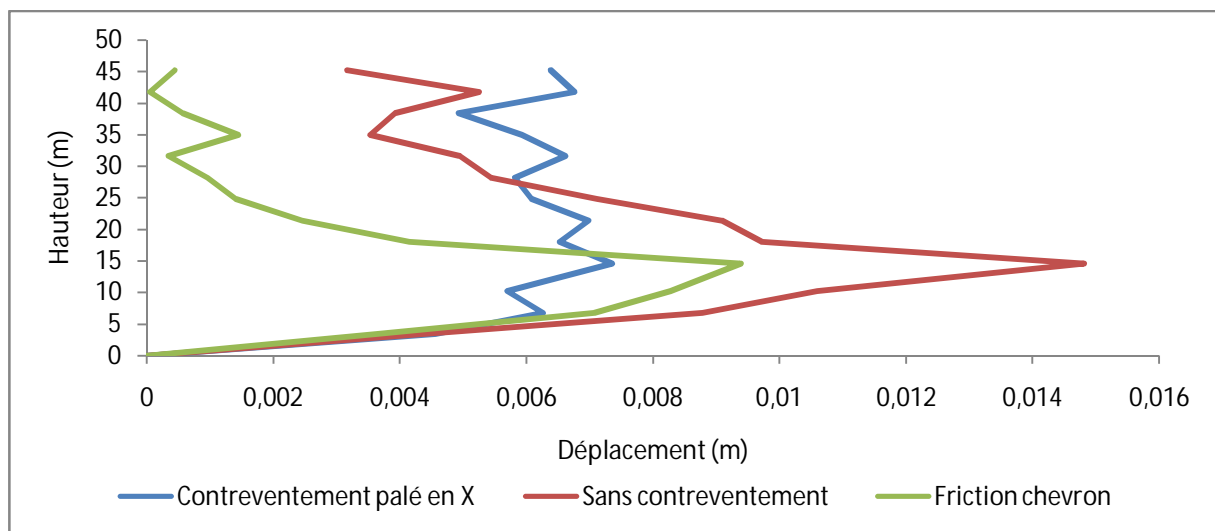
#### IV.9.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau représente le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	FRICTION chevron (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.003639
6.8	0.006263	0.008786	0.007079
10.2	0.0057	0.010591	0.008283
14.62	0.007354	0.014815	0.009397
18.02	0.006529	0.009719	0.004153
21.42	0.006978	0.009085	0.002456
24.82	0.00608	0.007111	0.001409
28.22	0.005819	0.005441	0.000964
31.62	0.006618	0.004953	0.000347
35.02	0.005925	0.003535	0.001451
38.42	0.004925	0.003925	0.00057
41.82	0.006759	0.005251	5.5E-05
45.22	0.006379	0.00317	0.000444

**Tableau IV.7:** Déplacement inter-étage FRICTION chevron.

On constate que la courbe (figure IV.67) de la structure amortie (FRICTION chevron) affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage moins importante évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage.

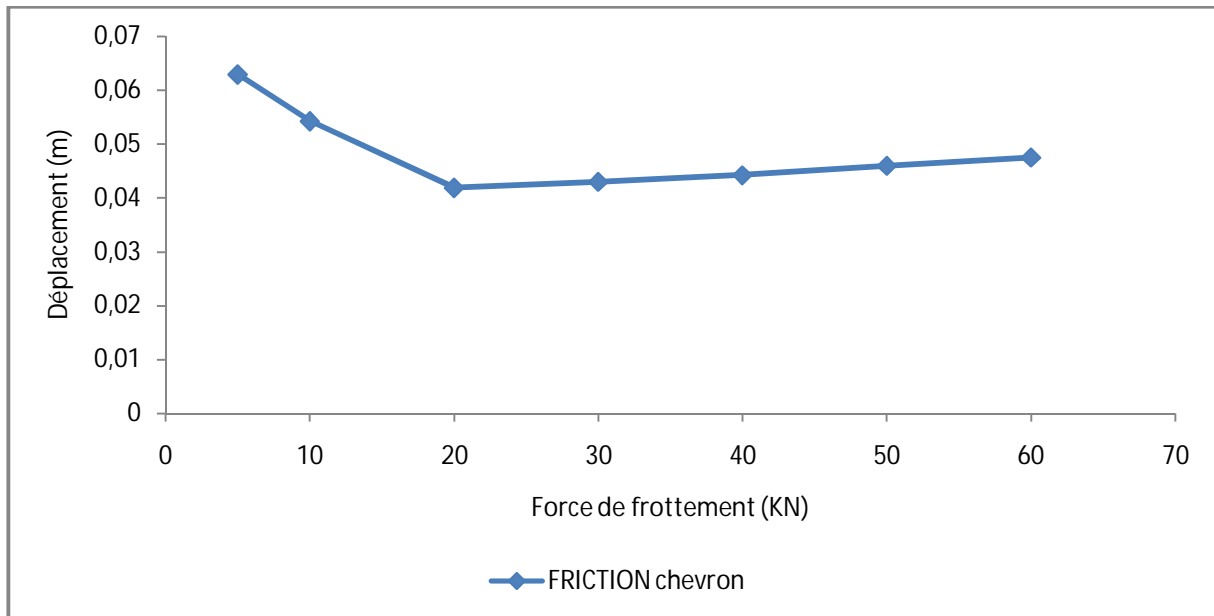


**Figure IV.67 :** Déplacement inter-étage.



#### IV.9.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

La recherche des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs FRICTION diagonale a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On distingue une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 20 KN, (figure IV.68).



**Figure IV.68 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

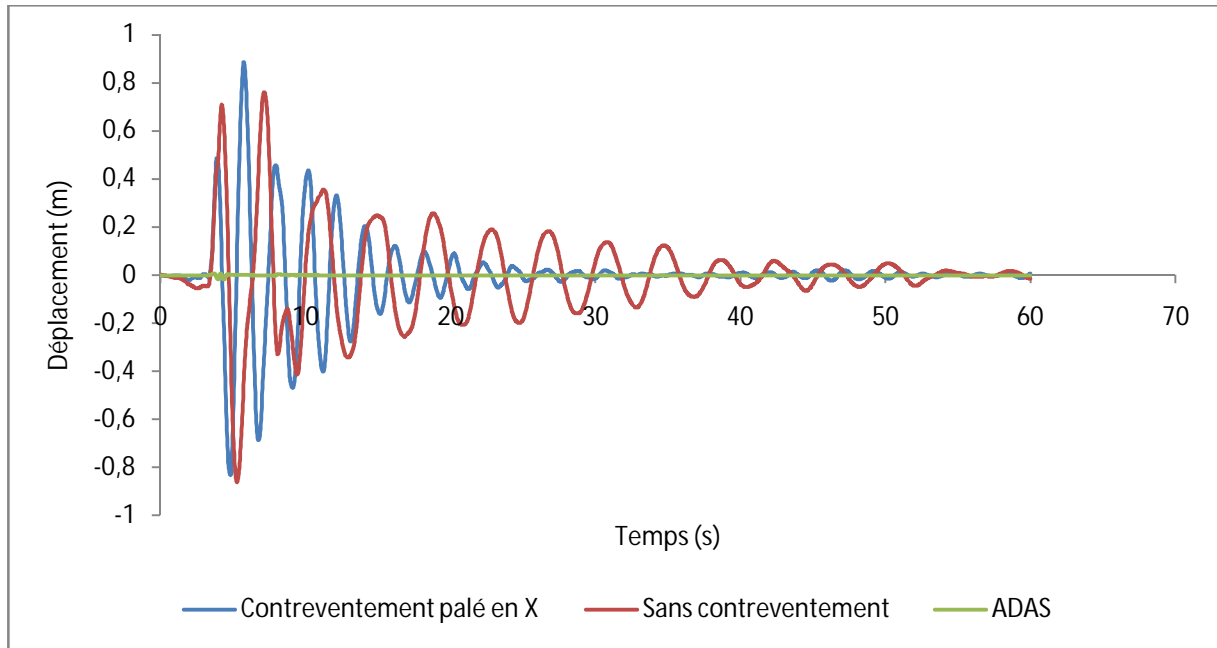
#### a. Signale sismique de la station de Northridge :

### IV.10. Analyse des réponses temporelles pour le système ADAS :

#### IV.10.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

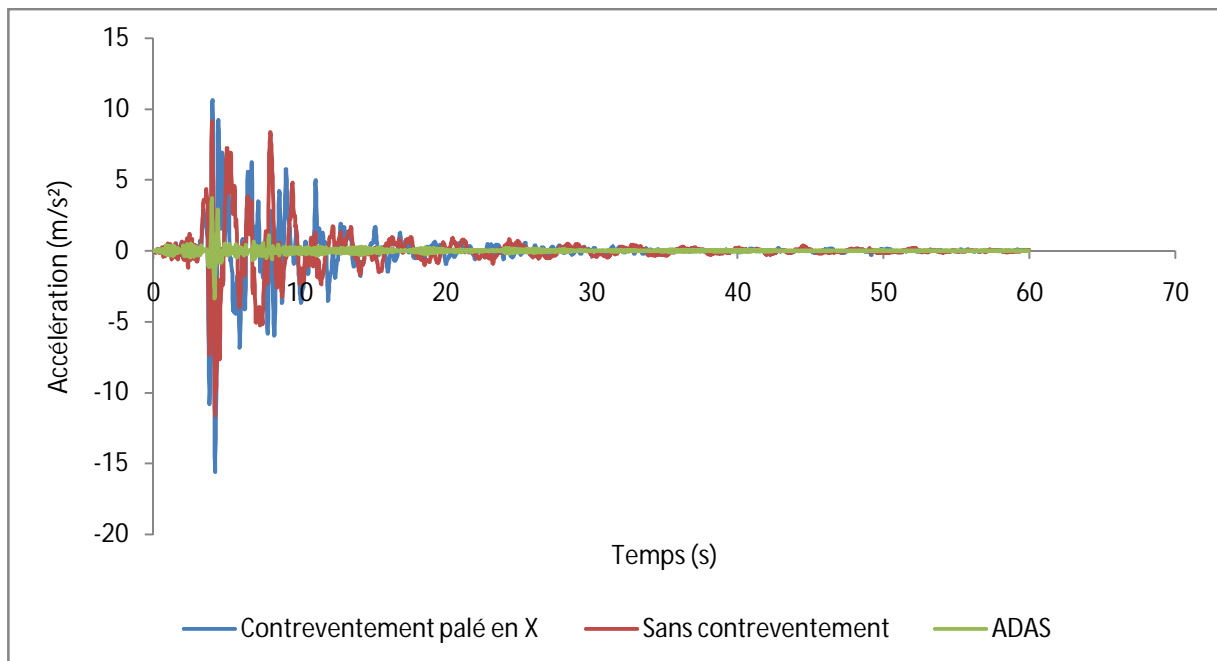
Les résultats obtenus ont été comparés avec les modèles contreventée, non contreventée et amortis comme les montrent les (figures IV.69 et IV.70).

La courbe de la (figure IV.69) représente la variation du déplacement maximum en fonction du temps. L'analyse de cette figure montre une diminution de la valeur maximale en déplacement, le modèle amorti ADAS a permis une décroissance très importante de **-98%** par rapport au modèle contreventé, cela est dus à l'apport de la rigidité et de la force de frottement de l'amortisseur.



**Figure IV.69 :** Réponse temporelle du déplacement.

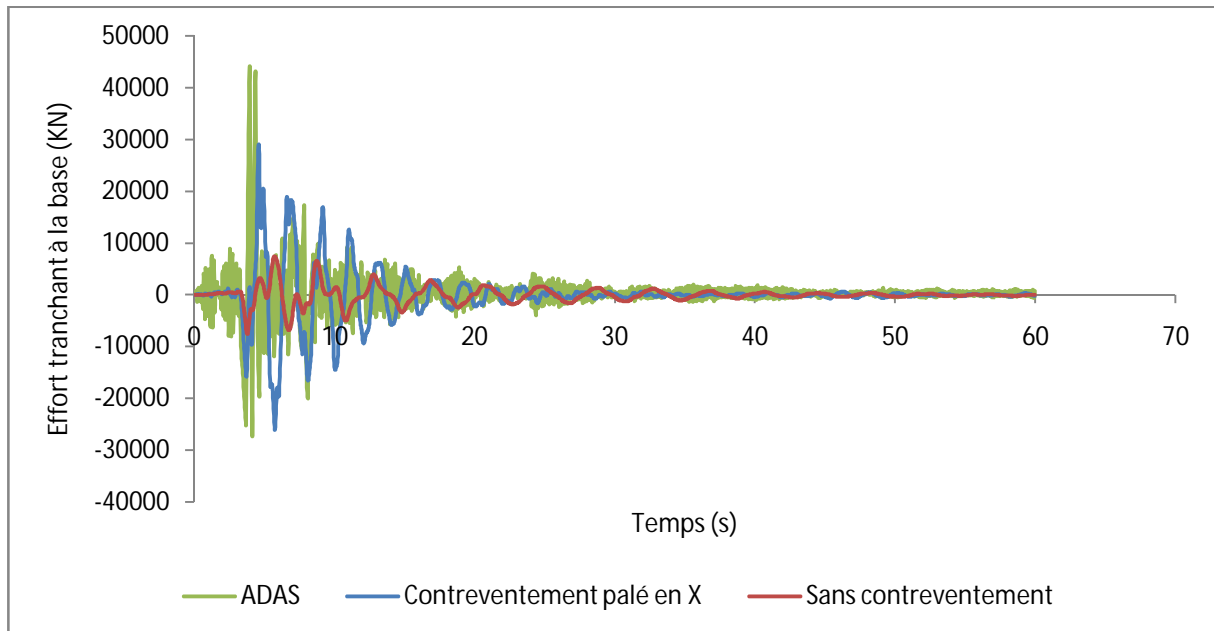
La figure IV.70 montre une comparaison de ces derniers modèles en termes d'accélération, après l'analyse on remarque que l'accélération du dispositif ADAS a diminuée de **-76%** en comparaison à la structure contreventée.



**Figure IV.70 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.10.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.71) montre que l'amortisseur ADAS donne une valeur très importante de l'effort tranchant à la base par rapport aux deux structures (contreventée par palé en X et auto stable), avec des taux de pourcentages qui sont les suivants **-34%** et **-83%**.



**Figure IV.71** : Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.10.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.72, figure IV.73, figure IV.74) montrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.72) montre une forte diminution pour le système d'amortissement ADAS pour atteindre une valeur de **-92,5%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif ADAS (figure IV.73) diminue considérablement d'une valeur de **-97%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu le moment fléchissant (figure IV.74) s'atténue énormément de **-92%**.

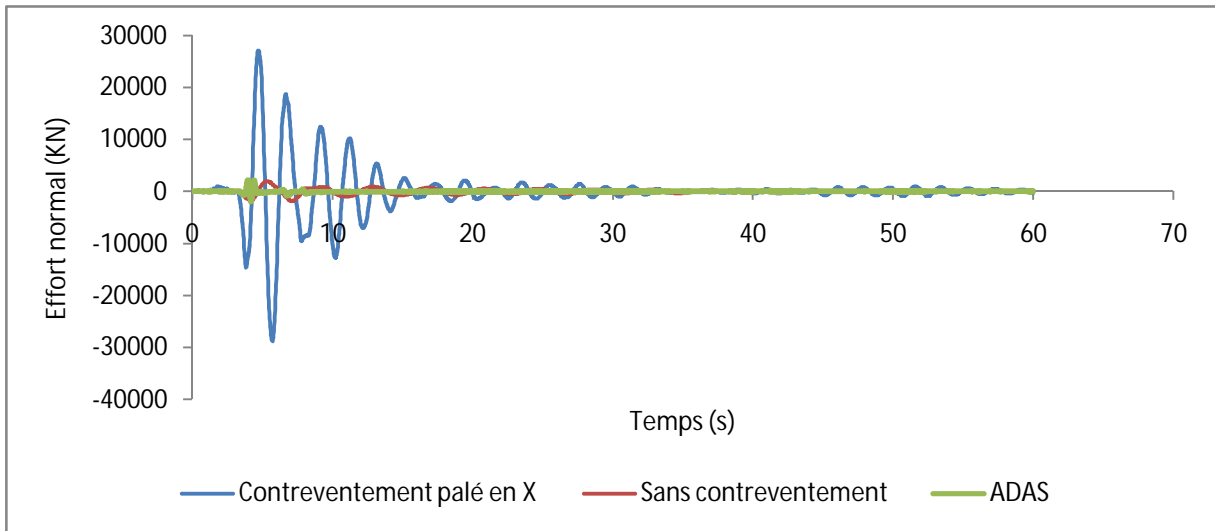


Figure IV.72 : Réponse temporelle de l'effort normal.

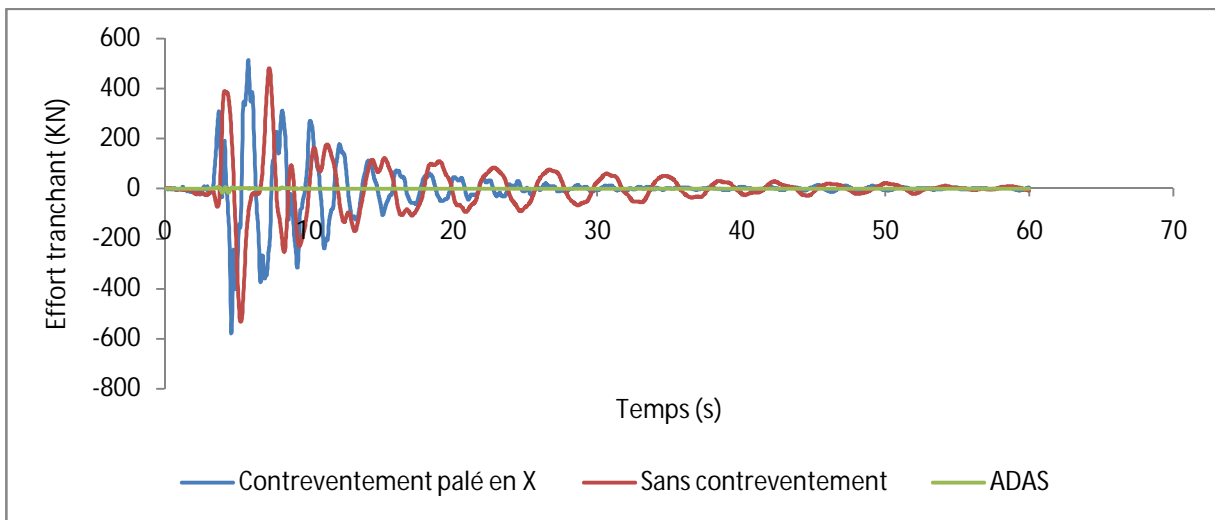


Figure IV.73 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

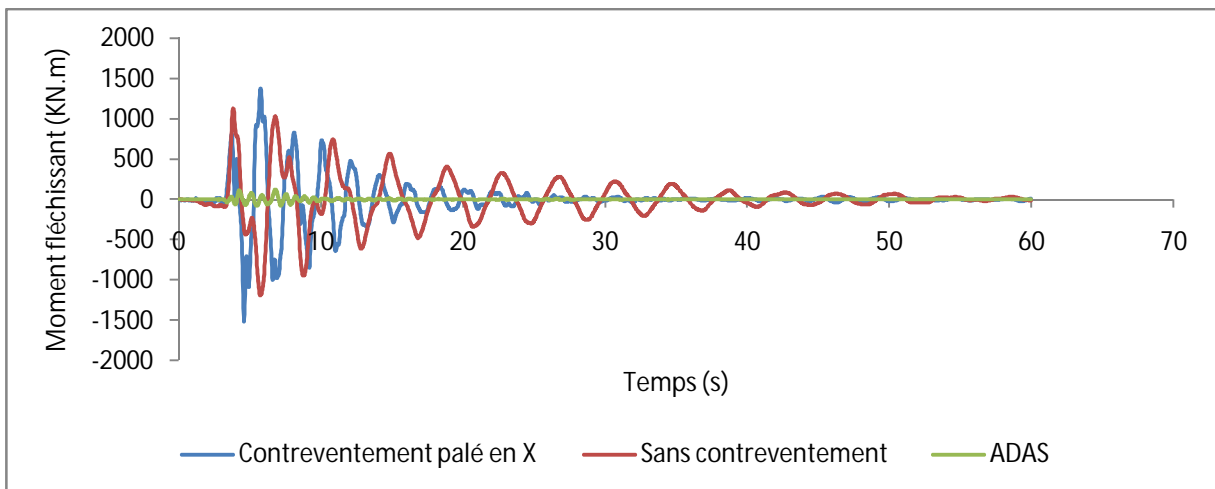


Figure IV.74 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

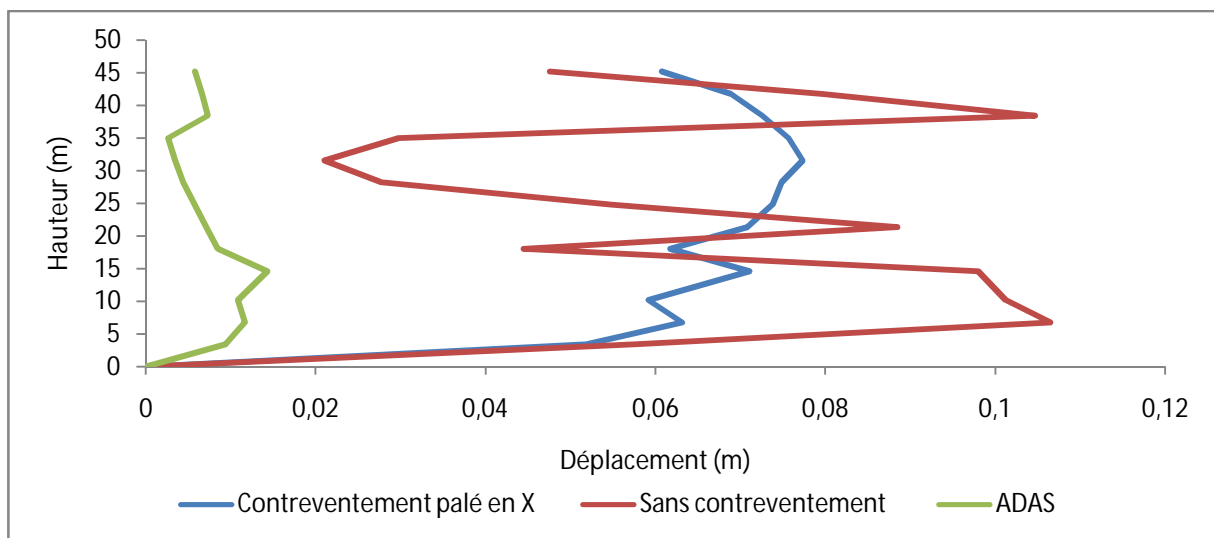
#### IV.10.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau montre le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	ADAS (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.0094
6.8	0.006263	0.008786	0.011659
10.2	0.0057	0.010591	0.010889
14.62	0.007354	0.014815	0.014319
18.02	0.006529	0.009719	0.008527
21.42	0.006978	0.009085	0.007182
24.82	0.00608	0.007111	0.005774
28.22	0.005819	0.005441	0.004475
31.62	0.006618	0.004953	0.003483
35.02	0.005925	0.003535	0.002644
38.42	0.004925	0.003925	0.00732
41.82	0.006759	0.005251	0.006649
45.22	0.006379	0.00317	0.005774

**Tableau IV.8 :** Déplacement inter-étage ADAS.

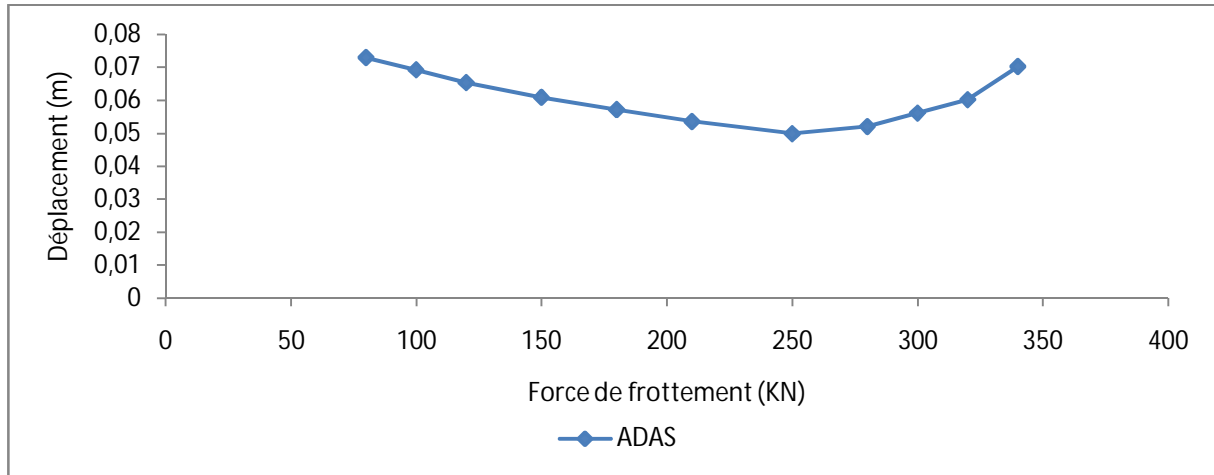
On constate que la courbe (figure IV.75) de la structure amortie (ADAS) prend l'allure presque d'une droite et affiche des valeurs inférieures à celle obtenus des courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage beaucoup moins importante, évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage.



**Figure IV.75 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.10.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

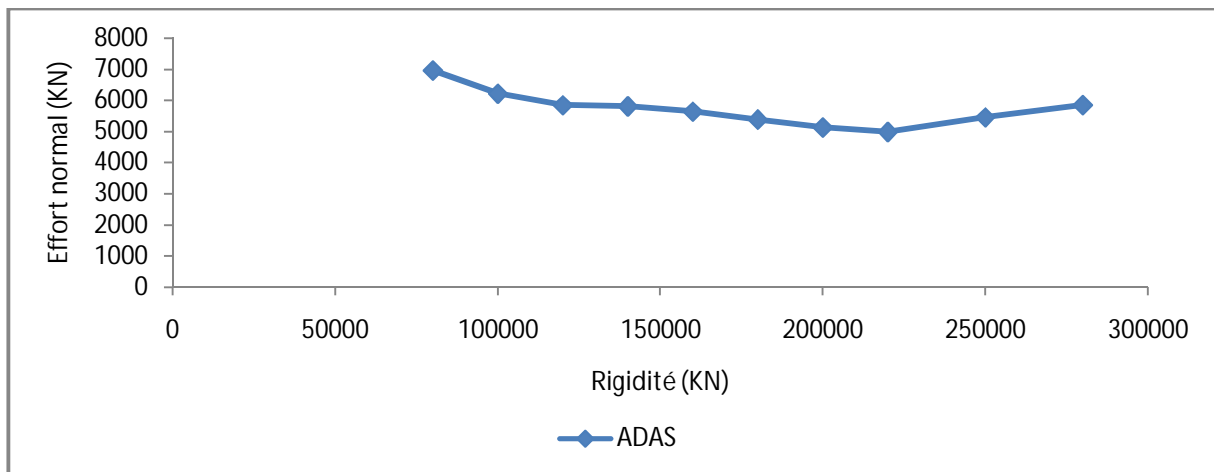
L'examen des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs ADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On observe une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 250 KN, (figure IV.76).



**Figure IV.76 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.10.6. Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité :

L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs ADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation de l'effort normal en fonction de la rigidité. On observe une décroissance de l'effort normal correspondante à l'augmentation de la rigidité jusqu'à une valeur optimale de 220000 KN, (figure IV.77).



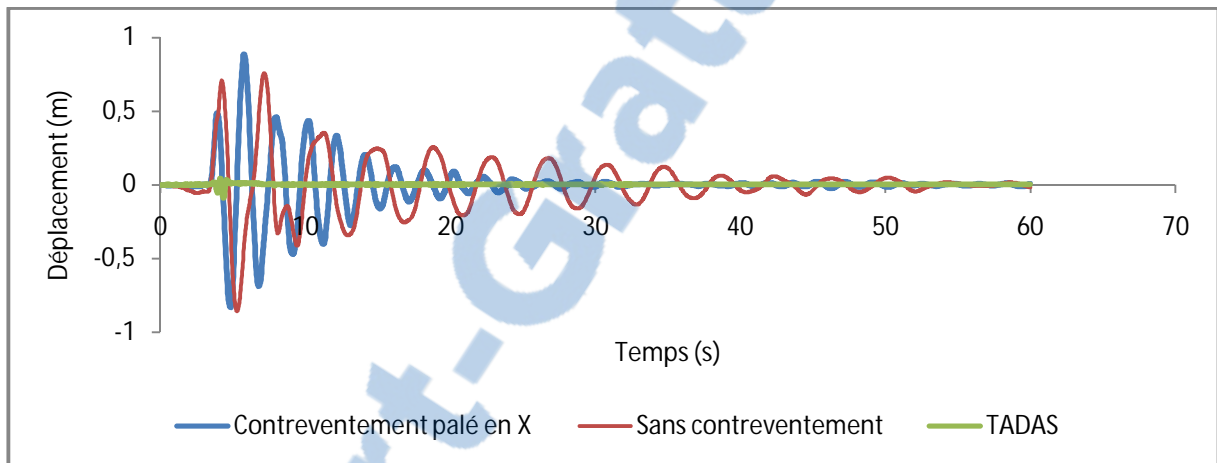
**Figure IV.77 :** Variation de l'effort normal en fonction de la rigidité.

## IV.11. Analyse des réponses temporelles pour le système TADAS :

### IV.11.1. Variation du déplacement et accélération en fonction du temps :

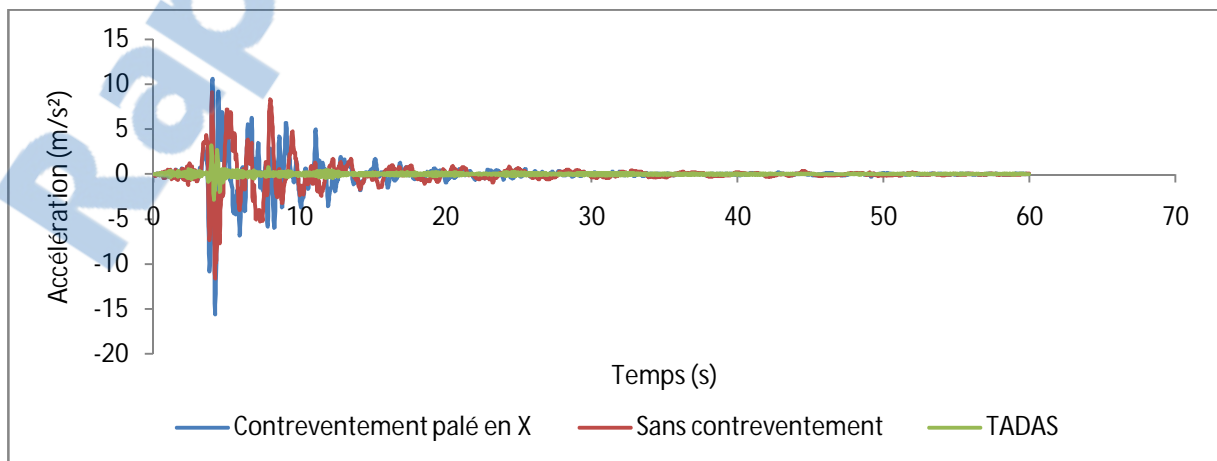
Les résultats obtenus ont été comparés avec le modèle contreventé, non contreventé et amorti comme le montrent les (figures IV.78 et IV.79).

La courbe de la (figure IV.78) représente la variation du déplacement maximum en fonction du temps. L'analyse de cette figure montre une diminution de la valeur maximale en déplacement, le modèle amorti TADAS a permis une décroissance importante de **-89%** par rapport au modèle contreventé.



**Figure IV.78 :** Réponse temporelle du déplacement.

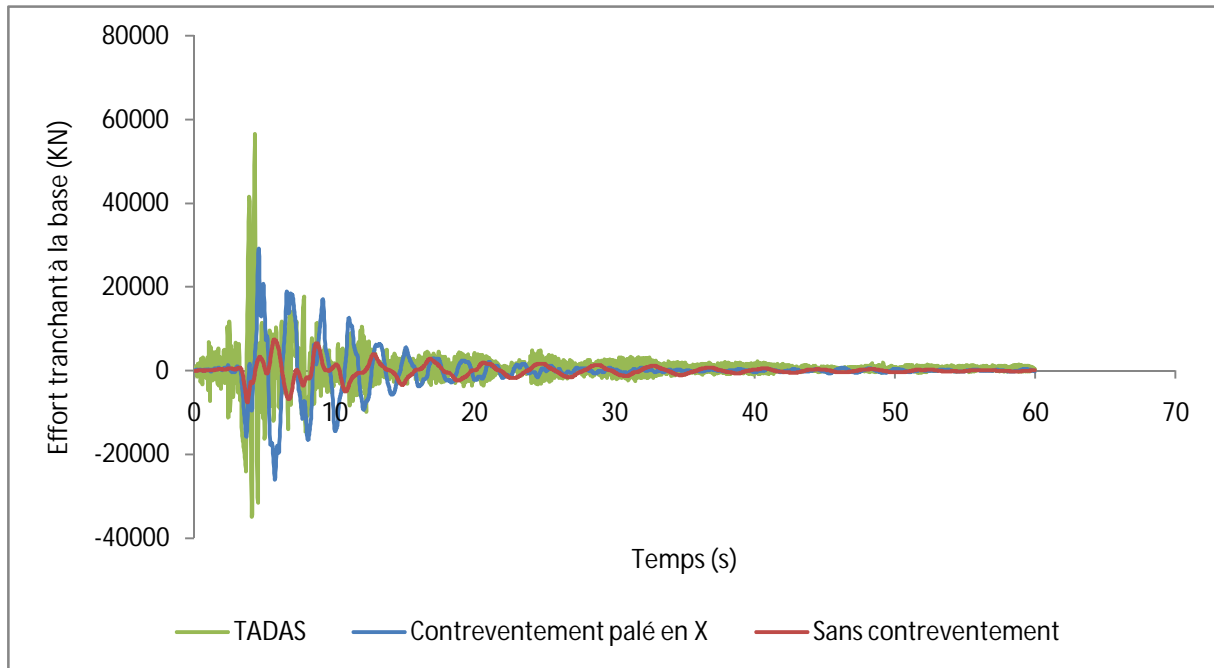
La figure IV.79 montre une comparaison de ces derniers modèles en terme d'accélération, après l'analyse on remarque que l'accélération du dispositif TADAS a diminué de **-79%** par rapport à celle du contreventement par palé en X.



**Figure IV.79 :** Réponse temporelle de l'accélération.

#### IV.11.2. Variation de l'effort tranchant à la base en fonction du temps :

L'analyse de la (figure IV.80) montre que l'amortisseur TADAS donne une valeur très importante de l'effort tranchant à la base par rapport aux structures contreventée par palé en X et auto stable, avec les taux de pourcentages suivant **-48,5%** et **-86,7%**.



**Figure IV.80** : Réponse temporelle de l'effort tranchant à la base.

#### IV.11.3. Variation des sollicitations en fonction du temps :

Les sollicitations maximales des éléments les plus sollicités pour la structure amortie sont comparées à celles des deux structures (contreventée et non contreventée).

Les courbes des (figure IV.81, figure IV.82, figure IV.83) montrent les variations temporelles de l'effort normal, l'effort tranchant et le moment fléchissant.

L'analyse de la (figure IV.81) montre une forte diminution pour le système d'amortissement TADAS pour atteindre une valeur de **-92%** en effort normal.

L'effort tranchant du dispositif TADAS (figure IV.82) diminue considérablement d'une valeur de **-85%** par rapport aux deux structures.

En dernier lieu le moment fléchissant (figure IV.83) s'atténue énormément de **-87,5%**.



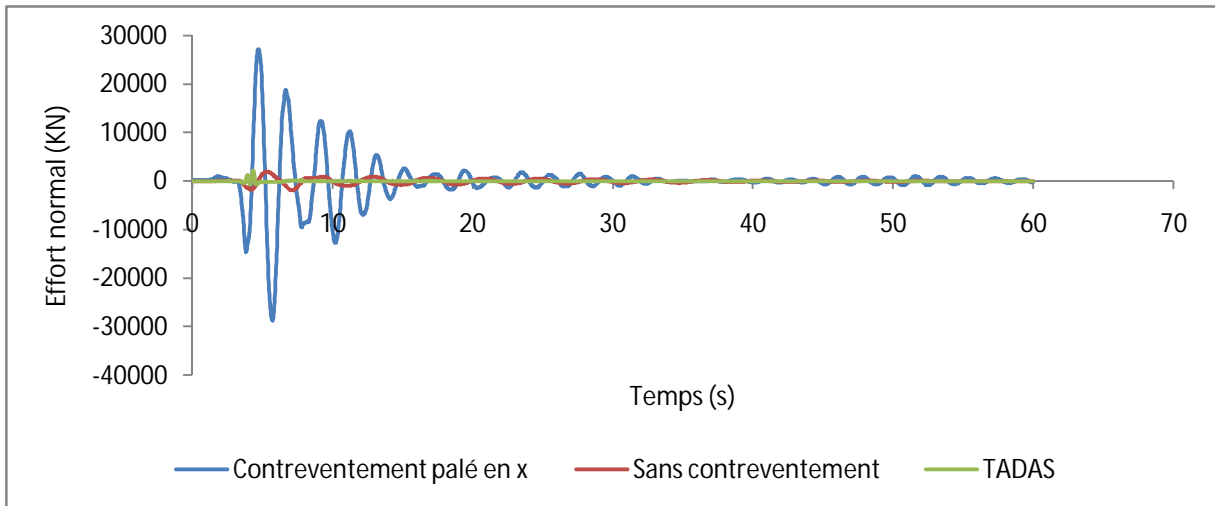


Figure IV.81 : Réponse temporelle de l'effort normal.

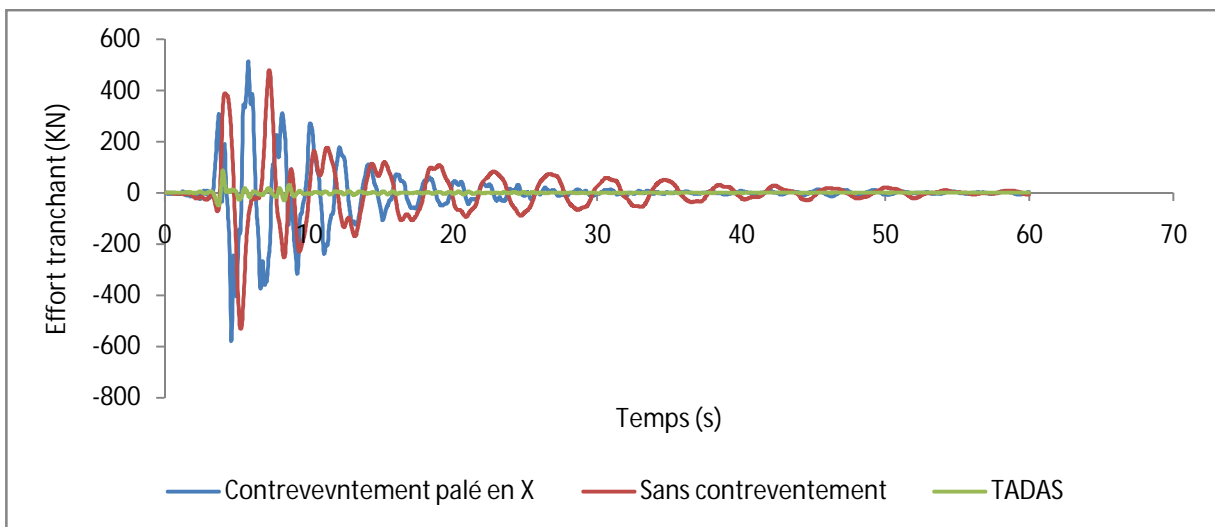


Figure IV.82 : Réponse temporelle de l'effort tranchant.

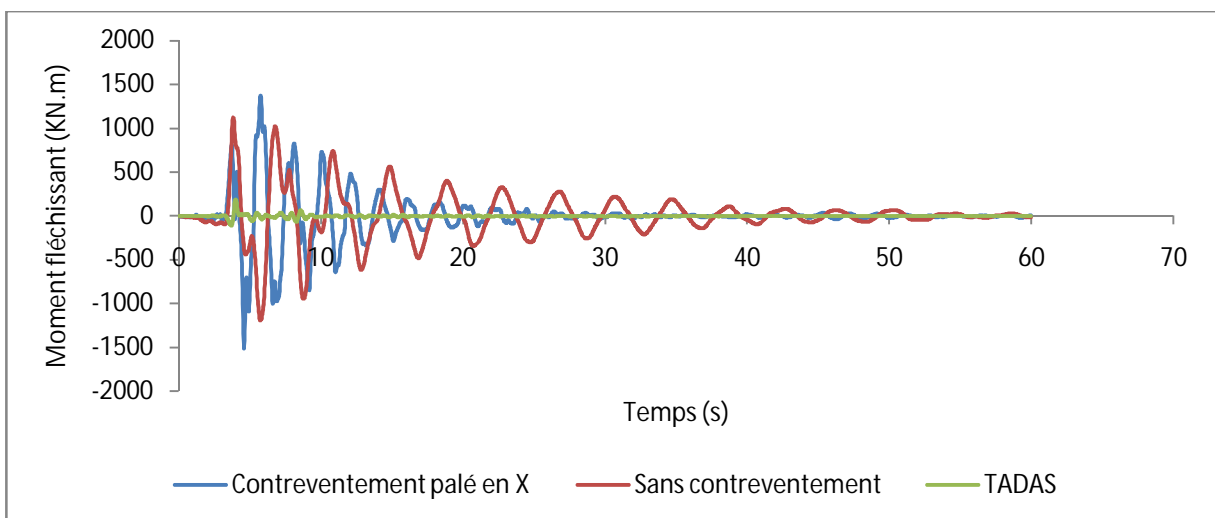


Figure IV.83 : Réponse temporelle du moment fléchissant.

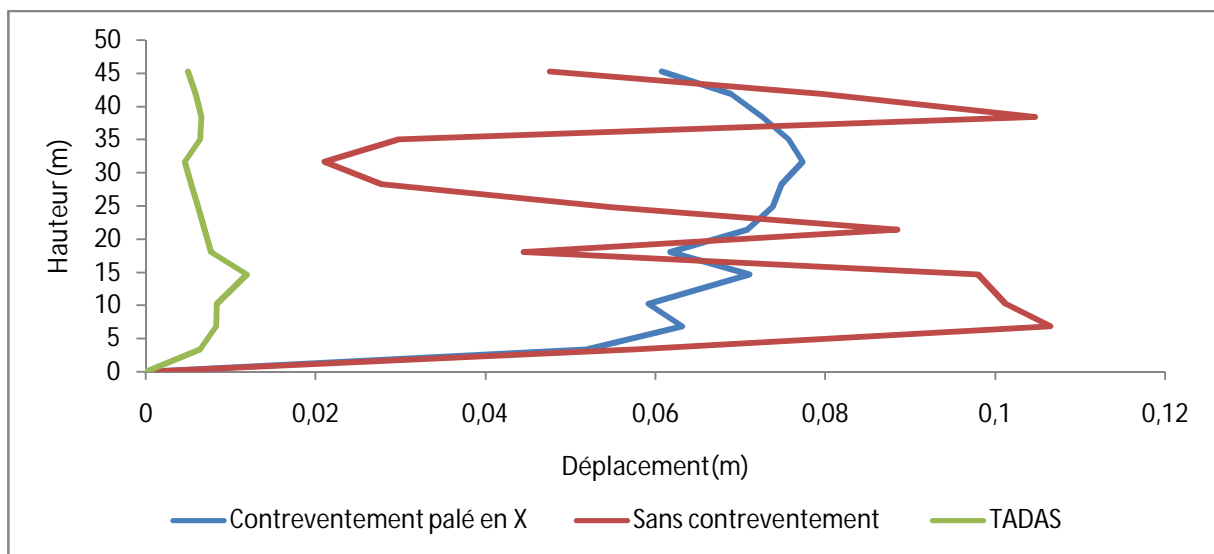
#### IV.11.4. Variation du déplacement inter-étage en fonction du temps :

Ce tableau représente le déplacement inter-étage :

Hauteur (m)	Contreventement palé en X (m)	Sans contreventement (m)	TADAS (m)
0	0	0	0
3.4	0.004563	0.004367	0.006463
6.8	0.006263	0.008786	0.008336
10.2	0.0057	0.010591	0.008413
14.62	0.007354	0.014815	0.01197
18.02	0.006529	0.009719	0.007701
21.42	0.006978	0.009085	0.006995
24.82	0.00608	0.007111	0.00618
28.22	0.005819	0.005441	0.005351
31.62	0.006618	0.004953	0.004633
35.02	0.005925	0.003535	0.006408
38.42	0.004925	0.003925	0.006555
41.82	0.006759	0.005251	0.005879
45.22	0.006379	0.00317	0.005032

**Tableau IV.9 :** Déplacement inter-étage TADAS.

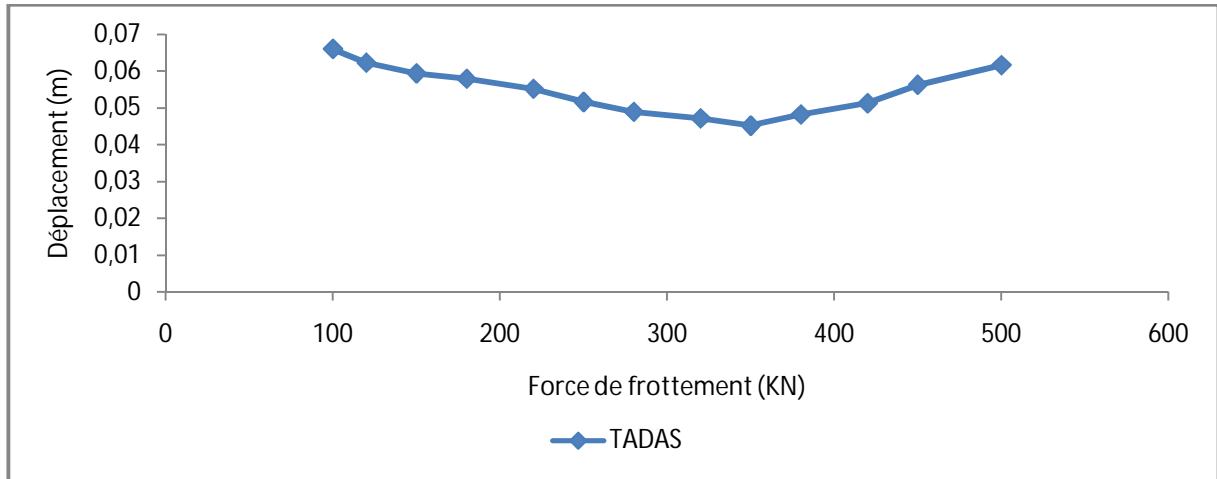
On remarque que la courbe (figure IV.84) de la structure amortie (TADAS) prend l'allure presque d'une droite et affiche des valeurs inférieures à celle obtenus par les courbes des deux autres modèles ce qui signifie que le comportement total de la structure présentera une dérive d'étage beaucoup moins importante, évitant par conséquent des dommages à la structure et justifiant la condition du RPA 99/2003 [20] sur l'effet du déplacement inter-étage.



**Figure IV.84 :** Déplacement inter-étage.

#### IV.11.5. Variation du déplacement en fonction de la force de frottement :

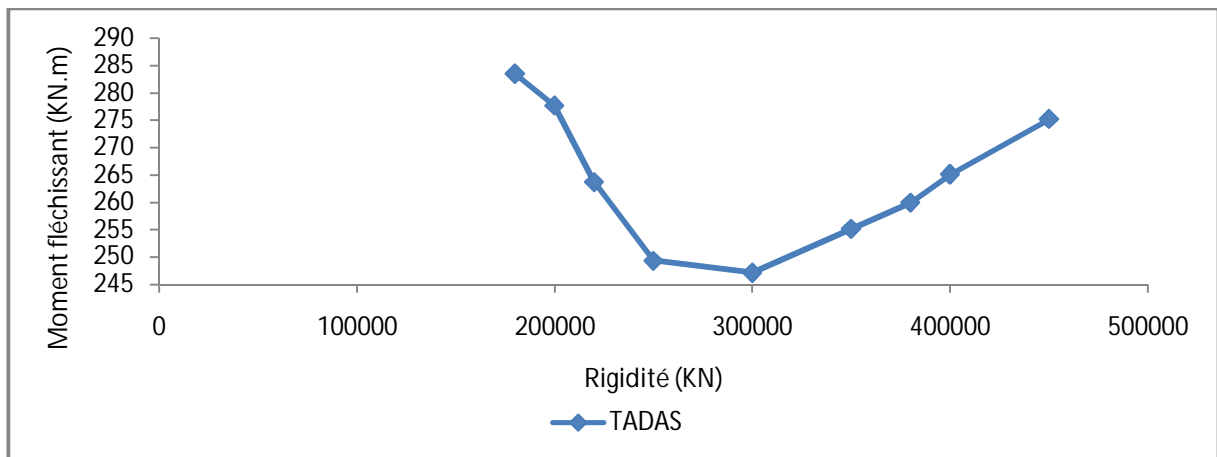
L'examen des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs TADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du déplacement en fonction de la force de frottement. On observe une décroissance des déplacements correspondante à l'augmentation de la force de frottement jusqu'à une valeur optimale de 350 KN, (figure IV.85).



**Figure IV.85 :** Variation du déplacement en fonction de la force de frottement.

#### IV.11.6. Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité :

L'analyse des caractéristiques du point de rendement maximal des amortisseurs TADAS a donné lieu au traçage de la courbe de la variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité. On distingue une diminution du moment fléchissant correspondante à l'augmentation de la rigidité jusqu'à une valeur optimale de 300000 KN, (figure IV.86).



**Figure IV.86 :** Variation du moment fléchissant en fonction de la rigidité.

#### IV.12. Résultats numériques :

Les tableaux IV.10 et IV.11 représentent les réponses maximales du déplacement, effort tranchant à la base et l'accélération ainsi que les multiples sollicitations des structures contreventées, non contreventées et les différents dispositifs d'amortissement.

On remarque que les amortisseurs ADAS et TADAS ont parvenus à diminuer les réponses temporelles (déplacement, accélération et sollicitations) d'une façon remarquable.

Type d'accélélogramme	Type de structure	Déplacement (cm)	Accélération (m/s <sup>2</sup> )	Effort tranchant à la base (KN)	Sollicitations		
					N (KN) poteaux	T (KN) poteaux	M (KN.m) poutres
Keddara	Contreventée Par palé en X	5.24	3.75	3900	2734	69.13	175.86
	Non contreventée	9.00	5.41	<b>266</b>	235.19	66.94	157.51
	ADAS	1.40	<b>0.76</b>	4013	223	1.00	<b>4.57</b>
	TADAS	<b>0.90</b>	7.11	6819	248.50	<b>0.67</b>	14.07
	BRB diagonale	6.10	4.06	653	<b>89.47</b>	23.28	86.81
	BRB chevron	4.20	2.73	558	92.83	31.17	64.82
	PALL	7.76	10.00	2793	1721	56.30	147.47
	FRICION diagonale	3.70	4.18	683	112.37	20.00	73.26
	FRICION chevron	1.25	6.47	4136	252	1.04	15.00

**Tableau IV.10** : Réponse maximale (accélélogramme Keddara).

Type d'accélélogramme	Type de structure	Déplacement (cm)	Accélération (m/s <sup>2</sup> )	Effort tranchant à la base (KN)	Sollicitations		
					N (KN) poteaux	T (KN) poteaux	M (KN.m) poutres
Sylmar	Contreventée Par palé en X	88.63	15.59	29082	28845	580	1515
	Non contreventée	86.15	11.60	<b>7495</b>	<b>1982</b>	533	1191
	ADAS	<b>1.66</b>	3.72	44052	2156	<b>16.36</b>	<b>119</b>
	TADAS	9.00	<b>3.19</b>	56510	2187	87.19	190

**Tableau IV.11** : Réponse maximale (accélélogramme Sylmar).

➤ **Remarque :**

L'analyse faite avec l'accélélogramme de Sylmar a donné des résultats très importants pour les autres amortisseurs qu'ils soient (PALL, BRB diagonale, BRB chevron, FRICTION diagonale et FRICTION chevron) c'est pour cela qu'on a pas voulu les mentionnés dans ce chapitre.

**IV.13. Conclusion :**

Dans ce chapitre, l'utilisation des deux accélélogrammes était nécessaire pour notre étude. On a d'abord modélisé les amortisseurs multiples, puis cherché les paramètres de rigidité et de la force de frottement. Par la suite ont a fait une analyse pour trouver les variations des réponses temporelles citées ci-dessus, en comparant ces derniers des différents dispositifs d'amortissement avec celles des structures contreventée et non contreventée.

- Le déplacement a diminué de **-84,7%** pour le ADAS, l'effort tranchant à la base a augmenté de **+93,37%**, au moment même l'accélération diminue considérablement de **-85,27%**.
- Le système TADAS donne une réduction de **-89,8%** en déplacement et **-99%** pour l'effort tranchant, cependant l'effort tranchant à la base augmente de **+89%**.

- L'effort tranchant à la base a diminué de **-84%** pour le système BRB (diagonale et chevron).
- L'amortisseur PALL montre que le déplacement a diminué de peu pour une valeur de **-14,5%** par contre l'effort tranchant à la base s'attenué de **-18,4%**.
- Pour le dispositif FRICTION (diagonale et chevron) l'effort normal diminue de **-93%**, tandis que l'accélération augmente de **+10%** pour le Friction diagonale et de **+42%** pour le Friction chevron.

Les résultats obtenus ont révélés que l'utilisation des amortisseurs hystérétiques a bien joué son rôle dans la diminution des réponses dynamiques de la structure.

## CONCLUSION GENERALE

Récemment, un certain nombre de dispositifs d'amortissement innovants ont été étudiés analytiquement et expérimentalement pour des applications structurelles afin d'améliorer les réponses sismiques des bâtiments et ouvrages.

Le but de ce travail a été d'étudier l'effet d'ajout des amortisseurs supplémentaires hystérétiques sur le comportement dans des bâtiments métalliques en examinant leurs efficacités dans la réduction des réponses dynamiques structurales de ces derniers (des déplacements, des accélérations, des efforts tranchants à la base et les différentes sollicitations dans les éléments structuraux).

Cette analyse a permis de mettre en lumière l'apport des divers systèmes d'amortissement étudiés ainsi que de les comparer avec le modèle contreventé et non contreventé.

Les résultats obtenus montrent que l'utilisation de ces dispositifs de dissipation peut générer une diminution très significative de la réponse de l'ossature en déformations et en contraintes.

On constate que les systèmes d'ADAS et TADAS, reconnues comme les plus performants dans notre étude, réduisent la réponse dynamique de la structure en déplacement, les sollicitations ainsi que l'accélération de manière remarquable par rapport aux autres systèmes. Cependant, on note que l'effort tranchant à la base augmente.

Comme prochaines perspectives de notre travail, notre souhait est que d'autres travaux seront menées en combinant entre ces amortisseurs et les isolateurs de base et aussi introduire ces dispositifs d'amortissements dans les règlements algérienne tel que le RPA.

## Référence bibliographique :

- [1] : Les séismes et leur impact sur l'environnement  
« <http://const.parasismiques.free.fr/page1.html> ».
- [2] : Les ondes sismiques « [http://jupiter.u-3mrs.fr/~ms422aww/webdocs/mst/Geomus/ondes\\_sismiques.htm](http://jupiter.u-3mrs.fr/~ms422aww/webdocs/mst/Geomus/ondes_sismiques.htm) ».
- [3] : Construction parasismique en acier  
[http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/CONSTRUCTION\\_PARASISMIQUE\\_EN\\_ACIER.pdf](http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/CONSTRUCTION_PARASISMIQUE_EN_ACIER.pdf)
- [4] : Introduction à la sismologie appliquée à l'usage des architectes et ingénieurs Patricia BALANDIER pour DDE Martinique – SECQUIP – Juillet 2001.
- [5] : **ABDELHAMID.F** Influence du type de contreventement sur les structures en acier en zone sismique. Université Hadj Lakhdar-Batna.
- [6] : Le contreventement  
« <http://philippe.berger2.free.fr/Bois/Cours/TSC/Contreventement2/contreventement2.htm> »
- [7] : Le séisme et les bâtiments  
« [http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/3.\\_Le\\_seisme\\_et\\_les\\_batiments.pdf](http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/3._Le_seisme_et_les_batiments.pdf) »
- [8] : **Julius Marko** may 2006 Influence of Damping Systems On Building Structures Subject to Seismic Effects.
- [9] : **Rais. S, Ounis. O and Chebili. R.** STUDY AND MODELLING OF DYNAMIC BEHAVIOUR OF STRUCTURES WITH ENERGY DISSIPATION DEVICES TYPE ADAS. 2nd Turkish Conference on Earthquake Engineering and Seismology – TDMSK 2013 September 25-27, 2013, Antakya, Hatay/Turkey.
- [10] : **Finley Charney. A,** SEISMIC PROTECTIVE SYSTEMS: PASSIVE ENERGY DISSIPATION Virginia Polytechnic Institute & State University.
- [11] : **Yousefzadeh. A, M.H. Sebt, M.Tehranizadeh.** The optimal TADAS damper placement in moment resisting steel structures based on a cost-benefit analysis.
- [12] : **Amir Hossein Hassanieh.** Assessment of Seismic Behavior of 3D Asymmetric Steel Buildings Retrofitted with TADAS Device Based on Incremental Dynamic Analysis (IDA).
- [13] : **Yi-Jer Yu, Chao-Hsien Li, Yuan-Tao Weng and Ching-Yi Tsai.** Analytical predictions for shaking table tests of a full scale steel frame using seismic dampers.
- [14] : **Paul Van Benschoten.** Buckling Restrained Braced Frame (BRBF) Structures: Analysis, Design and Approvals Issues.
- [15] : **Kuo-Chun Chang , Jenn-Shin Hwang , Sen-Nan Lee.** STATUS OF APPLICATIONS OF PASSIVE CONTROL TECHNOLOGIES IN TAIWAN 2006.



[16] : **LUIS EDUARDO PETERNELL ALTAMIRA**. SEISMIC INTERSTORY DRIFT DEMANDS IN STEEL FRICTION DAMPED BRACED BUILDINGS

[17] : **Babak ESMAILZADEH HAKIMI**. SEISMIC DESIGN OF STRUCTURES USING FRICTION DAMPER BRACINGS

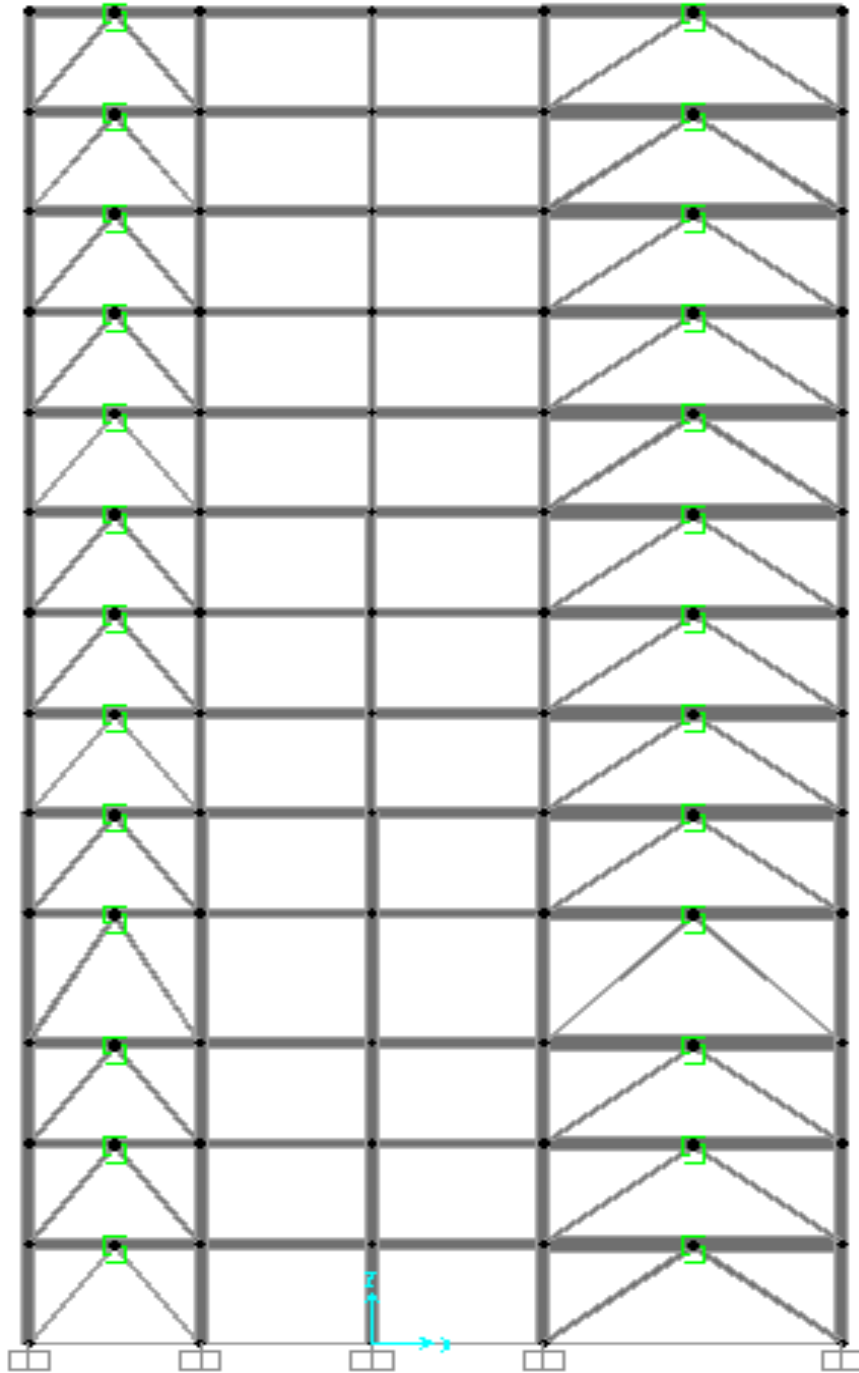
[18] : **Carlos Y.L. Chang**. THE USE OF FRICTION DAMPERS FOR SESIMIC RETROFIT OF THE MONTEREY COUNTY GOVERNMENT CENTER

[19]: **Boukhari.B, Benguedih.O**. Analyse des capacités dissipatives des Systèmes de contreventements des structures métalliques. Tlemcen : université Aboubakr Belkaid, master 2, 2012.

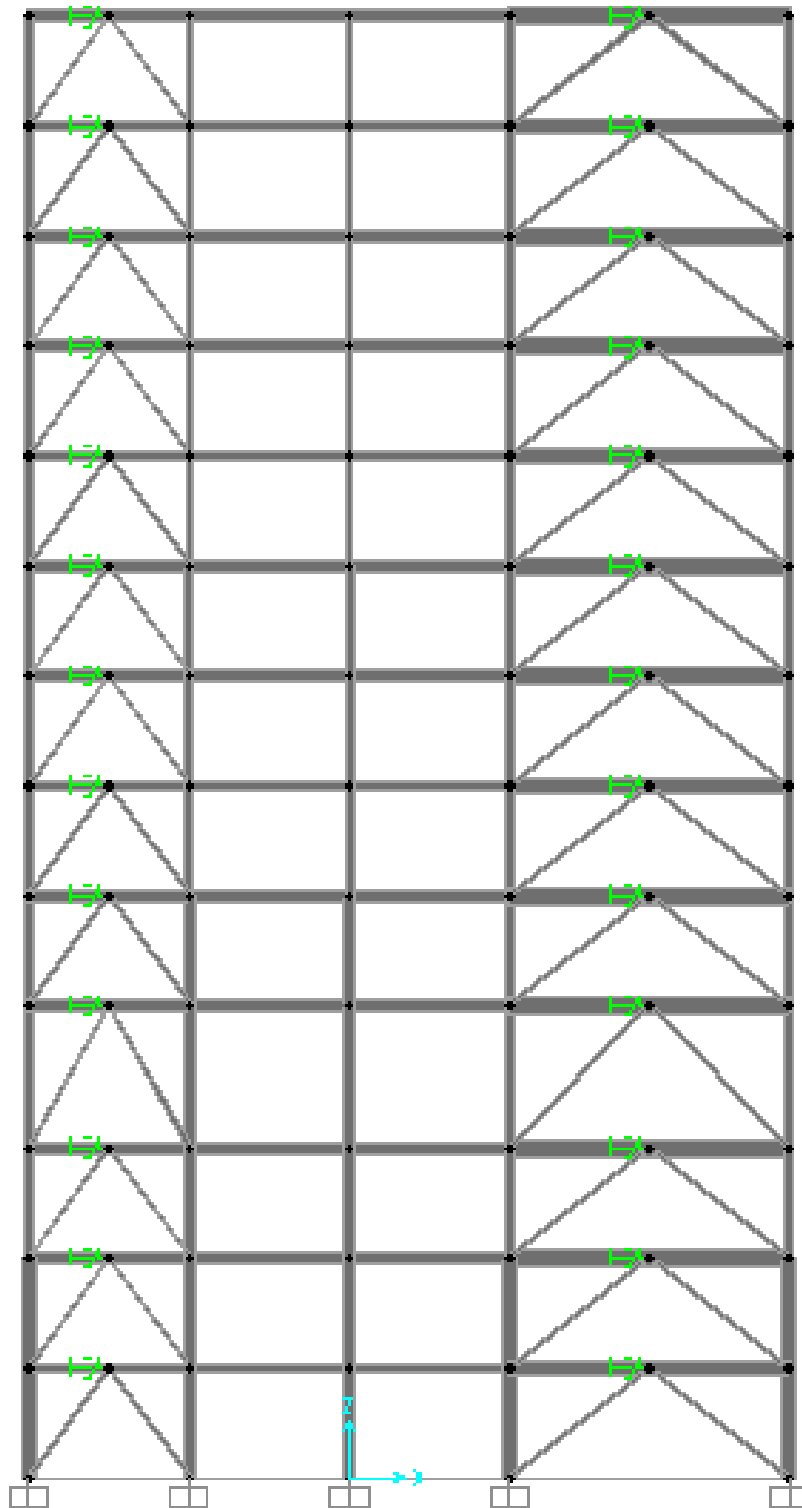
[20] : **Règlement parasismique algérien** « RPA 99 version 2003 » MINISTERE DE L'HABITAT ET DE L'URBANISME, (Algérie).

Rapport-Gratuit.Com

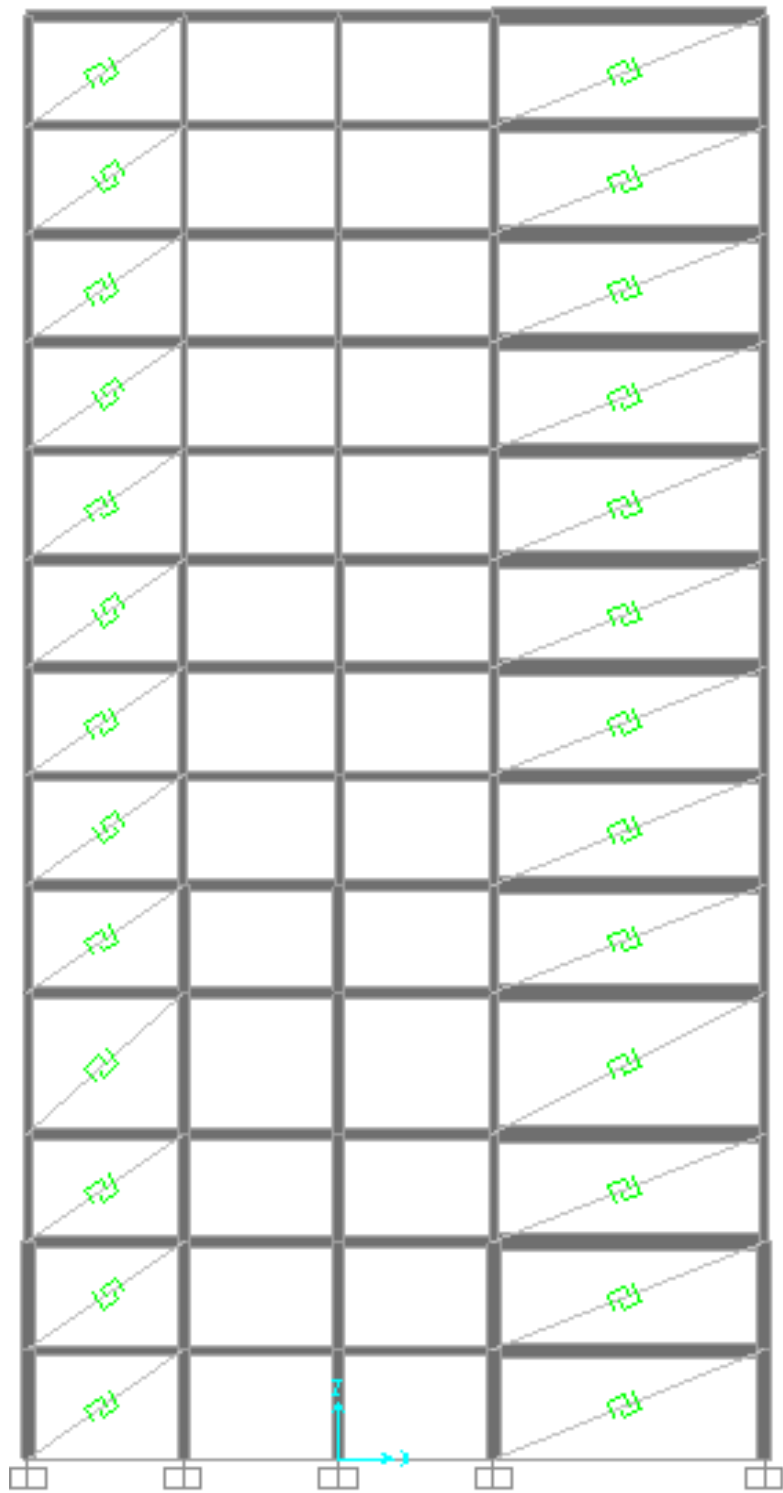
# Annexe



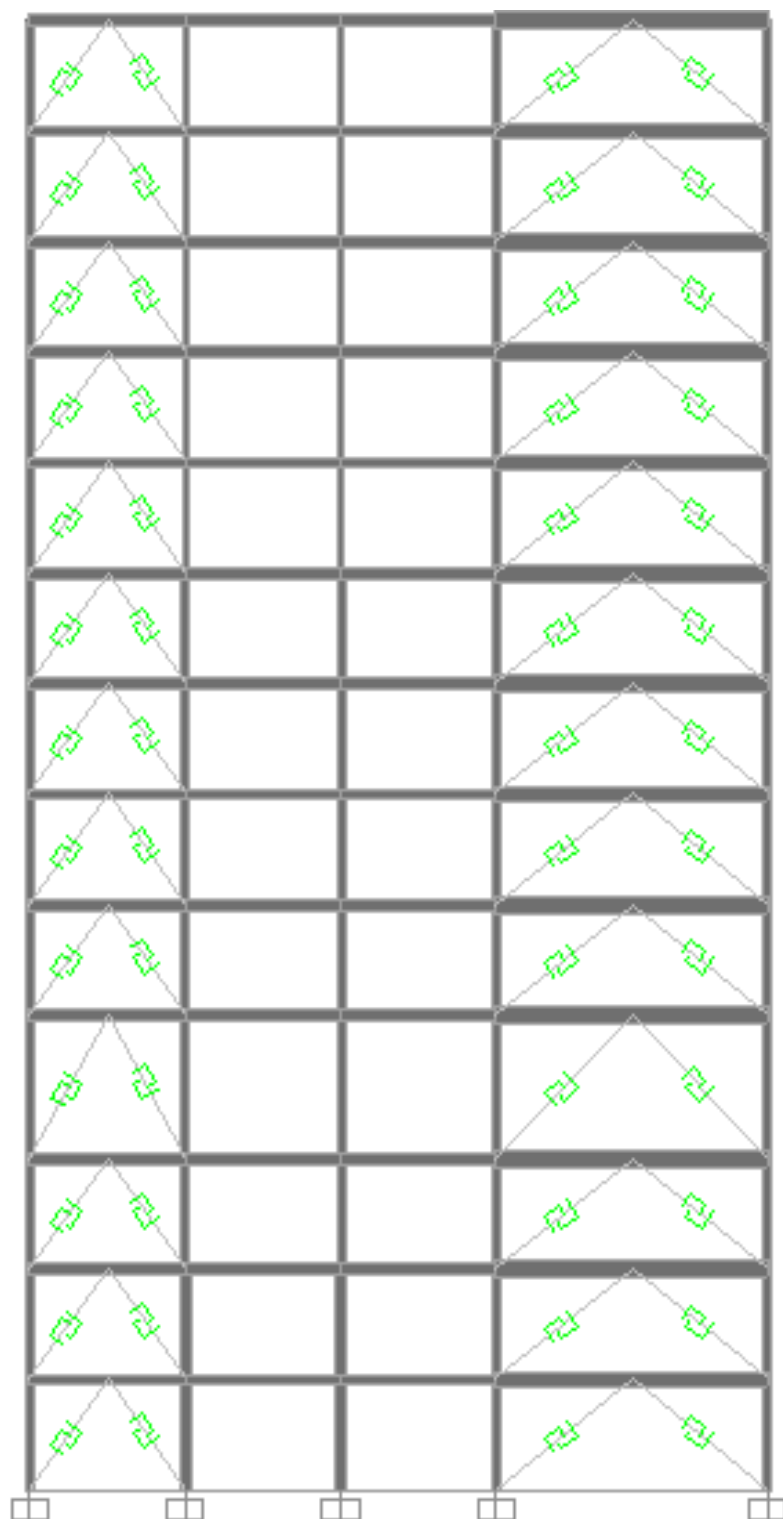
Modélisation de l'amortisseur ADAS.



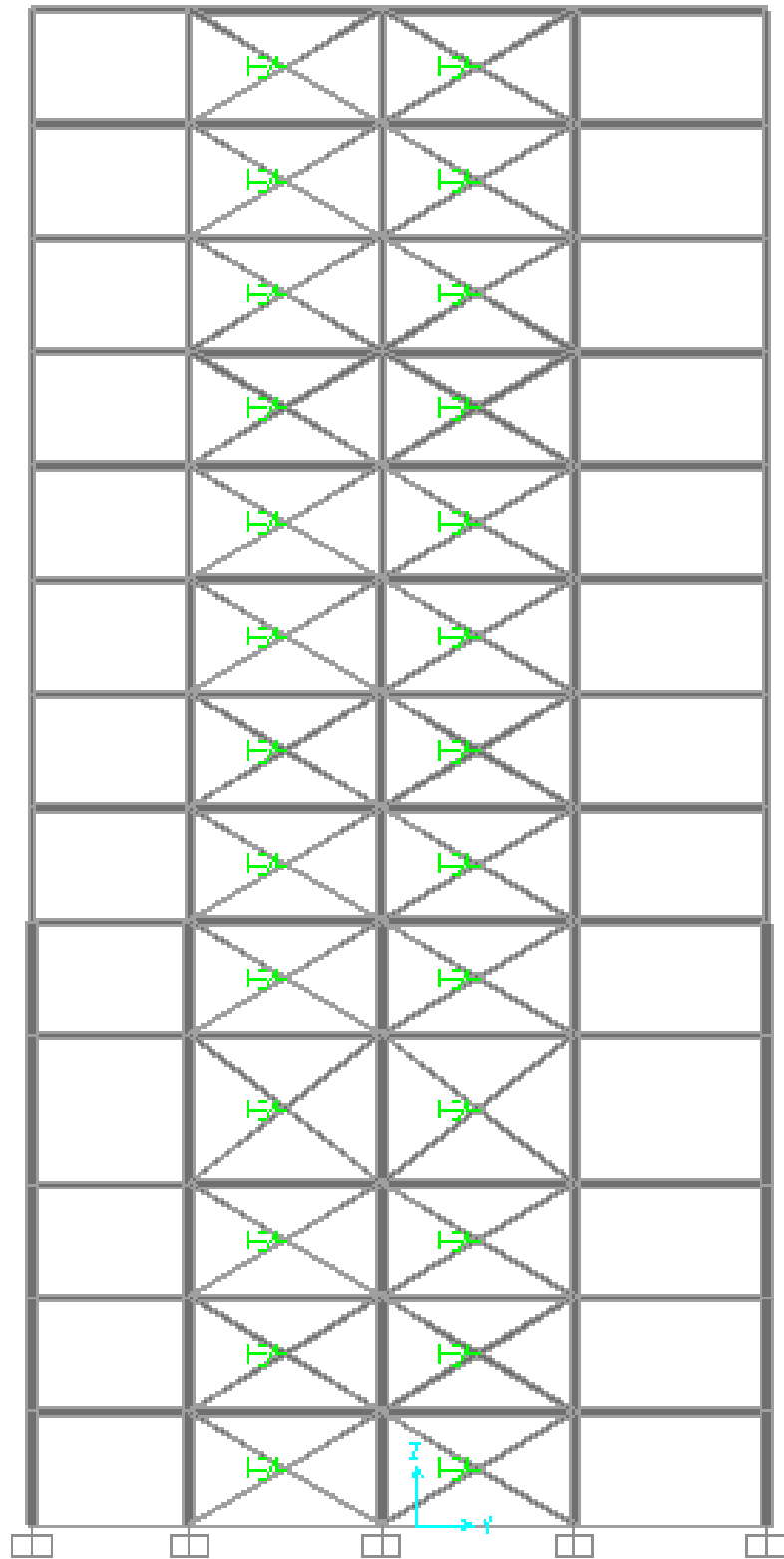
Modélisation de l'amortisseur TADAS.



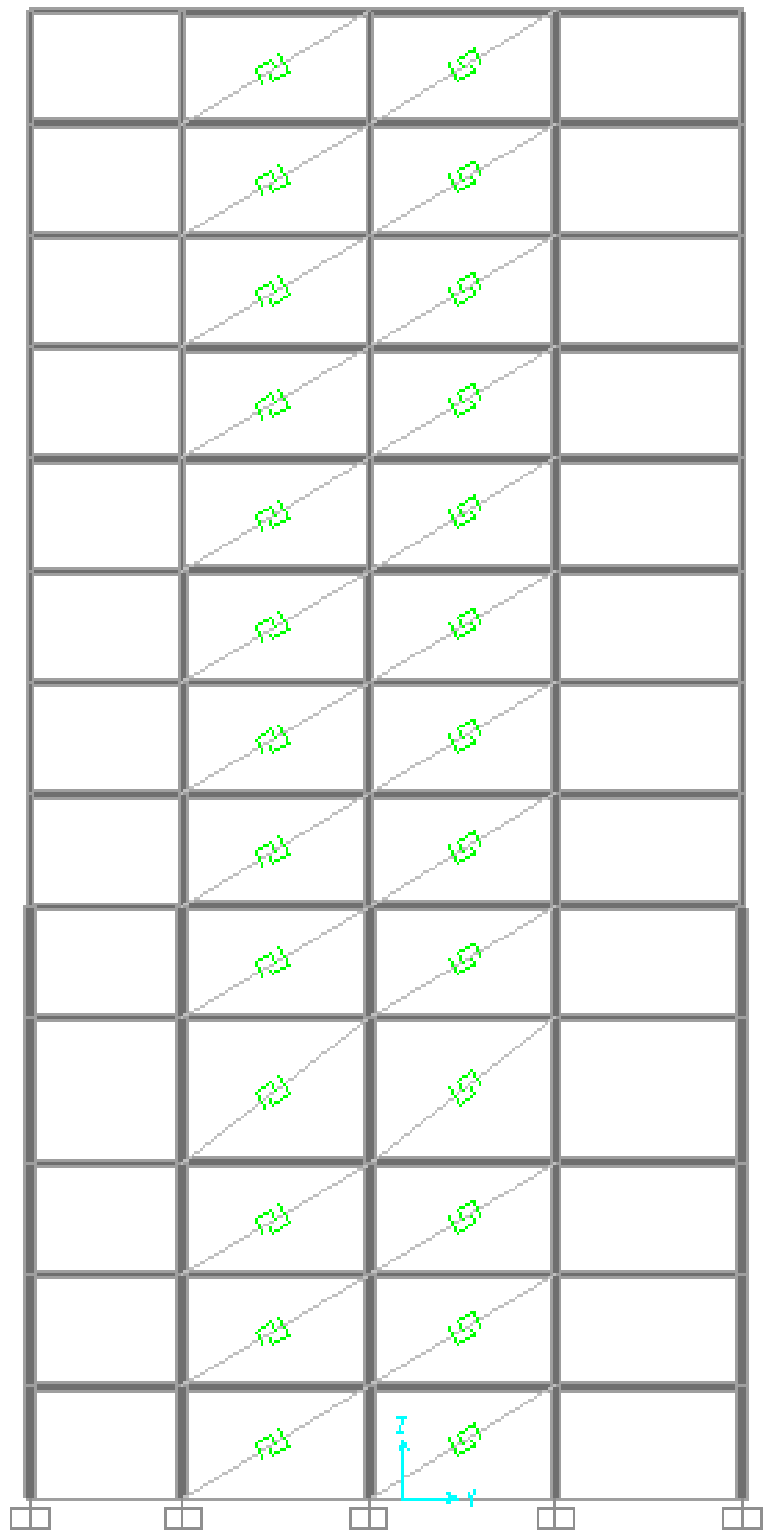
Modélisation de l'amortisseur BRB diagonale.



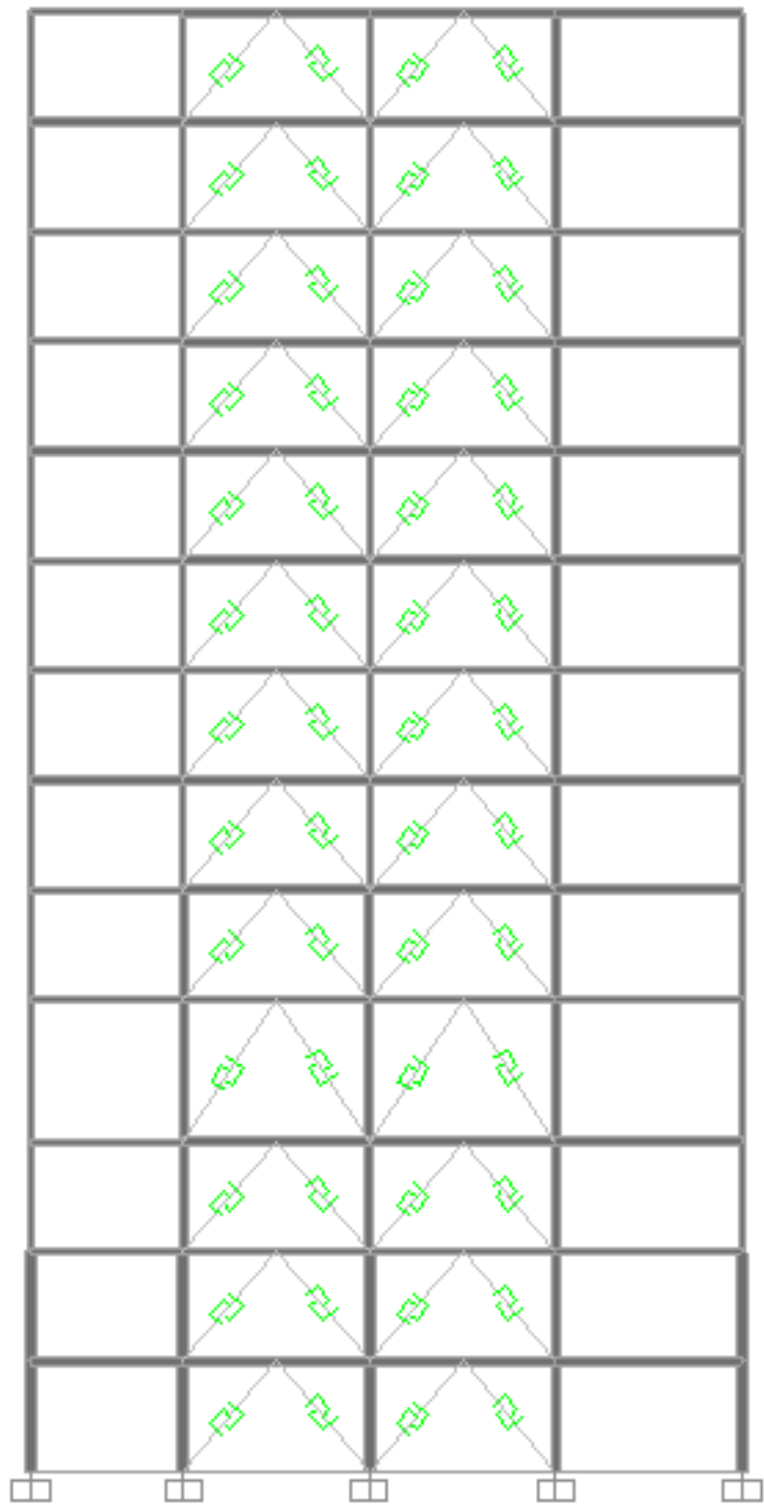
Modélisation de l'amortisseur BRB chevron.



Modélisation de l'amortisseur PALL.



Modélisation de l'amortisseur FRICTION diagonale.



Modélisation de l'amortisseur FRICTION chevron.



## Résumé :

Ce mémoire de fin d'étude se compose essentiellement de deux parties, la première contient trois chapitres. Pour commencer, une vue générale des types de contreventements, au second chapitre, on découvre les divers amortisseurs, quant au troisième volet, est consacré à la présentation de l'ouvrage. La deuxième partie est basée sur une recherche bibliographique concernant la modélisation et les paramètres rigidité et force de frottement des multiples amortisseurs, ainsi qu'à leurs applications (ADAS, TADAS, BRB, PALL et FRICTION) sur une structure en charpente métallique R+12. La comparaison des dispositifs étudiés a été faite avec le modèle de la structure contreventée et non contreventée, en utilisant deux accélérogrammes (Keddara et Sylmar) et voir la répercussion dans la diminution des réponses sismiques.

Après étude numérique effectuée par le logiciel de calcul de structure SAP 2000, il a été constaté que parmi tous les systèmes analysés les amortisseurs de type ADAS et TADAS ont été les mieux aptes à fournir les meilleurs résultats potentielles dissipatifs à la structure.

Mots clés : Structure, acier, séisme, amortisseur hystérétique, contreventement, SAP 2000

## Abstract:

This final study memory is composed essentially of two main parts, the first contains three chapters. Starting with an overview of the types of bracing, in the second chapter, the various dampers are discovered, and the third part is devoted to the presentation of the structure. The second part is mainly based on a literature research about modeling and the multiple stiffness parameters and damping friction force so as their applications (ADAS, TADAS, BRB, and FRICTION PALL) on a G+12 steel frame structure. The comparison of the studied devices was made with the braced and unbraced structure models, using two accelerograms (Keddara and Sylmar) finding the impact in reducing the seismic response.

The undertaken numerical study using the structural calculation software SAP 2000, found that among all the analyzed systems ADAS-type dampers and TADAS were able to provide the best potential dissipative results to the structure.

Key words: Structure, steel, earthquake, hysteretic damper, bracing, SAP 2000

## الملخص :

تتكون دراسة هذه المدكرة أساسيًا من جزئين، الأول يحتوي على ثلاثة فصول أولاً لمحة عامة عن أعضاء التكتيف ، بالفصل الثاني ، يتم اكتشاف مختلف مخمدات الاهتزازات ، وخصص الجزء الثالث لتقديم هيكل البناء يستند الجزء الثاني على البحث البيليوغرافي حول النمذجة وإعدادات الصلابة ،الموهنات و كذا قوة الاحتكاك مع تطبيقاتها ( أداس، تاداس;BRB ، واحتكاك بال ) على هيكل الإطار المعدني +12 ط.أ. تمت المقارنة بين الأجهزة بنموذجين هيكلين الأول يحتوي على أعضاء التكتيف و الثاني بدونها، وذلك باستخدام نوعين من سجلّ التسارع (كدارة وسيلمار) لكي نرى التأثير في الحد من ردود الإجابة الزلزالية بعد الدراسة العددية ببرنامج الحساب الهيكلية ساب ألفين، تبين أنه من بين جميع الأنظمة التي تم تحليلها ، أن مخمدات الاهتزازات من نوع أداس و تاداس قدّمتا أفضل النتائج التبديديّة للهيكل

الكلمات المفتاحية : الهيكل ، الحديد ، الزلزال ، مخمد الاهتزازات ، عضو التكتيف، ساب ألفين