

IV-1- Introduction

Comme il a été mentionné précédemment, le système d'isolation parasismique est plus efficace pour les structures de faible ou moyenne hauteur. Il consiste à découpler le mouvement du sol du mouvement de la structure dans le but de dissiper le maximum d'énergie et minimiser les déplacements relatifs et les accélérations avec une efficacité semblable pour les deux directions horizontales X et Y. Pour cela et pour illustrer l'effet de l'amortissement du système d'isolation parasismique sur les réponses des structures isolées, une analyse paramétrique a été faite sur une structure isolée à 08 niveaux dans le sens longitudinal X pour un système d'isolation en caoutchouc fretté avec amortisseur en barreau de plomb (Lead Rubber Bearings) LRB. Ce mécanisme d'amortissement est basé sur le barreau de plomb incorporé au sein d'isolateurs à base d'élastomère dans le but de contrôler la déformation de l'isolateur et par conséquent les déplacements et les accélérations de la superstructure. Ce système d'isolation possède des différents pourcentages d'amortissement effectif de 8% à 35% pour la même structure isolée.

IV-2- Description de la structure isolée et de l'excitation sismique

La structure utilisée dans cette étude paramétrique est la même que celle qui est utilisée précédemment (voir les figures 42 et 44).

Pour comparer l'influence de l'amortissement sur la réponse dynamique des structures isolées avec les différents pourcentages d'amortissement effectif et sous différentes excitations sismiques, une analyse des réponses par accélérogrammes est effectuée et les chargements sismiques considérés sont les suivants :

- La composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley (1979).
- La composante d'Oakland Outer Harbor Wharf du séisme de Loma Prieta (1989).
- La composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta (1989).
- La composante de Sylmar County du séisme de Northridge (1994).

Avec des accélérations maximales du sol (Peak Ground Acceleration) PGA de 0.436 g, 0.287 g, 0.442 g et de 0.604 g respectivement. Les accélérogrammes de ces excitations sont représentés respectivement sur les figures 70, 71, 45 et 72.

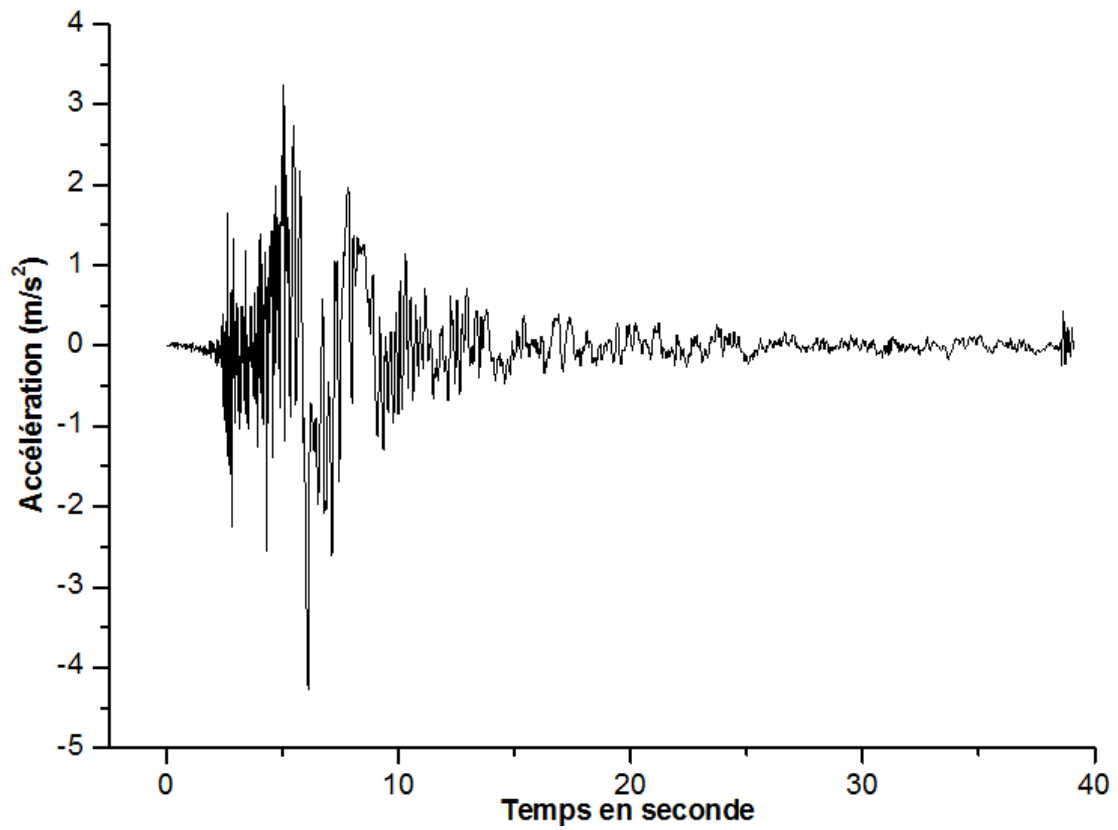


Figure 70 : Accélérogramme de la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley (1979).

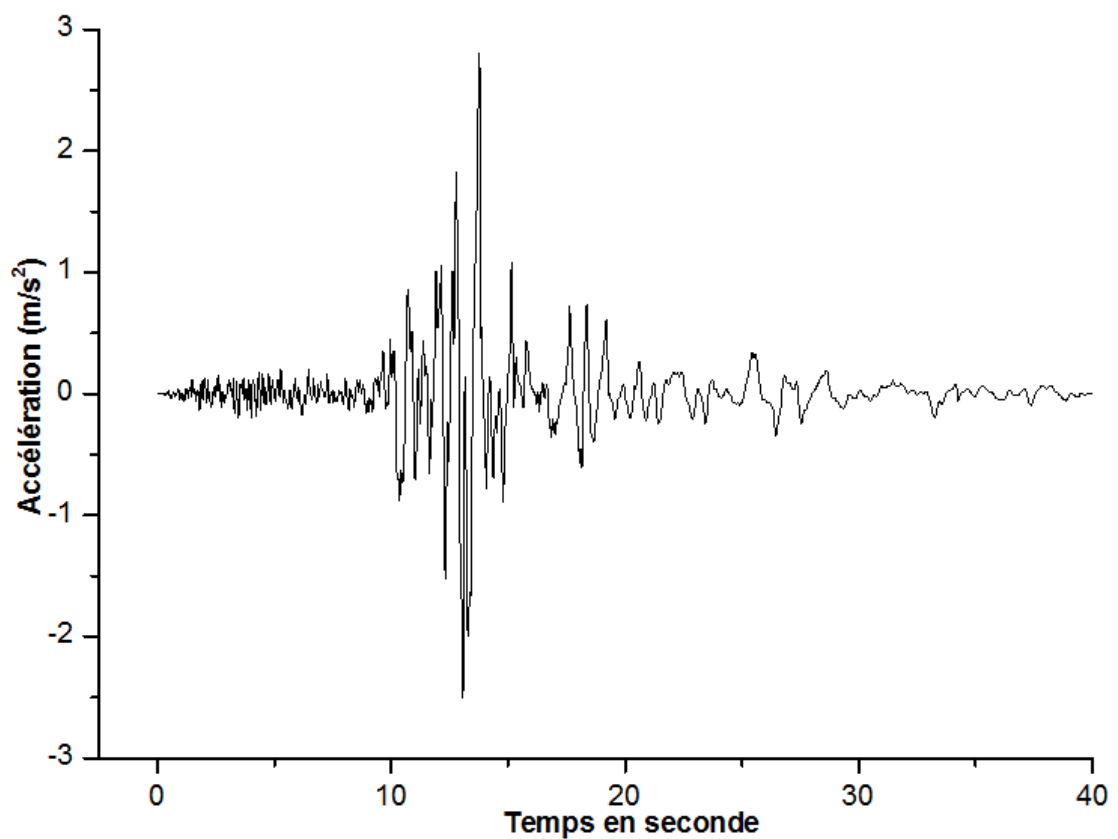


Figure 71 : Accélérogramme de la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta (1989).

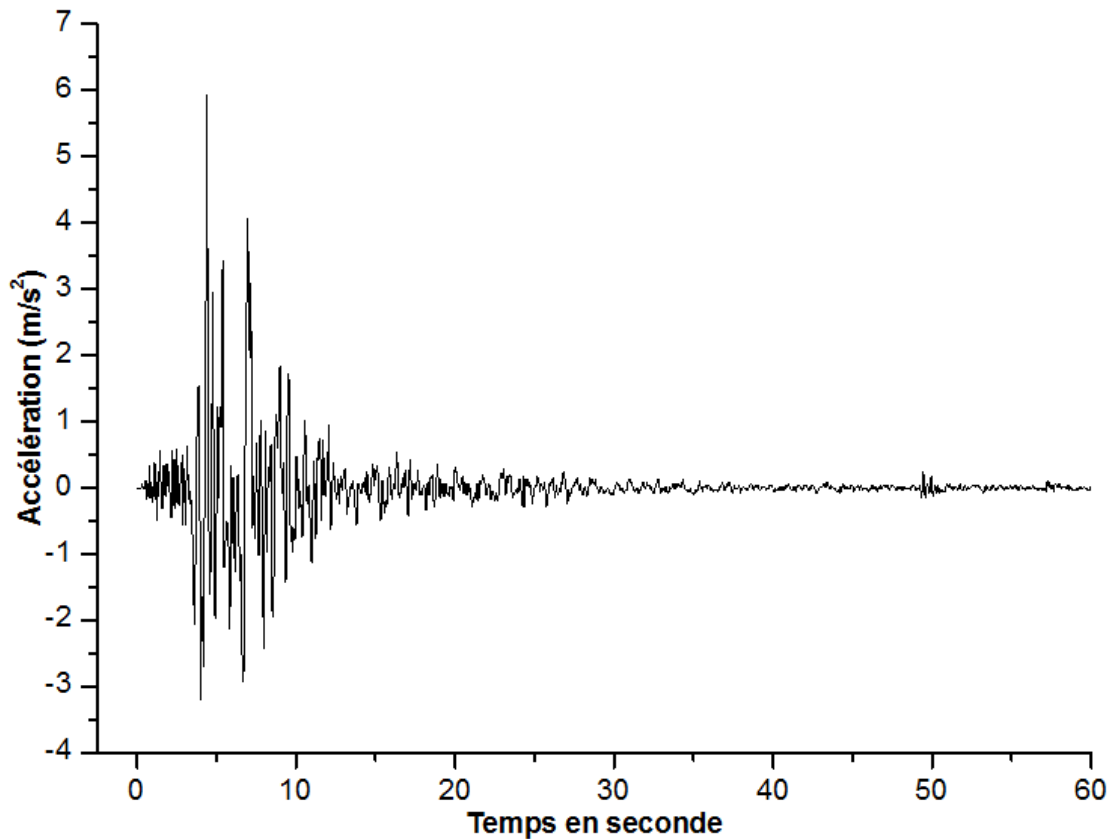


Figure 72 : Accélérogramme de la composante de Sylmar County du séisme de Northridge (1994).

L'analyse fréquentielle de ces accélérogrammes a montré que les gammes de fréquence de chaque excitation sismique sont réparties comme suit:

- La composante d'El Centro d'Imperial Valley : 0.15 à 0.5Hz.
- La composante d'Oakland Outer Harbor Wharf de Loma Prieta : 0.5 à 1.65Hz.
- La composante de Lexington Dam de Loma Prieta : 0.65 à 2.45Hz.
- La composante de Sylmar County de Northridge : 0.35 à 3.6Hz.

Les spectres d'amplitude de Fourier de ces excitations sismiques sont donnés respectivement par les figures 73, 74, 47 et 75 suivantes :

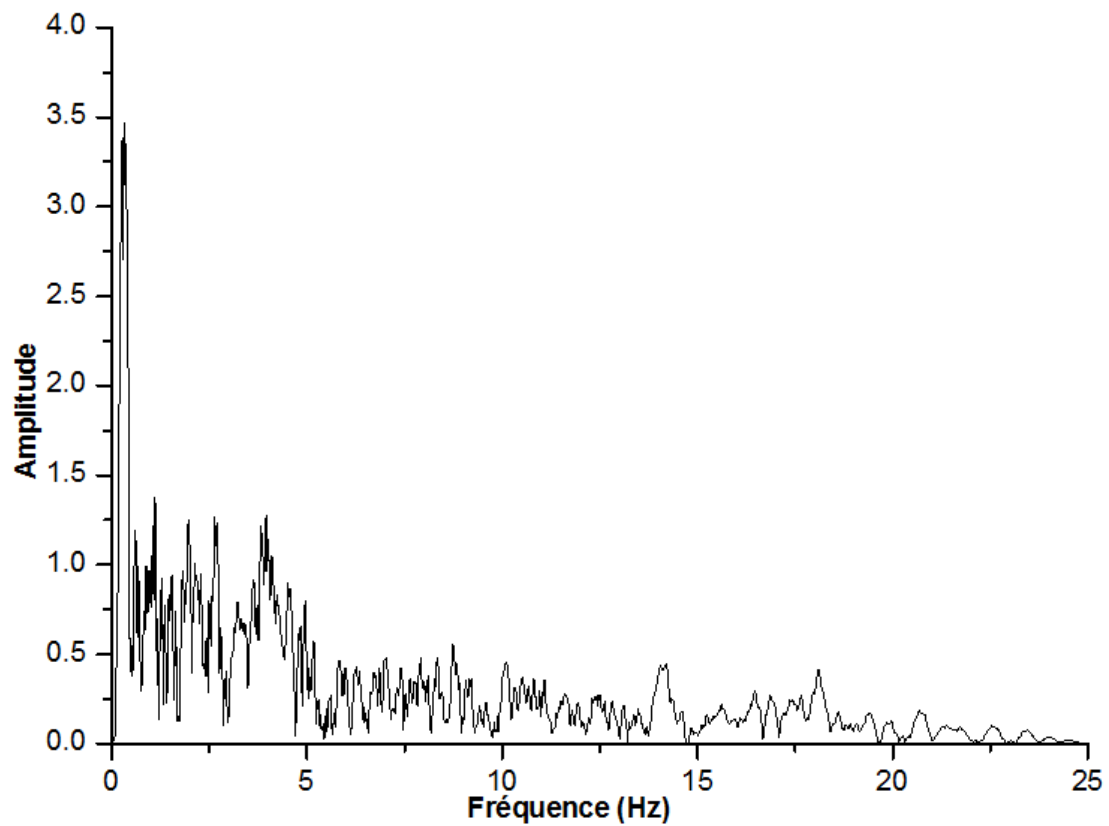


Figure 73 : Contenu fréquentiel de la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

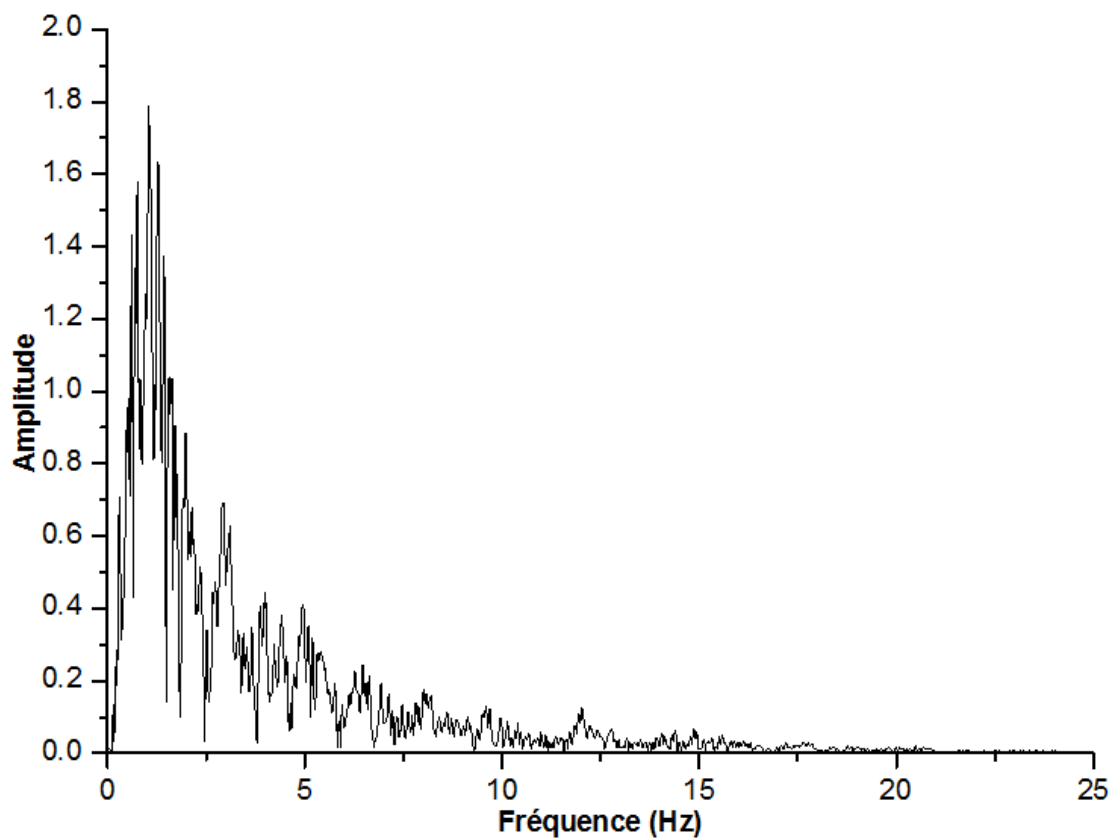


Figure 74 : Contenu fréquentiel de la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

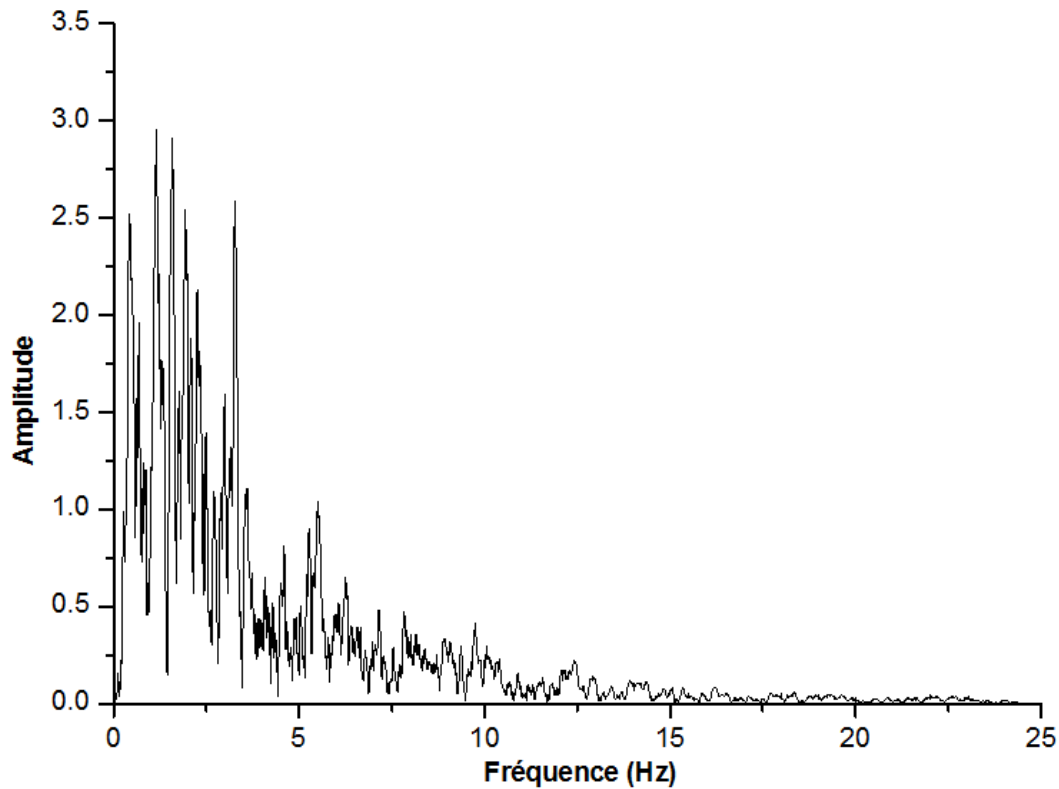


Figure 75 : Contenu fréquentiel de la composante de Sylmar County du séisme de Northridge.

IV-3- Comparaison des résultats

IV-3-1- Réponses de la structure isolée (déplacements, accélérations et déplacements inter étages)

Les résultats de la comparaison des réponses maximales de la structure isolée dans les différents pourcentages d'amortissement effectif du système d'isolation et pour les quatre excitations sismiques sont donnés dans les tableaux suivants:

Amortissement effectif en (%)	Niveau	Déplacement relatif maximal X (m)	Déplacement inter étage $\frac{(X_n - X_{n-1})}{h}$ (%)	Accélération maximale (m/sec ²)
08	8	0.07811	0.0965	4.508
	7	0.07522	0.1663	4.437
	base	0.28098	-	-
10	8	0.07478	0.0912	4.538
	7	0.07205	0.1589	4.230
	base	0.27050	-	-
12	8	0.07187	0.0867	4.748
	7	0.06926	0.1517	4.225
	base	0.26107	-	-

14	8	0.06928	0.0833	4.941
	7	0.06679	0.1460	4.392
	base	0.25266	-	-
16	8	0.06707	0.0809	5.065
	7	0.06465	0.1421	4.506
	base	0.24511	-	-
18	8	0.06494	0.0792	5.132
	7	0.06257	0.1396	4.586
	base	0.23852	-	-
20	8	0.06283	0.0784	5.155
	7	0.06048	0.1384	4.645
	base	0.23286	-	-
22	8	0.06089	0.0780	5.143
	7	0.05855	0.1379	4.675
	base	0.22786	-	-
24	8	0.05914	0.0781	5.107
	7	0.05679	0.1382	4.682
	base	0.22347	-	-
26	8	0.05757	0.0787	5.053
	7	0.05521	0.1391	4.674
	base	0.21972	-	-
28	8	0.05613	0.0795	4.993
	7	0.05374	0.1404	4.654
	base	0.21668	-	-
30	8	0.05476	0.0806	4.924
	7	0.05234	0.1406	4.623
	base	0.21436	-	-
32	8	0.05344	0.0820	4.847
	7	0.05098	0.1403	4.582
	base	0.21276	-	-
35	8	0.05147	0.0816	4.723
	7	0.04902	0.1426	4.553
	base	0.21183	-	-

Tableau 10 : Les réponses maximales de la structure isolée avec les différents pourcentages d'amortissement effectif soumis à la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

Amortissement effectif en (%)	Niveau	Déplacement relatif maximal X (m)	Déplacement inter étage $\frac{(X_n - X_{n-1})}{h}$ (%)	Accélération maximale (m/sec ²)
08	7	0.04703	0.0699	5.032
	8	0.04493	0.1189	4.824
	base	0.10828	-	-
10	8	0.04725	0.0701	5.214
	7	0.04514	0.1186	4.929
	base	0.10440	-	-
12	8	0.04735	0.0701	5.378
	7	0.04525	0.1172	5.019
	base	0.10170	-	-
14	8	0.04731	0.0691	5.518
	7	0.04524	0.1149	5.092
	base	0.09985	-	-
16	8	0.04709	0.0678	5.632
	7	0.04505	0.1120	5.149
	base	0.09867	-	-
18	8	0.04673	0.0661	5.716
	7	0.04475	0.1087	5.192
	base	0.09794	-	-
20	8	0.04630	0.0641	5.765
	7	0.04438	0.1052	5.220
	base	0.09749	-	-
22	8	0.04578	0.0615	5.771
	7	0.04393	0.1015	5.23
	base	0.09722	-	-
24	8	0.04517	0.0585	5.732
	7	0.04342	0.0978	5.220
	base	0.09703	-	-
26	8	0.04444	0.0548	5.645
	7	0.04279	0.0944	5.186
	base	0.09681	-	-
28	8	0.04365	0.0507	5.58
	7	0.04212	0.0916	5.125
	base	0.09634	-	-
30	8	0.04298	0.0496	5.459
	7	0.04149	0.0896	5.061
	base	0.09536	-	-

32	8	0.04244	0.0493	5.315
	7	0.04096	0.0888	5.001
	base	0.09366	-	-
35	8	0.04203	0.0509	5.053
	7	0.04050	0.0905	4.859
	base	0.08976	-	-

Tableau 11 : Les réponses maximales de la structure isolée avec les différents pourcentages d'amortissement effectif soumis à la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

Amortissement effectif en (%)	Niveau	Déplacement relatif maximal X (m)	Déplacement inter étage $\frac{(X_n - X_{n-1})}{h}$ (%)	Accélération maximale (m/sec ²)
08	8	0.07789	0.1156	7.639
	7	0.07442	0.1984	7.284
	base	0.20652	-	-
10	8	0.07663	0.1173	7.698
	7	0.07311	0.2003	7.310
	base	0.20004	-	-
12	8	0.07532	0.1183	7.78
	7	0.07178	0.2012	7.33
	base	0.19451	-	-
14	8	0.07396	0.1187	7.849
	7	0.07040	0.2013	7.337
	base	0.18997	-	-
16	8	0.07250	0.1184	7.886
	7	0.06895	0.2003	7.329
	base	0.18610	-	-
18	8	0.07095	0.1174	7.903
	7	0.06743	0.1982	7.341
	base	0.18262	-	-
20	8	0.06931	0.1156	7.950
	7	0.06585	0.1949	7.334
	base	0.17947	-	-
22	8	0.06769	0.1172	7.966
	7	0.06417	0.1902	7.307
	base	0.17667	-	-

24	8	0.06600	0.1188	7.95
	7	0.06244	0.1855	7.255
	base	0.17418	-	-
26	8	0.06420	0.1166	7.877
	7	0.06070	0.1828	7.176
	base	0.17201	-	-
28	8	0.06226	0.1133	7.765
	7	0.05886	0.1790	7.07
	base	0.17018	-	-
30	8	0.06002	0.1091	7.601
	7	0.05675	0.1742	6.933
	base	0.16890	-	-
32	8	0.05766	0.1040	7.478
	7	0.05454	0.1681	6.769
	base	0.16805	-	-
35	8	0.05394	0.0949	7.244
	7	0.05109	0.1573	6.566
	base	0.16783	-	-

Tableau 12 : Les réponses maximales de la structure isolée avec les différents pourcentages d'amortissement effectif soumis à la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

Amortissement effectif en (%)	Niveau	Déplacement relatif maximal X (m)	Déplacement inter étage $\frac{(X_n - X_{n-1})}{h}$ (%)	Accélération maximale (m/sec ²)
08	7	0.07481	0.0966	7.539
	8	0.07191	0.1674	7.537
	base	0.25913	-	-
10	8	0.07483	0.0947	7.874
	7	0.07199	0.1643	7.591
	base	0.25009	-	-
12	8	0.07491	0.0946	8.138
	7	0.07207	0.1639	7.624
	base	0.24102	-	-
14	8	0.07260	0.0918	8.829
	7	0.06984	0.1592	7.637
	base	0.23430	-	-

16	8	0.06837	0.0894	8.514
	7	0.06569	0.1549	7.649
	base	0.22930	-	-
18	8	0.06351	0.0859	8.743
	7	0.06094	0.1477	7.673
	base	0.22488	-	-
20	8	0.05888	0.0846	8.895
	7	0.05635	0.1447	7.718
	base	0.22017	-	-
22	8	0.05481	0.0845	8.963
	7	0.05227	0.1439	7.789
	base	0.21474	-	-
24	8	0.05160	0.0853	8.959
	7	0.04904	0.1445	7.881
	base	0.20866	-	-
26	8	0.04923	0.0858	8.894
	7	0.04666	0.1448	7.984
	base	0.20277	-	-
28	8	0.04769	0.0855	8.79
	7	0.04513	0.1440	8.083
	base	0.19850	-	-
30	8	0.04704	0.0851	8.661
	7	0.04449	0.1432	8.167
	base	0.19711	-	-
32	8	0.04756	0.0883	8.527
	7	0.04491	0.1501	8.221
	base	0.19879	-	-
35	8	0.05031	0.0923	8.354
	7	0.04754	0.1575	8.238
	base	0.20543	-	-

Tableau 13 : Les réponses maximales de la structure isolée avec les différents pourcentages d'amortissement effectif soumis à la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

Pour mieux comprendre les résultats représentés dans les tableaux précédents, on traduit ces résultats graphiquement dans les figures ci-dessous.

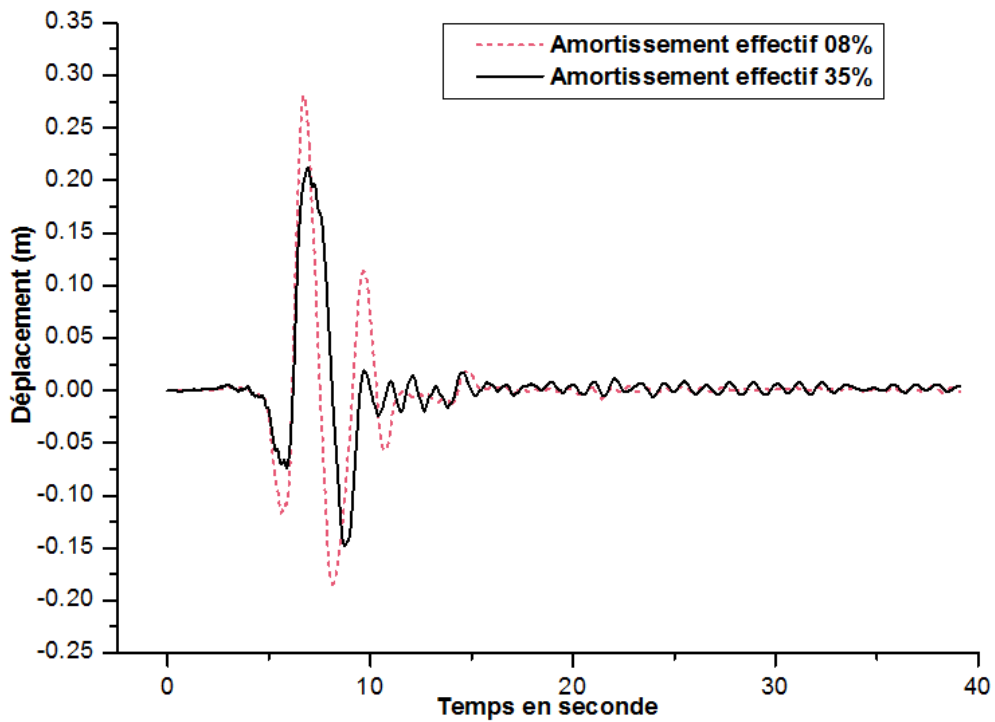


Figure 76 : Comparaison des déplacements absolus du dernier niveau avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

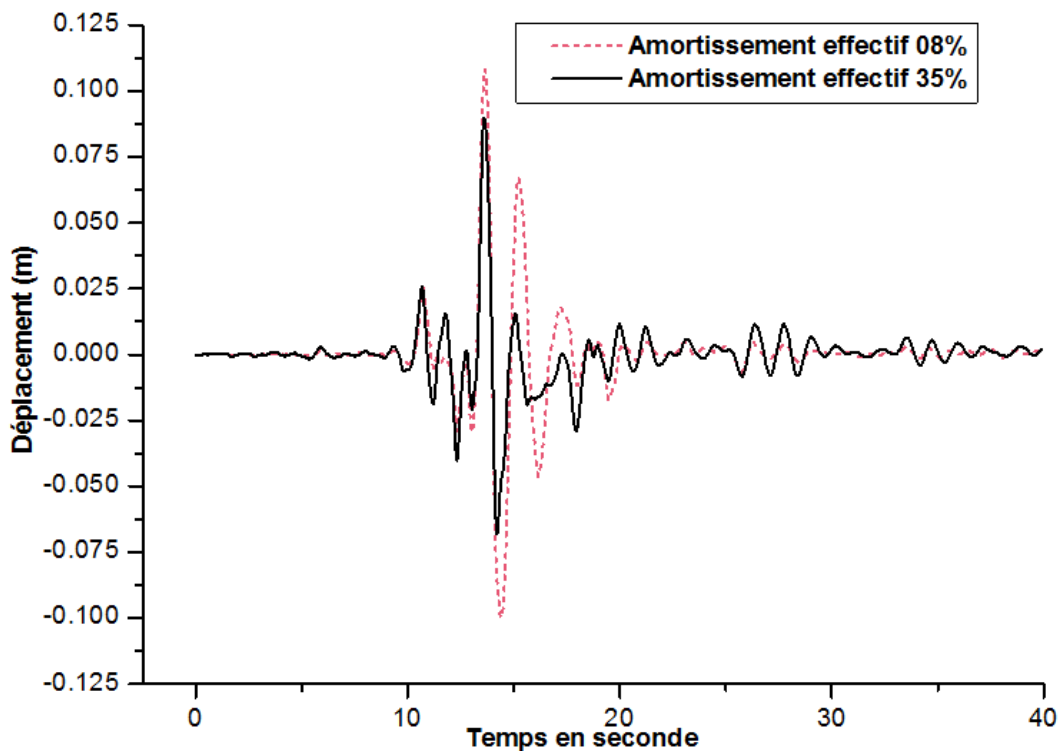


Figure 77 : Comparaison des déplacements absolus du dernier niveau avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

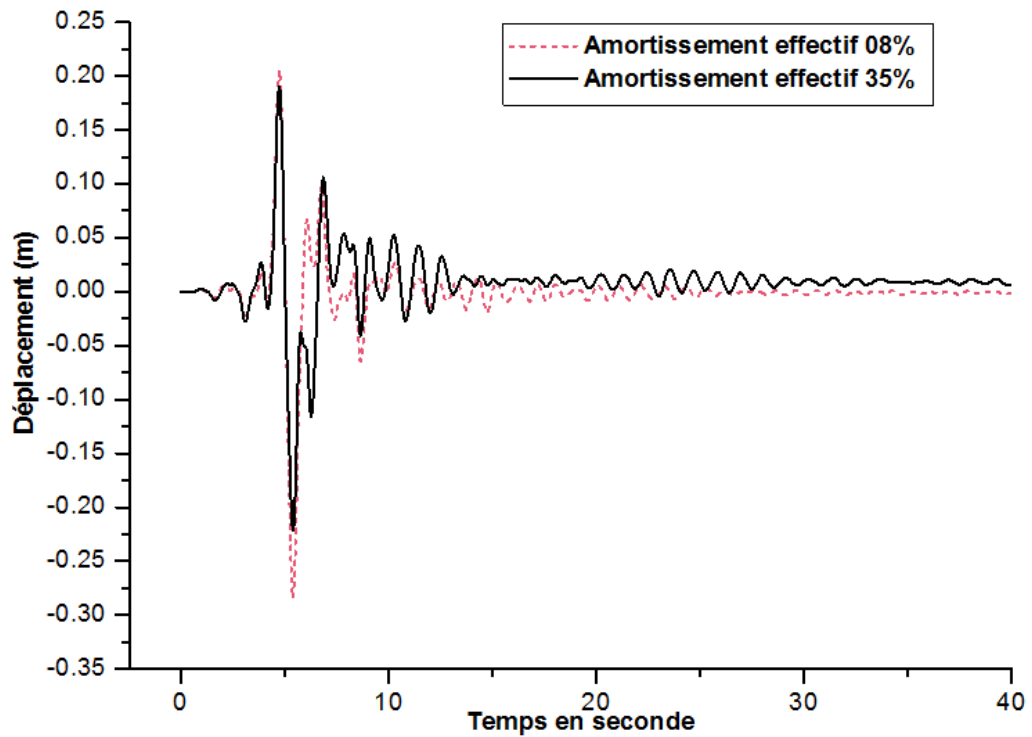


Figure 78 : Comparaison des déplacements absolus du dernier niveau avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

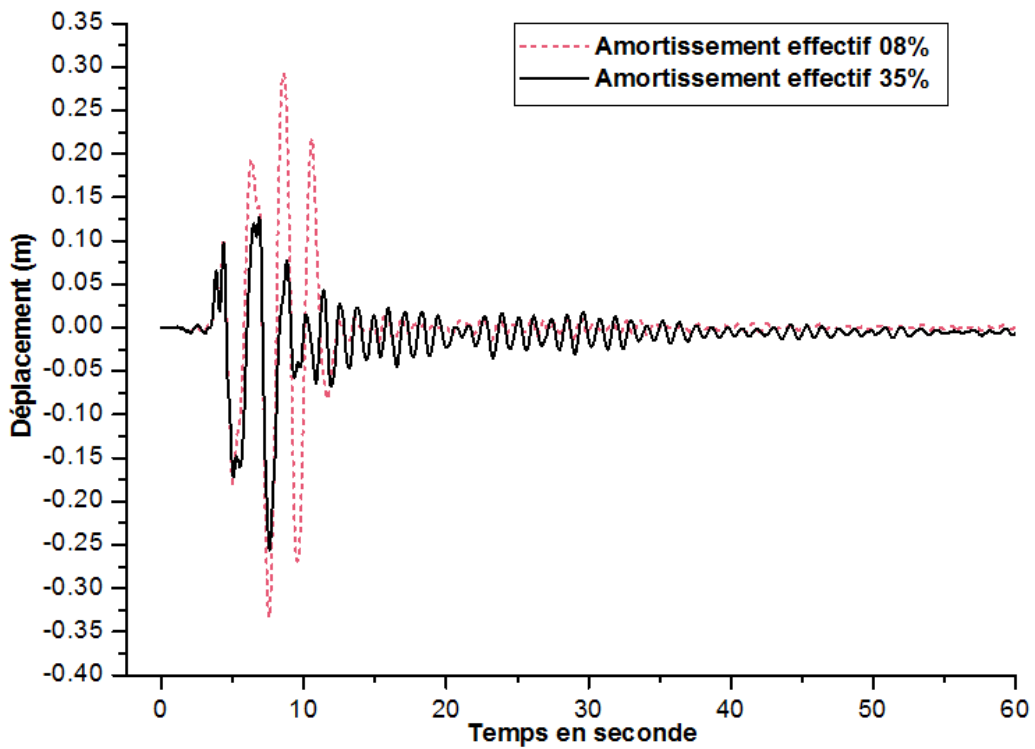


Figure 79 : Comparaison des déplacements absolus du dernier niveau avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

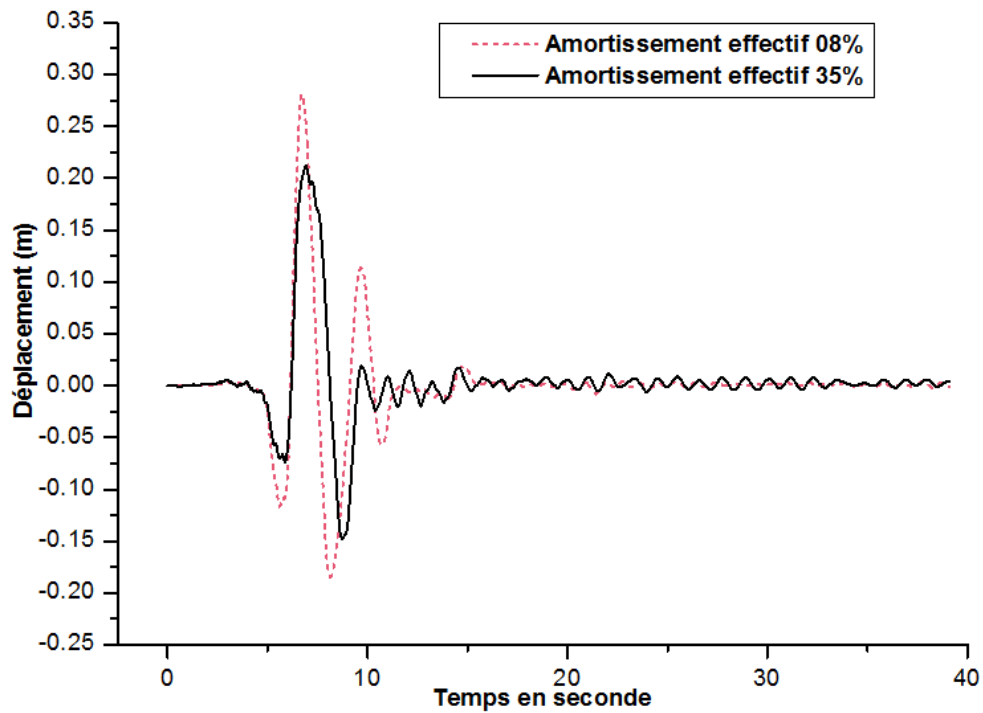


Figure 80 : Comparaison des déplacements absolus du système d'isolation avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

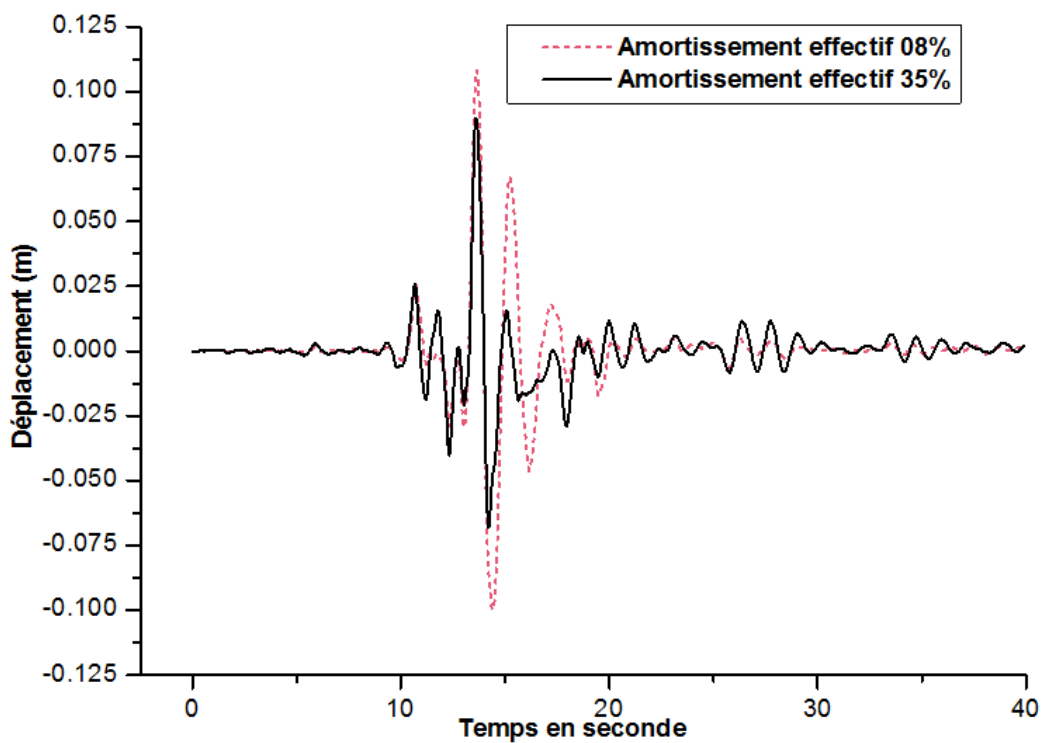


Figure 81 : Comparaison des déplacements absolus du système d'isolation avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

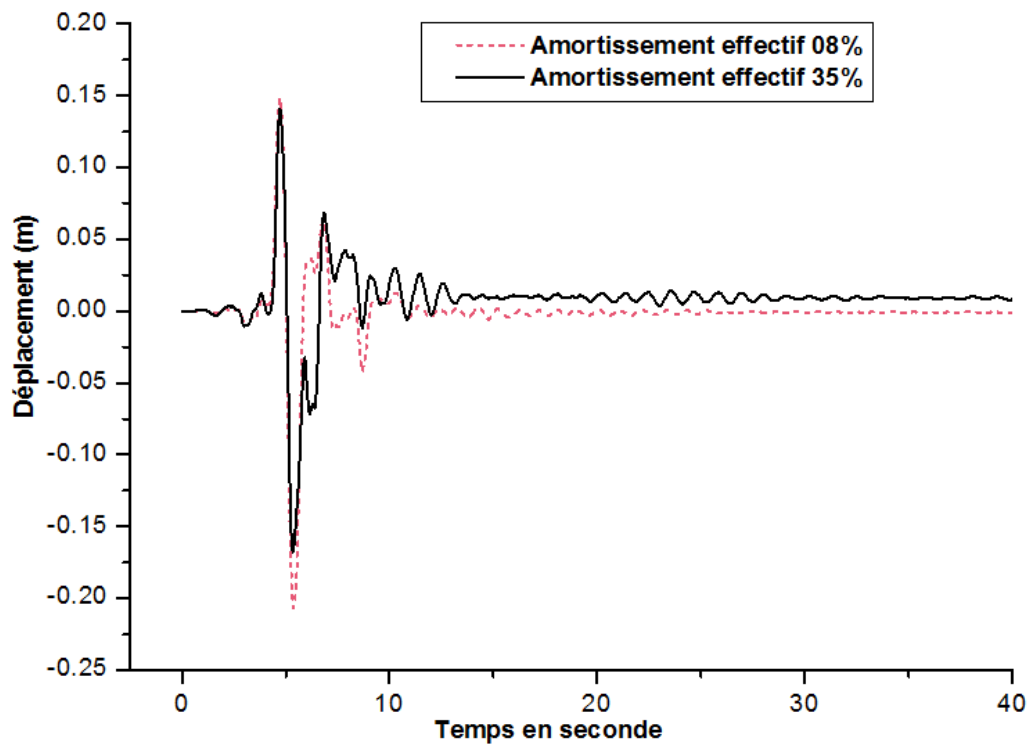


Figure 82 : Comparaison des déplacements absolus du système d'isolation avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

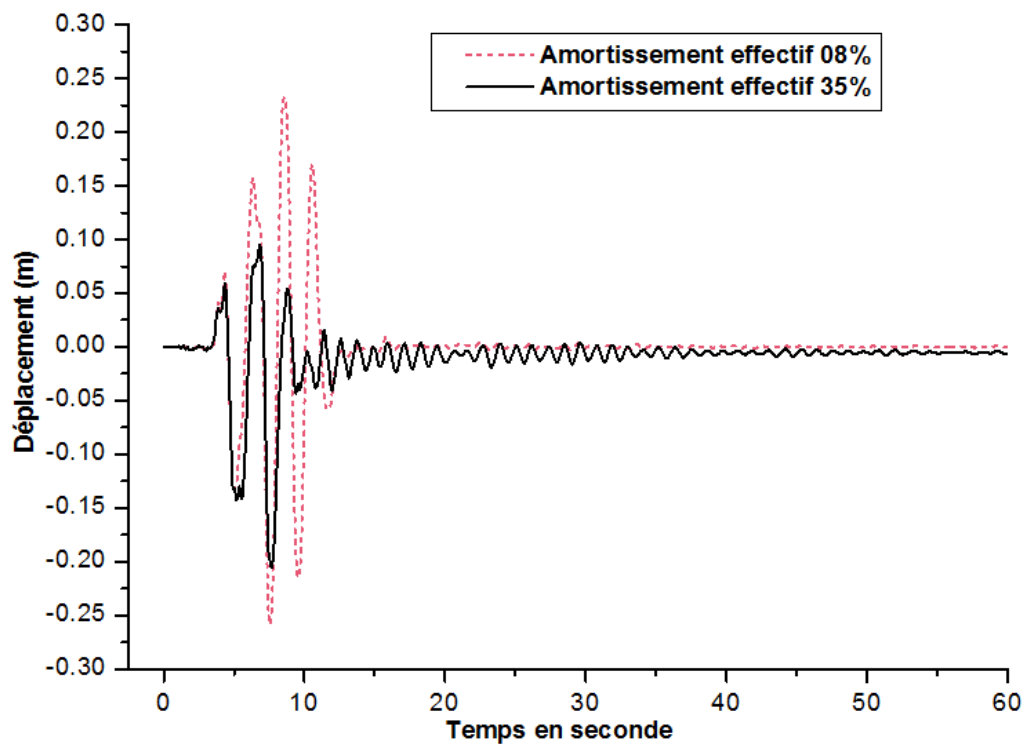


Figure 83 : Comparaison des déplacements absolus du système d'isolation avec des pourcentages d'amortissement effectif faible (8%) et élevé (35%) soumis à la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

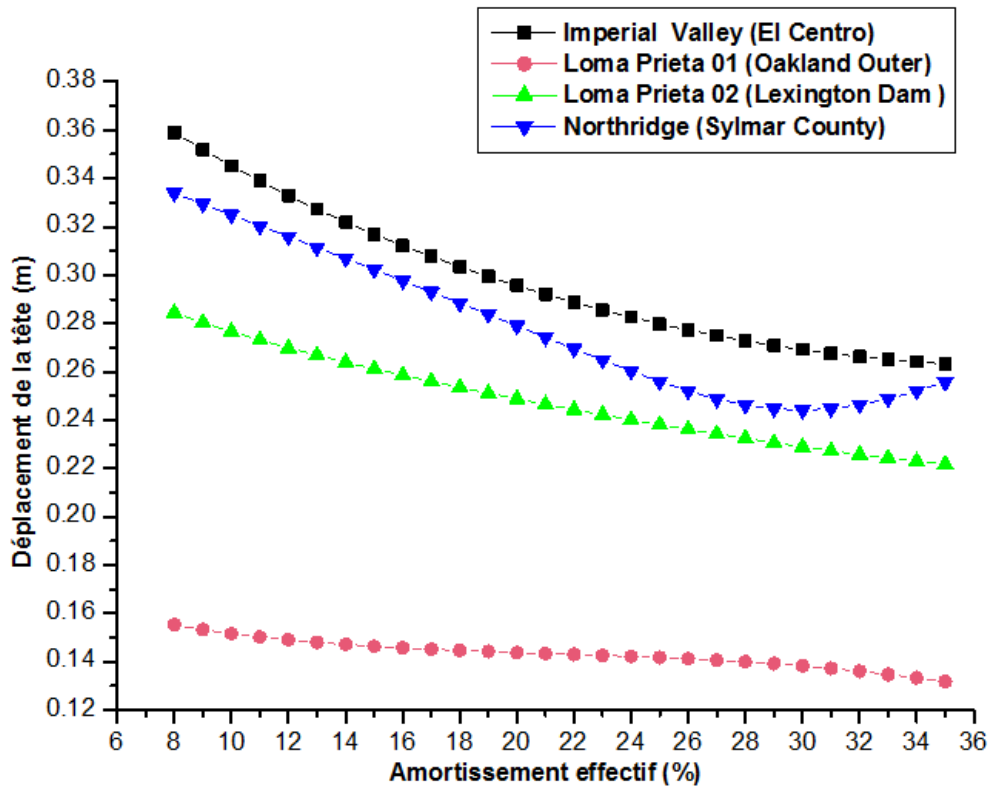


Figure 84 : Déplacements maximaux absolus du 8^{ème} niveau avec les différents pourcentages d'amortissement effectif.

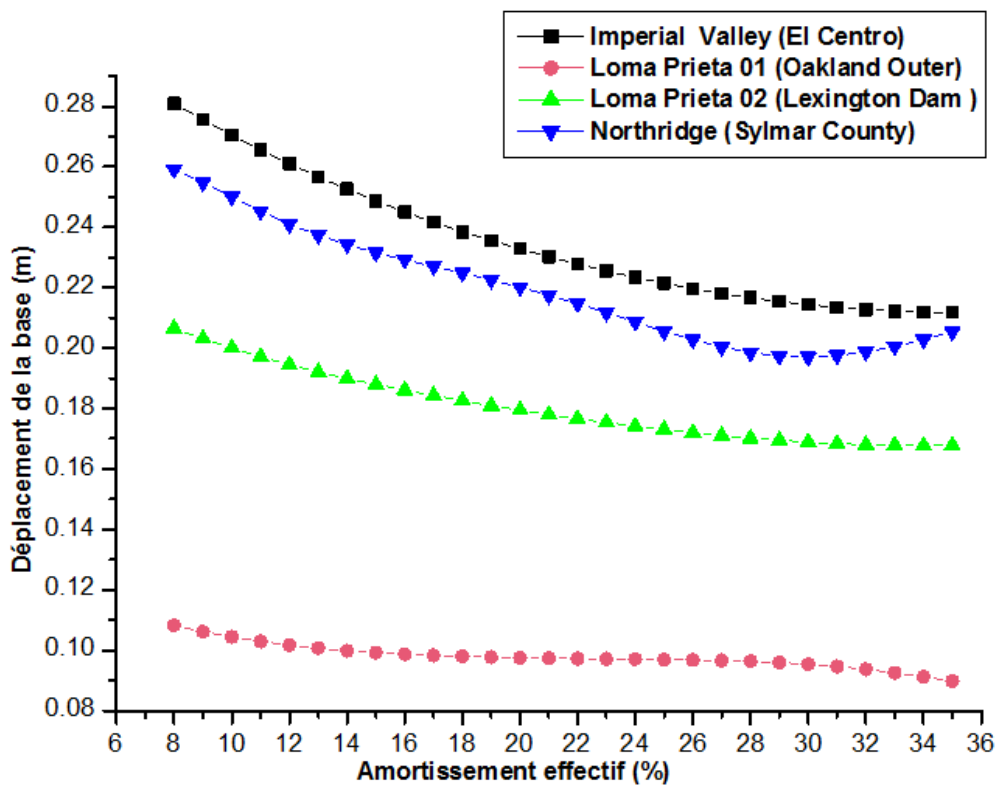


Figure 85 : Déplacements maximaux absolus de la base avec les différents pourcentages d'amortissement effectif.

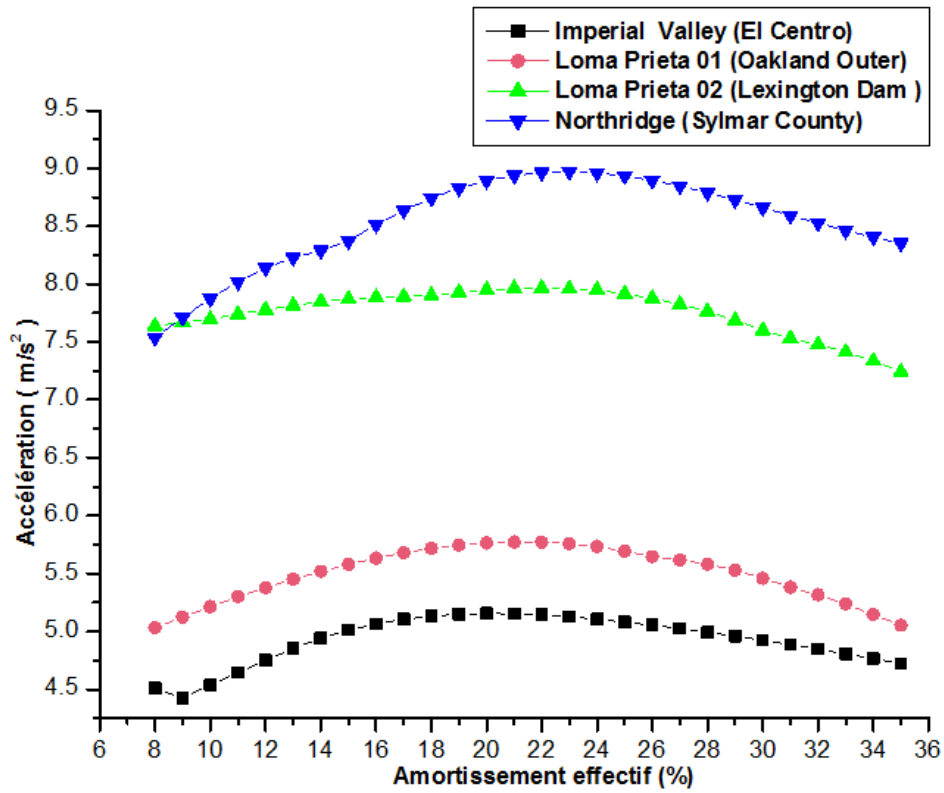


Figure 86 : Les accélérations maximales du 8^{ème} niveau avec les différents pourcentages d'amortissement effectif.

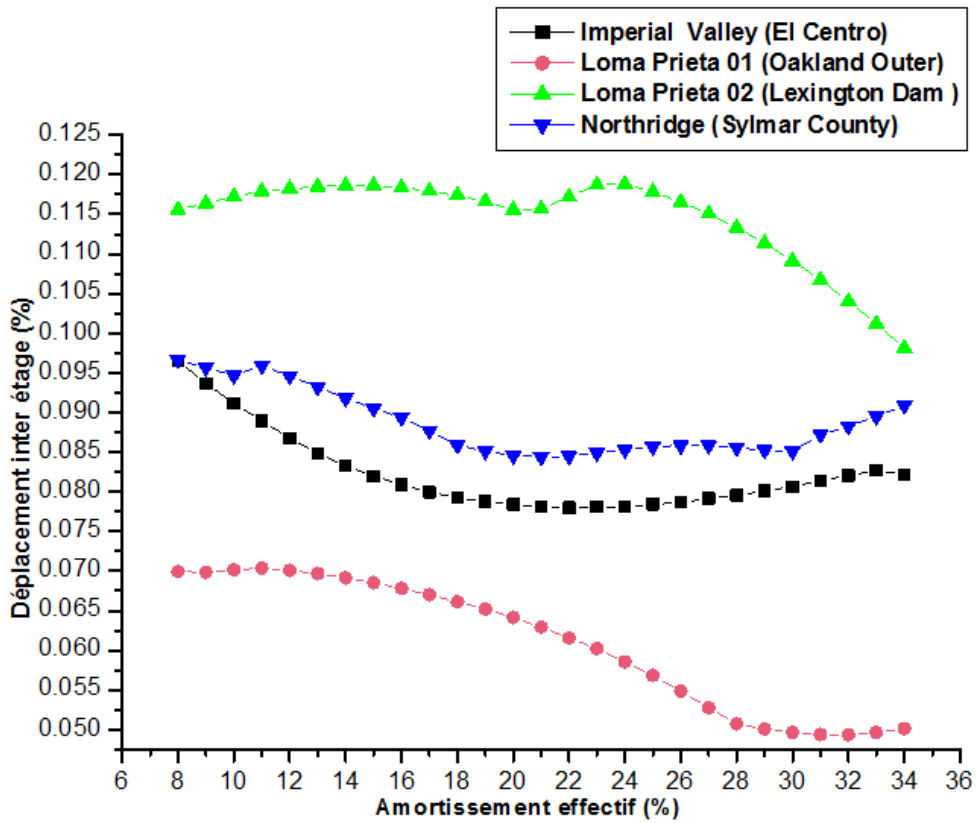


Figure 87 : Les déplacements inter étages du 8^{ème} niveau avec les différents pourcentages d'amortissement effectif.

IV-3-2- Description des résultats des réponses

IV-3-2-1- Déplacements

D'après les résultats des déplacements relatifs ou absolus qui sont représentés numériquement par les tableaux précédents et graphiquement par les figures 76 à 85, nous constatons que sous tous les chargements sismiques utilisés dans cette étude les déplacements de la superstructure ou du système d'isolation sont diminués avec l'augmentation de l'amortissement effectif dû à la présence de barreaux de plomb LRB qui résiste aux déformations de cisaillement. Ce qui montre l'influence de l'amortissement qui réduit les déplacements relatifs dans les superstructures et les déplacements absolus à la base pour une structure isolée.

IV-3-2-2- Accélération

Comme le montre la figure 86, les accélérations maximales transmises pour toutes excitations sismiques sont augmentées généralement en relation de l'amortissement effectif passé de 08 à 20 %. Par contre de plus de 20 % d'amortissement, les accélérations sont réduites avec l'augmentation de l'amortissement effectif.

Ceci est traduit par le changement dans la force totale de cisaillement de l'isolateur pour différentes valeurs de l'amortissement effectif. D'après Kelly et Naeim [24] le modèle bilinéaire de l'isolateur LRB donne : $K_{\text{eff}} = K_2 + \frac{Q}{D}$ donc : $F_T = F_2 + Q$.

Avec: K_2 : la rigidité d'écoulement.

Q : la résistance caractéristique.

D : le déplacement de conception.

- Pour des amortissements effectifs faibles, l'augmentation de la force totale de cisaillement est due à l'augmentation de la force inélastique F_2 (grand déplacement).
- Pour des amortissements effectifs moyens et forts, l'augmentation de la force totale de cisaillement de l'isolateur est due à l'augmentation de la force de résistance Q (petit déplacement).

IV-3-2-3- Déplacements inter étages

Les résultats représentés dans la figure 87 montrent que les déplacements inter étages sous tous les chargements sismiques utilisés sont généralement réduits avec l'augmentation du pourcentage de l'amortissement effectif.

D'après les résultats des réponses dynamiques maximales obtenues, remarquons que ces réponses correspondent avec les chargements sismiques utilisés et leurs contenus fréquentiels. Cependant pour les déplacements à la base, les déplacements maximaux ont été enregistrés dans le cas du chargement du séisme d'Imperial Valley qui a pour les différents pourcentages d'amortissement effectif une fréquence fondamentale d'environ 0.4 Hz. On a aussi les accélérations maximales correspondant à la composante de Sylmar County du séisme de Northridge qui a PGA de 0.604 g.

IV-3-3- Energie absorbée

Pour illustrer l'effet de l'amortissement du système d'isolation sur la dissipation d'énergie, une comparaison a été faite entre l'énergie sismique entrée (Input Energy), l'énergie absorbée par le système d'isolation (Non-linear Link Energy) et l'énergie d'amortissement modal (Modal Damping Energy) avec deux niveaux des pourcentages d'amortissement effectif faible (08%) et élevé (35%) pour les quatre chargements sismiques utilisés précédemment.

Les résultats de cette comparaison sont représentés par les figures ci-dessous :

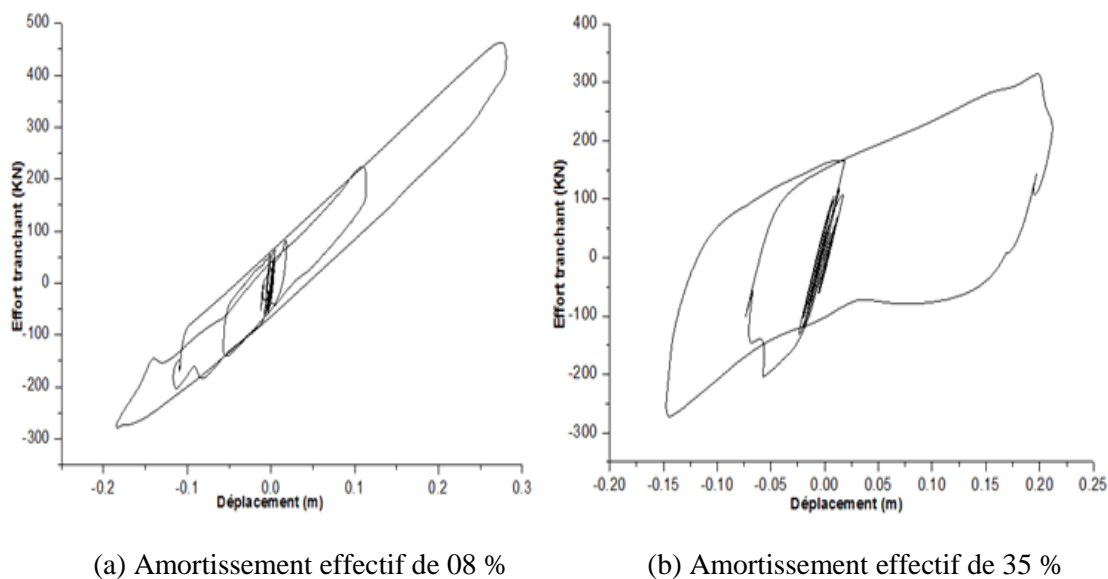


Figure 88 : Comparaison des diagrammes efforts-déformations d'un isolateur de centre pour des pourcentages d'amortissement effectif faible (08 %) et élevé (35 %) soumis à la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

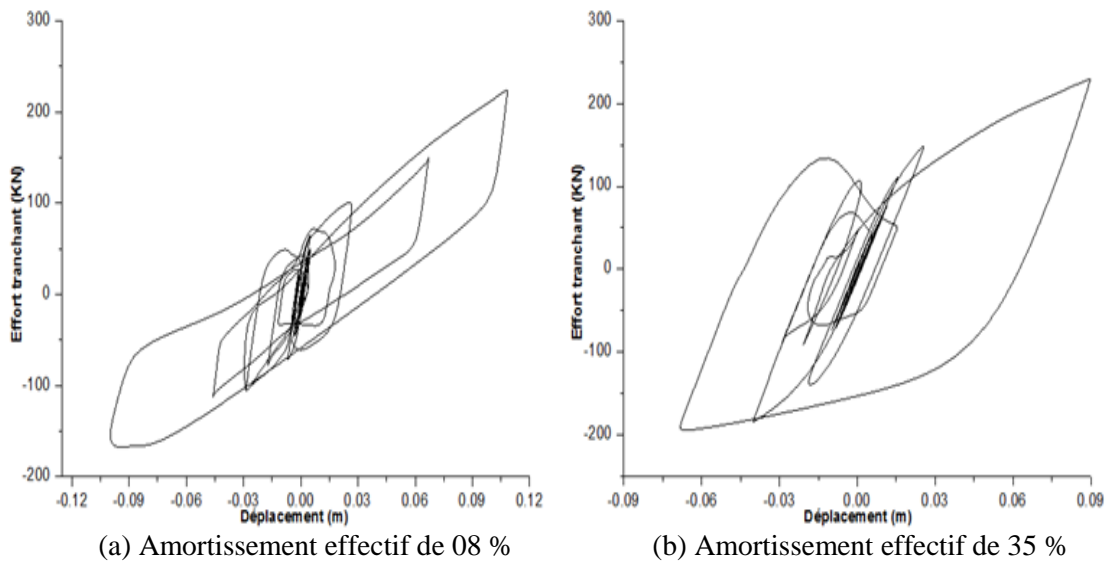


Figure 89 : Comparaison des diagrammes efforts-déformations d'un isolateur de centre pour des pourcentages d'amortissement effectif faible (08 %) et élevé (35 %) soumis à la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

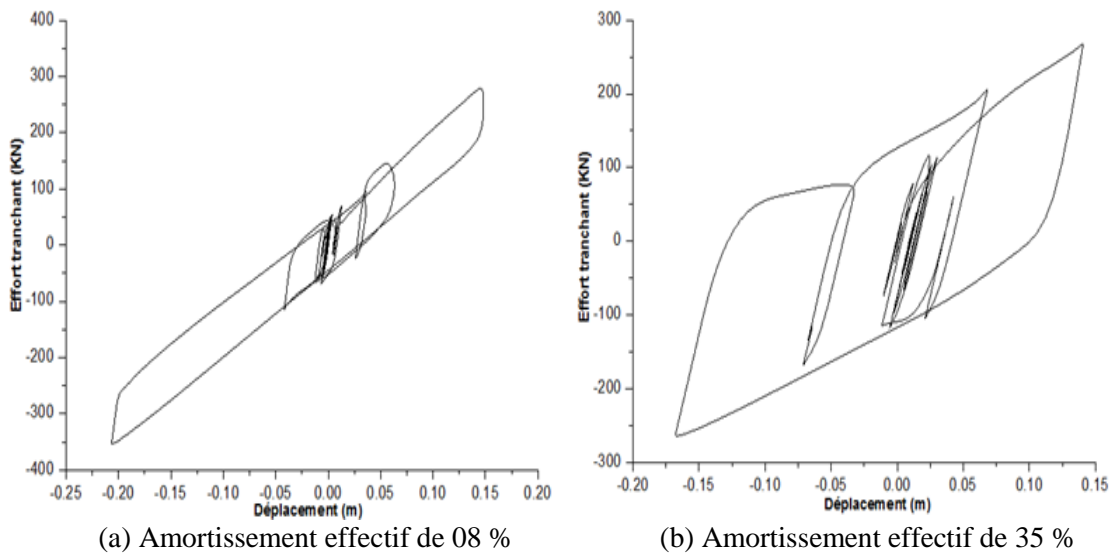


Figure 90 : Comparaison des diagrammes efforts-déformations d'un isolateur de centre pour des pourcentages d'amortissement effectif faible (08 %) et élevé (35 %) soumis à la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

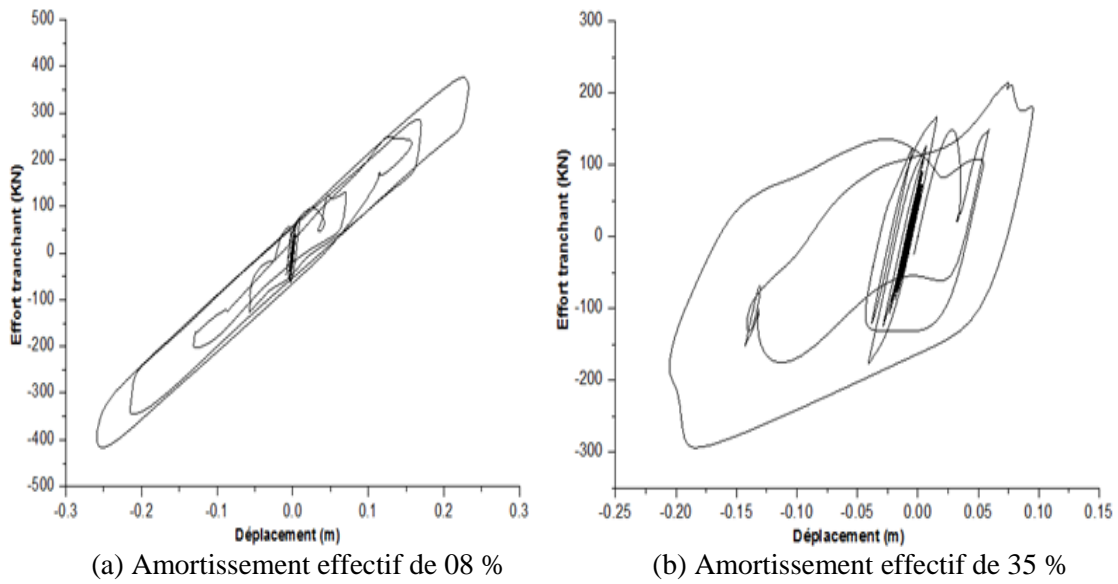


Figure 91 : Comparaison des diagrammes efforts-déformations d'un isolateur de centre pour des pourcentages d'amortissement effectif faible (08 %) et élevé (35 %) soumis à la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

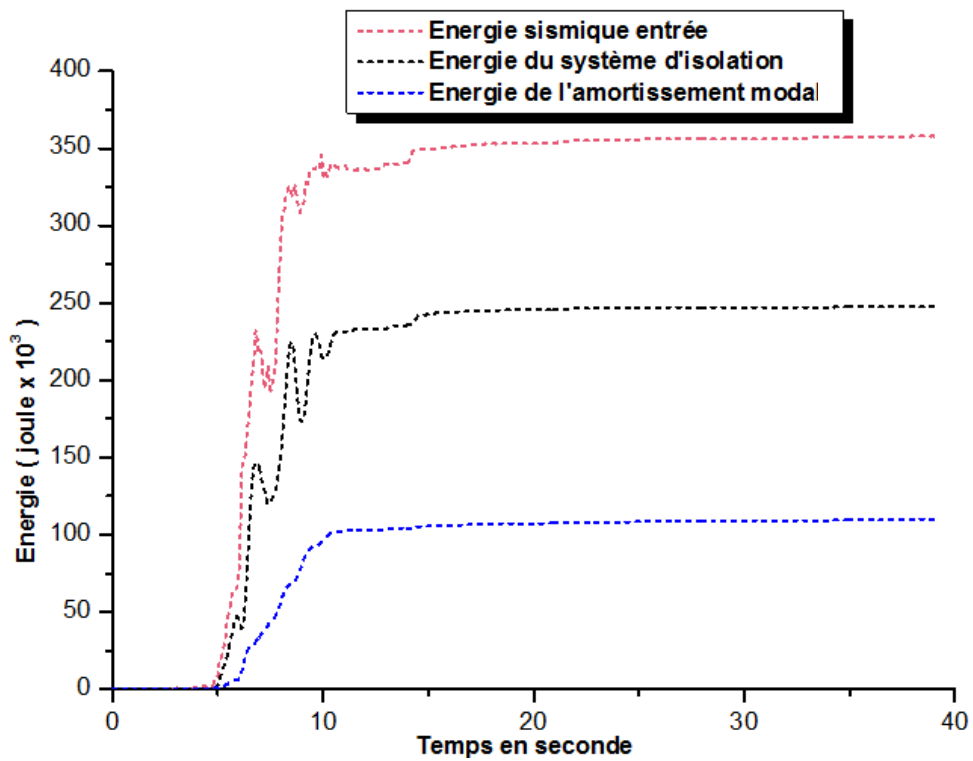


Figure 92 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (08 %) sous l'excitation de la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

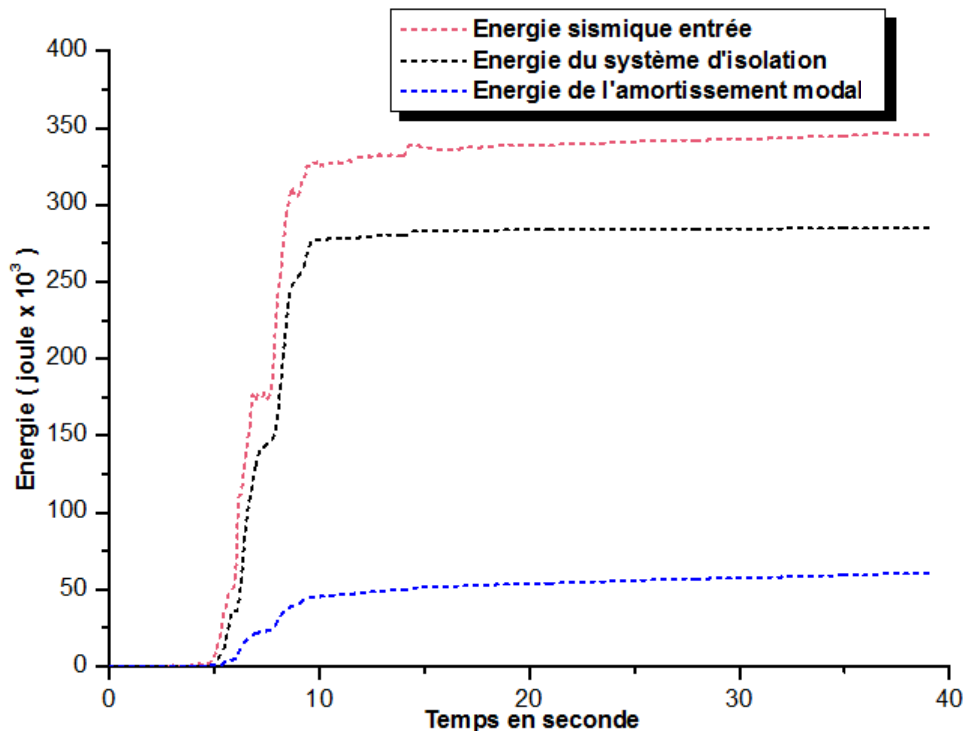


Figure 93 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (35 %) sous l'excitation de la composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley.

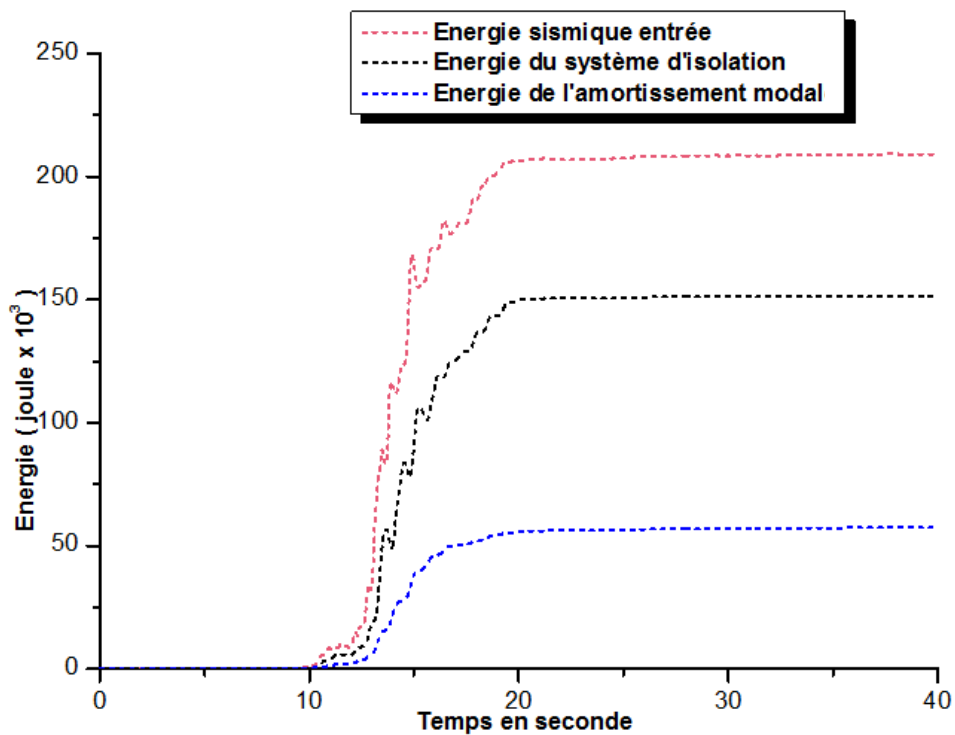


Figure 94 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (08 %) sous l'excitation de la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

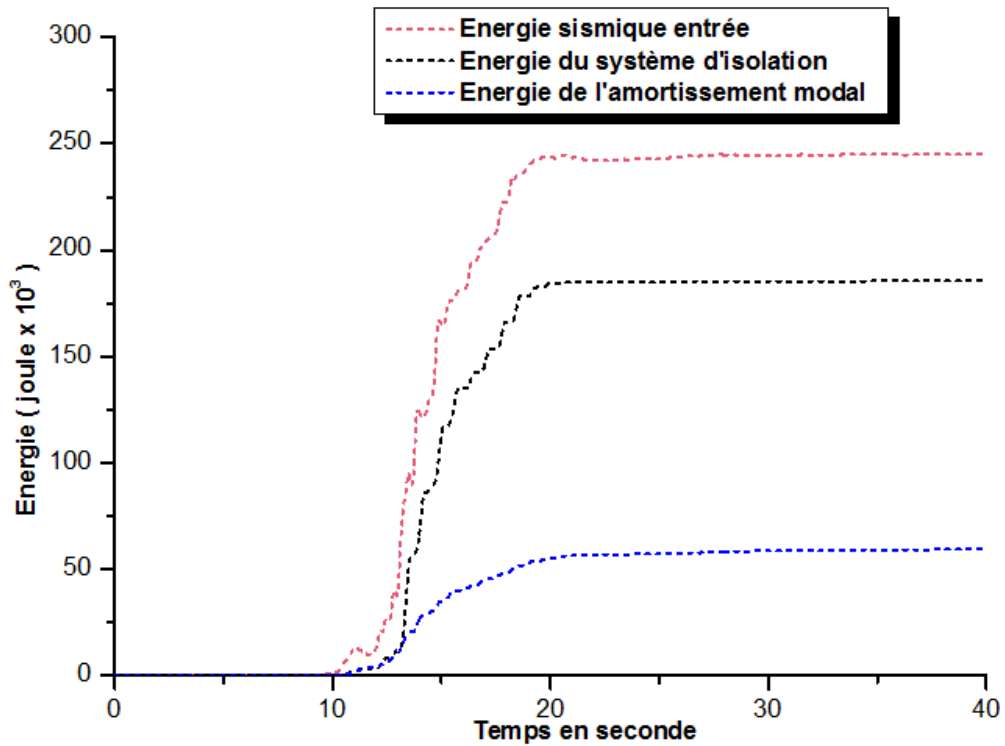


Figure 95 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (35 %) sous l'excitation de la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta.

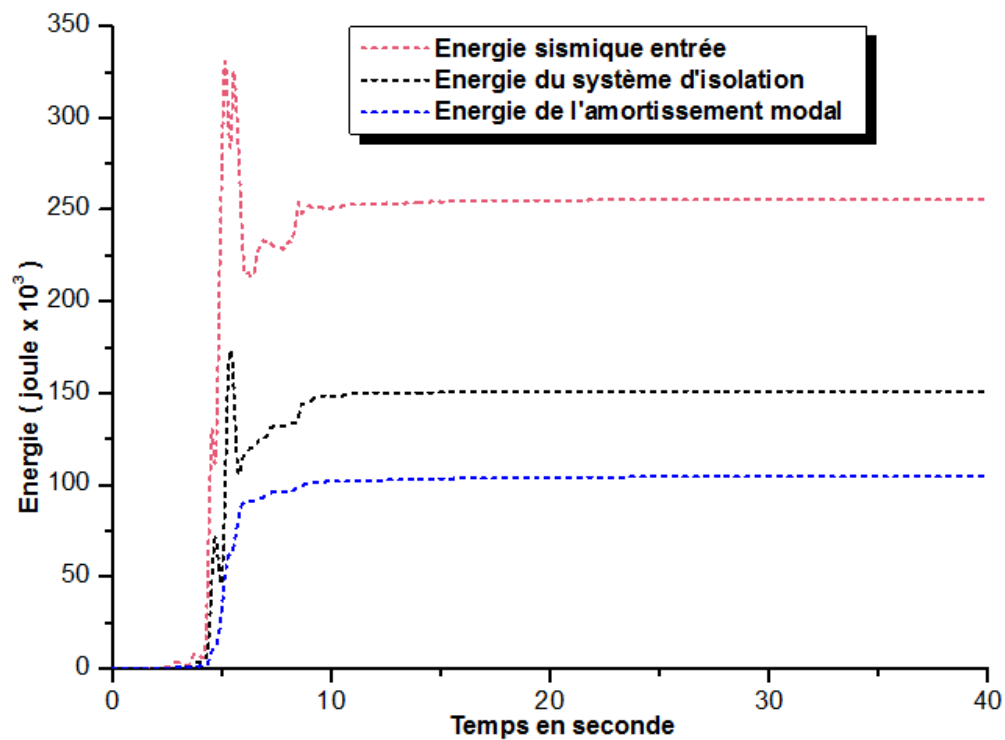


Figure 96 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (08 %) sous l'excitation de la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

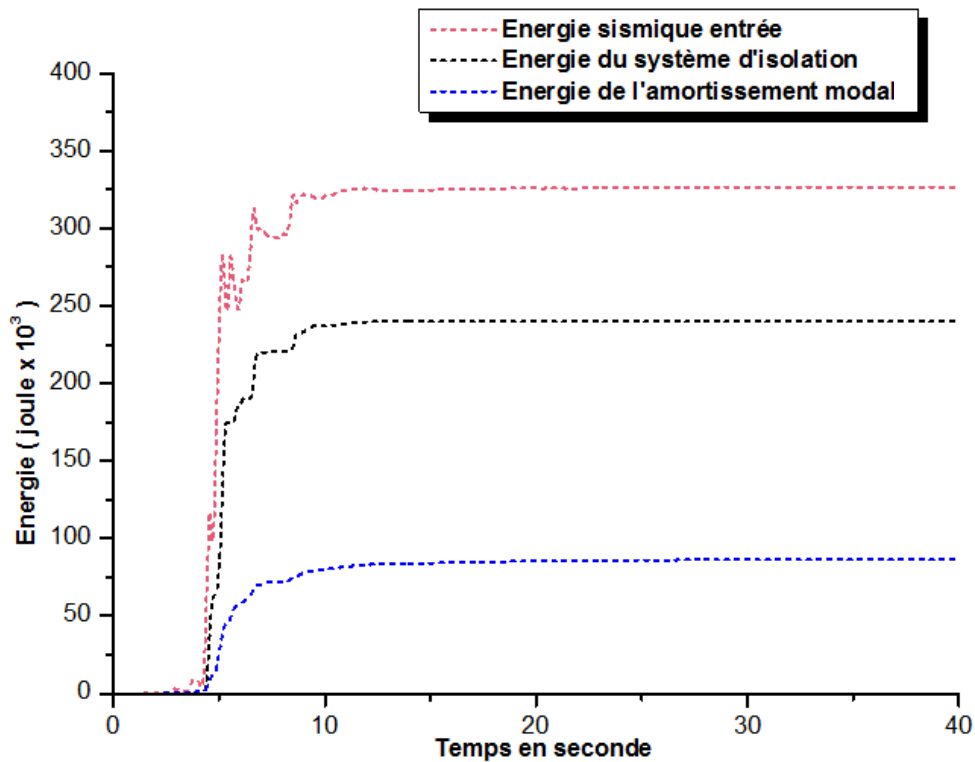


Figure 97 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (35 %) sous l'excitation de la composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta.

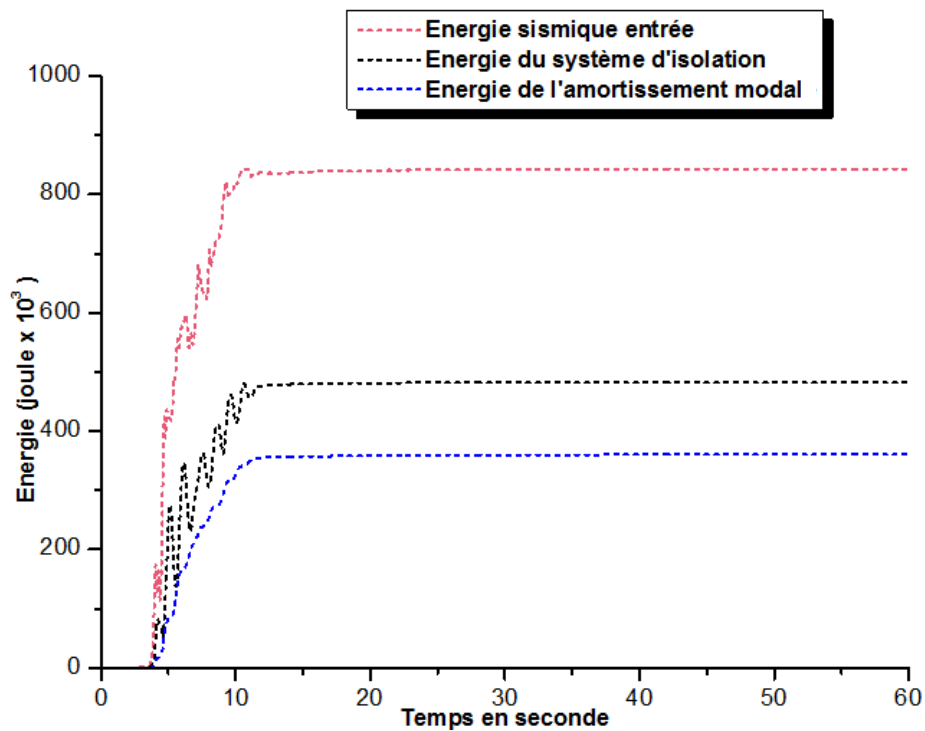


Figure 98 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (08 %) sous l'excitation de la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

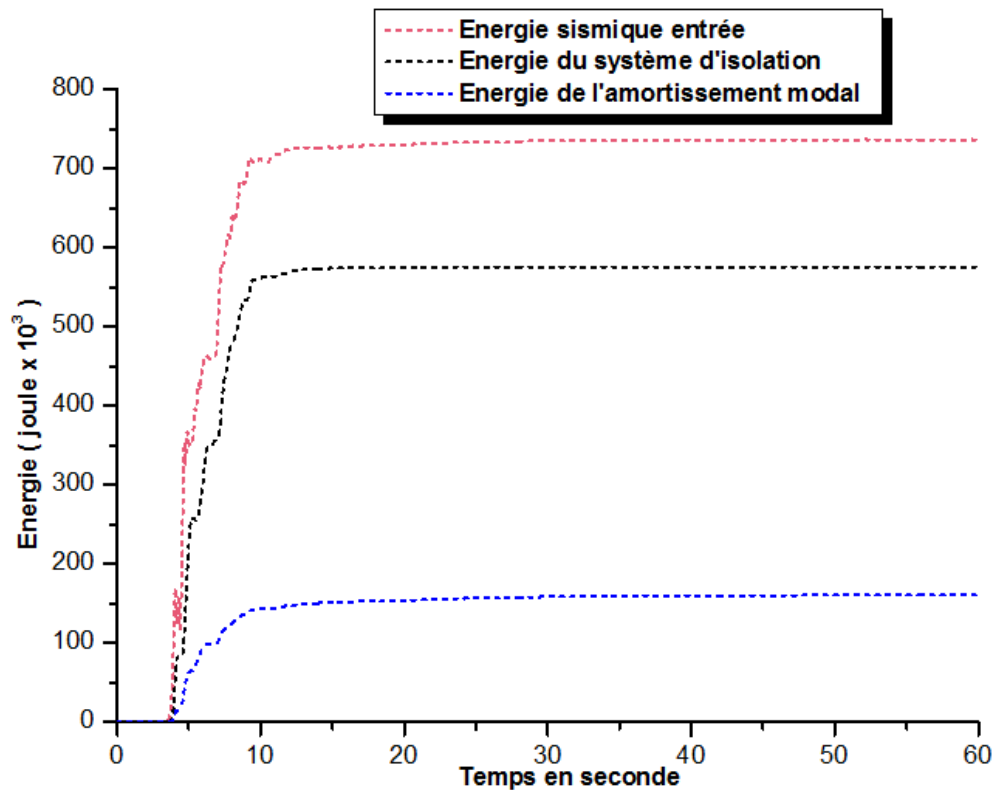


Figure 99 : Diagrammes des énergies absorbées par une structure isolée avec un pourcentage d'amortissement effectif faible (35 %) sous l'excitation de la composante de Sylmar County du séisme Northridge.

Les résultats de l'étude comparative entre l'énergie sismique entrée (Input Energy), l'énergie absorbée par le système d'isolation (Non-linear Link Energy) et l'énergie d'amortissement modal (Modal Damping Energy) sous différents chargements sismiques et pour deux niveaux de pourcentage d'amortissement effectif (08 et 35 %) sont résumés dans le tableau 14.

Excitation sismique	Energie (joule x 10 ³)	Amortissement effectif		Pourcentage (%)	
		8%	35%	(-)	(+)
La composante d'El Centro du séisme d'Imperial Valley	Sismique entrée	358	346.4	3.24	-
	Système d'isolation	247.7	284.9	-	13.06
	Amortissement modal	110	60.48	45.02	-
La composante de Oakland Outer du séisme de Loma Prieta	Sismique entrée	209.2	245	-	14.61
	Système d'isolation	151.4	185.4	-	18.34
	Amortissement modal	57.6	60.48	-	4.76
La composante de Lexington Dam du séisme de Loma Prieta	Sismique entrée	330.8	326.6	1.27	-
	Système d'isolation	173.2	240.1	-	38.63
	Amortissement modal	104.5	86.4	17.32	-
La composante de Sylmar County du séisme de Northridge	Sismique entrée	843.5	736.4	12.70	-
	Système d'isolation	482.2	575.7	-	19.39
	Amortissement modal	360.8	160.6	55.49	-

N.B : (-) Réduction, (+) Augmentation.

Tableau 14 : Comparaison des résultats des énergies sismiques absorbées pour les différents pourcentages d'amortissement effectif et les différents chargements sismiques

IV-3-4- Description des résultats des énergies absorbées

Les figures 88 à 91 montrent une comparaison entre les diagrammes efforts-déformations d'un isolateur de centre pour des pourcentages d'amortissement effectif faible (08 %) et élevée (35 %) sous différents chargements sismiques. La remarque tirée de ces comparaisons est que les surfaces des boucles hystérésis sont augmentées en accord avec l'augmentation de l'amortissement effectif pour toutes les excitations sismiques utilisées. Ceci est expliqué par l'augmentation de l'énergie absorbée par le système d'isolation avec l'augmentation de l'amortissement effectif.

D'après la comparaison des résultats entre les figures 92, 93, 96, 97, 98 et 99 qui sont résumés dans le tableau 14, nous constatons que l'augmentation des pourcentages d'amortissement effectif entraîne une réduction de l'énergie sismique entrée et l'énergie de l'amortissement modal et une augmentation de l'énergie absorbée par le système d'isolation pour les composantes des excitations sismiques (Imperial Valley, Lexington Dam, Sylmar County). Par conséquent, la différence entre l'énergie sismique entrée et celle absorbée par le système d'isolation est réduite avec l'augmentation de l'amortissement effectif, ce qui montre l'influence de l'amortissement pour un système d'isolation dans une structure isolée. Les figures 94, 95 montrent que l'énergie sismique entrée, l'énergie de l'amortissement modal et l'énergie absorbée par le système d'isolation sont augmentées avec l'augmentation de l'amortissement effectif pour la composante d'Oakland Outer du séisme de Loma Prieta. Par conséquent, la différence entre l'énergie sismique entrée et celle absorbée par le système d'isolation reste presque invariable avec la croissance de l'amortissement effectif. Ceci dénote que l'amortissement du système d'isolation parasismique est plus efficace à dissiper l'énergie sismique induite lors d'une excitation sismique moyenne ou élevée et devient moins efficace pour des excitations faibles comme le montre l'accélérogramme de la composante d'Oakland Outer qui a un PGA de 0.287 g.

IV-4- Conclusion

Les résultats numériques obtenus par l'étude paramétrique nous ont permis de déduire que :

- Les déplacements relatifs de la superstructure ou absolus du système d'isolation sont diminués avec l'augmentation de l'amortissement effectif sous tous les chargements sismiques.
- Les accélérations transmises à la superstructure sont augmentées pour un amortissement effectif faible et par contre elles sont réduites pour un amortissement moyen ou élevé.
- Les déplacements inter étages sous tous les chargements sismiques utilisés sont généralement réduits avec l'augmentation du pourcentage de l'amortissement effectif.
- Les résultats des réponses dynamiques maximales obtenus «déplacements ou accélérations» correspondent avec les chargements sismiques utilisés et leurs contenus fréquentiels.
- Les surfaces des boucles hystérésis pour les diagrammes efforts-déformations d'un isolateur sont augmentées avec l'augmentation de l'amortissement effectif pour toutes les excitations sismiques utilisées, pour cela l'énergie absorbée par le système d'isolation est augmentée avec l'augmentation de l'amortissement effectif.
- L'augmentation des pourcentages d'amortissement effectif entraîne une réduction de l'énergie sismique entrée et l'énergie de l'amortissement modal et une augmentation de l'énergie absorbée par le système d'isolation. Ceci explique la réduction de la différence entre l'énergie sismique entrée et celle absorbée par le système d'isolation en accord avec l'augmentation de l'amortissement effectif.