



Mémoire de Fin d'Etudes

Présenté au

Département : Sciences Technologiques

Domaine : Génie Civil

Filière : Génie Civil

Spécialité : Ingénierie Parasismique

Réalisé par

M. Fekhit Ahmed

M. Hani Mustapha

Pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE

Intitulé

*Etude comparative relative à la prise en compte des
conditions de site locales dans les spectres de
réponses RPA, Eurocode et UBC*

Mr.Brahimi Mohamed
Mr.Dif Hamza
Mr.Attia Ahmed

Univ. Djelfa
Univ. Djelfa
Univ. Djelfa

Président
Encadreur
Examineur

REMERCIEMENTS

Avant tout, nous remercions Dieu qui m'a donné la force de terminer cette humble travail.

Nous tenons à manifester toute notre reconnaissance à notre promoteur M. H.dif, pour la confiance qu'il nous a accordée, pour ses conseils qui ont éclairé le déroulement de nos travaux et qui nous a aidé dans mes périodes de doute, pour les nectars qu'il nous a fait découvrir, pour sa disponibilité, son aide, sa sérénité qu'il ma apportée et enfin sa bonne humeur communicative.

Nos remerciements vont également aux les membres de jury qui nous a fait l'honneur d'accepter de juger nos travaux.

Nos sincère reconnaissance à mes enseignants du département: Science Technique filière Génie Civil « Djelfa »

Enfin mes remerciement vont également à ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitudes et respects

DEDICACES

A ma très chère mère et à mon cher Père , en témoignage et en gratitude de leurs dévouement, de leurs soutien permanent durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A mes chères sœurs et a mon cher frère

A toute ma famille

A mes Amis (es) : Ilyes, Tahar, Mazoz, Chaarani, Walid, Mohamed, Abdelkader, M'barek

A tous mes amis

A tous mes enseignants et mes Collègues de l'université de Djelfa

A toute la promotion 2016
A vous tous un grand merci.

**Fekhit Ahmed
Hani Mustapha**

Résumé

Les enseignements tirés des violents séismes du passé, au Mexique en 1985 ,et le séisme d' El-Asnam en 1980 ,ont montré l'importance de l'effet du site sur l'aggravation des dommages, et prouvent que Les conditions géotechniques et topographiques locales ont une influence sur le mouvement sismique en surface, par l'amplification des ondes sismique ce qui aggrave souvent le risque. A fin de réduire ce risque les différents codes réglementaires prennent en compte ces effets suivants différentes approches. L'objectif du présent travail est d'effectuer une étude comparatives relative à la prise en compte des conditions de site locales dans les spectres de réponses RPA, Eurocode et UBC,et d'en déduire des conclusions, améliorant la prise en compte des effets de site.

Mots clés

Conditions locales –Effets de site – Codes réglementaires - Spectres de réponses

Abstract

Lessons learned from past earthquakes in Mexico in 1985 and the earthquake in El Asnam in 1980, showed the importance of the effect of the site from further damage and prove that the geotechnical conditions and local topographical influence seismic motion at the surface, by the amplification of seismic waves which often increases risk. To reduce this risk the various regulatory codes take into account these effects following different approaches. The objective of this work is to conduct a comparative study on the integration of local site conditions in response spectra RPA, Eurocode and UBC, and to deduce conclusions, improving the recognition of the effects site.

Key words

local conditions -Effects site - Regulatory Codes - response spectra.

المخلص

الدروس المستفادة من الزلازل الماضية في المكسيك في عام 1985 وزلزال في الأصدان في عام 1980، أظهر أهمية تأثير الموقع من مزيد من الضرر ويثبت أن الظروف الجيوتقنية و الطبوغرافية للحركة المحلية لها تأثير زلزالي على السطح، من خلال تضخيم الموجات

الزلازية التي غالبا ما يزيد من خطر. في النهاية لحد من هذا الخطر العديد من الرموز الزلازية التنظيمية تأخذ بعين الاعتبار هذه التأثيرات التالية النهج المختلفة.

والهدف من هذا العمل هو إجراء دراسة مقارنة بشأن إدماج ظروف الموقع المحلية في استجابة الأطياف القواعد مقاومة الزلازل الجزائري ، الكود الأوربي والكود الأمريكي ، واستنتاج النتائج وتحسين الاعتراف الآثار الموقع.

الكلمات المفتاحية

الظروف المحلية - آثار الموقع - الرموز التنظيمية - أطياف الاستجابة .

sommaire

	Page
introduction générale.....	1
 CHAPITRE 01 Résumé bibliographique	
1.1. Introduction.....	3
1.2. Présentation des codes parasismique.....	3
1.2.1.Règles parasismique algérien (RPA 99 VERSION 2003)...	3
1.2.2.Eurocode8.....	6
1.2.3.Uniform Building Code (UBC97).....	9
1.3. Conclusion.....	11
 CHAPITRE 02 Aperçu général sur les effets de site	
2.1. Introduction.....	12
2.2. Généralité sur les effets de site.....	12
2.3. Evidence de l'effet de site.....	15
2.4. Effet des conditions géologique.....	15
2.5. Effet de site topographique.....	16
2.6. Méthodes d'évaluation des effets de site.....	17
2.6.1.Méthodes expérimentales d'évaluation des Effets de site..	18
2.6.2.Méthodes numériques.....	19
2.7. Conclusion.....	21
 CHAPITRE 03 Les spectres de réponse	
3.1. Introduction.....	22
3.2. Les spectres de réponse.....	22
3.3. Spectre de réponse de RPA 99 VERSION 2003.....	23
3.4. Spectre de réponse de Eurocode8.....	26
3.5. Spectre de réponse de UBC97.....	29
3.6. Classification des sites.....	32
3.7. Conclusion.....	34

CHAPITRE 04 Comparaison des spectres de réponse avec RPA992003, UBC97 et Eurocode8

4.1. Introduction.....	35
4.2. Comparaison des classifications des sites.....	35
4.3. Réponse élastique et inélastique et les spectres de conception	36
4.4. Facteurs d'amplification topographique d'eurocode8.....	40
4.5. Etablissement des spectres de réponse relatifs aux règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g=0.1$, $a_g=0.2$, $a_g=0.3$, $a_g=0.4$, $a_g=0.5$...	41
4.6. Comparaison entre l'accélération des spectres de réponse (RPA, EC8 et UBC) pour les périodes de références 0.02s, 0.2s et 3s...	55
4.7. Estimation de la variation rapports moyens de l'accélération spectrales pour les différents sites et PGA.....	58
4.8. Conclusion.....	61
Conclusion générale.....	62

Liste des tableaux

Numéro	Intitulé	Page
Tableau 3.1	Valeurs de T1 et T 2	24
Tableau 3.2	Valeurs des pénalités P_q	25
Tableau 3.3	Coefficient d'accélération de zone A	25
Tableau 3.4	valeur des paramètres décrivant le spectre de réponse élastique.....	28
Tableau 3.5	Spectre horizontal de spectre élastique	28
Tableau 3.6	Zone de sismicité	29
Tableau 3.7	Coefficient de site F_a	31
Tableau 3.8	Coefficient de site F_v	31
Tableau 3.9	Classification de site RPA99 V2003.....	32
Tableau 3.10	Classification de site Eurocode 8.....	33
Tableau 3.11	Classification de site UBC 97.....	33
Tableau 4.1	Types de sol définies dans EC8, UBC97 et RPA 99/2003	35
Tableau 4.2	Cordonnées de spectres élastique et inélastique pour EC8, RPA 99/2003 et UBC97	38
Tableau 4.3	Différents facteurs des Règles RPA 99/2003, EC8 et UBC97.....	39
Tableau 4.4	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.1$	41
Tableau 4.5	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.1$	42

Tableau 4.6	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.1$	43
Tableau 4.7	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.1$...	43
Tableau 4.8	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.2$	44
Tableau 4.9	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.2$	45
Tableau 4.10	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.2$	45
Tableau 4.11	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.2$	46
Tableau 4.12	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.3$	47
Tableau 4.13	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.3$	47
Tableau 4.14	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.3$	48
Tableau 4.15	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.3$	49
Tableau 4.16	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.4$	49
Tableau 4.17	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.4$	50
Tableau 4.18	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.4$	51

Tableau 4.19	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.4$	51
Tableau 4.20	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.5$	52
Tableau 4.21	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.5$	53
Tableau 4.22	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.5$	53
Tableau 4.23	Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.5$	54
Tableau 4.24	la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site rocheux.....	55
Tableau 4.25	la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site ferme.....	55
Tableau 4.26	la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site meuble.....	55
Tableau 4.27	la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site très meuble.....	55
Tableau 4.28	la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site rocheux.....	55
Tableau 4.29	la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site ferme.....	56
Tableau 4.30	la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site meuble.....	56
Tableau 4.31	la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site très meuble...	56
Tableau 4.32	la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site rocheux.....	56
Tableau 4.33	la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site ferme.....	56
Tableau 4.34	la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site meuble.....	56
Tableau 4.35	la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site très meuble...	56
Tableau 4.36	la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site rocheux.....	57
Tableau 4.37	la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site ferme.....	57

Tableau 4.38	la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site meuble	57
Tableau 4.39	la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site très meuble...	57
Tableau 4.40	la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site rocheux.....	57
Tableau 4.41	la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site ferme.....	57
Tableau 4.42	la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site meuble.....	57
Tableau 4.43	la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site très meuble...	58
Tableau 4.44	La variation moyenne de l'accélération pour chaque site et $a_g=0.1$	58
Tableau 4.45	La variation moyenne de l'accélération pour chaque site et $a_g=0.2$	58
Tableau 4.46	La variation moyenne de l'accélération pour chaque site et $a_g=0.3$	58
Tableau 4.47	La variation moyenne de l'accélération pour chaque site et $a_g=0.4$	59
Tableau 4.48	La variation moyenne de l'accélération pour chaque site et $a_g=0.5$	59

Liste des figures

Numéro	Intitulé	Page
Figure 2.1	Définition de l'effet de site.....	13
Figure 2.2	Différentes configurations des effets de site.....	14
Figure 2.3	Fonction d'amplification de deux sites différents	16
Figure 3.1	forme standard du spectre de réponse RPA99/2003.....	24
Figure 3.2	Spectres de réponse élastique réglementaire utilisée dans cette étude RPA99/2003.....	26
Figure 3.3	forme standard du spectre de réponse Eurocode8.....	27
Figure 3.4	Spectres de réponse élastique réglementaire utilisée dans cette étude Eurocode8.....	29
Figure 3.5	forme standard du spectre de réponse UBC97	31
Figure 3.6	Spectres de réponse élastique réglementaire utilisée dans cette étude UBC 97.....	32
Figure 4.1	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site rocheux.....	41
Figure 4.2	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site ferme.....	42
Figure 4.3	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site meuble.....	42

Figure 4.4	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site très meuble.....	43
Figure 4.5	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site rocheux.....	44
Figure 4.6	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site ferme.....	44
Figure 4.7	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site rocheux.....	45
Figure 4.8	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site très meuble	46
Figure 4.9	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site rocheux.....	46
Figure 4.10	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site ferme	47
Figure 4.11	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site meuble	48
Figure 4.12	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site très meuble	48
Figure 4.13	Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site rocheux.....	49

Figure 4.14 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site ferme	50
Figure 4.15 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site meuble	50
Figure 4.16 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site très meuble	51
Figure 4.17 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site rocheux.....	52
Figure 4.18 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site ferme	52
Figure 4.19 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site meuble	53
Figure 4.20 Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site très meuble	54
Figure 4.21 la variation moyenne de l'accélération pour chaque site par rapport à (EC8/RPA)	59
Figure 4.22 la variation moyenne de l'accélération pour chaque site par rapport à (EC8/UBC)	60
Figure 4.23 la variation moyenne de l'accélération pour chaque site par rapport à (RPA/UBC)	60

Introduction générale

Les leçons tirées des séismes historiques comme les cas des séismes destructifs ($M_w = 6,8$) de Boumerdes qui a eu lieu en Algérie le 21 mai 2003, le séisme d'El Asnam en 1980 et le séisme de Caracas au Venezuela en 1960, et le séisme mexicain en 1985, montrent que les conditions de sites locales de nature géotechniques et topographiques ont un rôle très important sur la réponse des structures, compte tenu de l'importance de leur influence sur les mouvements sismiques en surface, par l'amplification des ondes sismiques. Ce qui aggrave souvent les dommages des structures et par conséquent le risque sismique.

Ces effets de sites, peuvent être pris en compte selon plusieurs méthodes expérimentales et numériques ou réglementaire. Les différents codes sismiques réglementaires prennent en compte les effets de site en introduisant des facteurs d'amplification pour différentes catégories de sites. L'objectif du présent travail est d'effectuer une étude comparative relative à la prise en compte des conditions de sites locales dans les spectres de réponses, le Règlement parasismique Algérien (RPA), Européen code (Eurocode) et le Code du bâtiment uniforme USA (UBC). Et d'en déduire des conclusions, améliorant la prise en compte des effets de site.

Pour atteindre l'objectif de ce travail, le présent mémoire est organisé en quatre chapitres comme suit :

- Le premier chapitre destiné à une revue bibliographique et traite l'histoire des codes sismiques RPA, Euro code et UBC.
- Le deuxième chapitre présente un aperçu général sur les effets de site et leurs méthodes d'estimation.
- Le troisième chapitre est consacré aux spectres de réponses dans les trois codes sismiques et leurs caractéristiques et différents paramètres.

Introduction générale

- Le quatrième chapitre aborde une comparaison entre les spectres de réponse en fonction de certaines périodes de référence choisies, du point de vue accélération spectrale, et ce pour plusieurs mouvements sismiques et dans différentes conditions de site locales.

CHAPITRE 01

Revue bibliographique

1.1 Introduction

Avec les progrès significatifs dans l'ère actuelle et le grand nombre de bâtiments et ouvrages édifiés à travers les villes du monde, et l'augmentation du risque face aux séismes destructeurs et les dommages sismiques tel que les séismes de Chlef en 1981 et Mexico 1985. Un besoin croissant de règles sismiques qui limitent la vulnérabilité des bâtiments face aux séismes et augmentent leur résistance a émergé.

Le présent chapitre est consacré à une revue bibliographique des règlements : Règlement parasismique Algérien (RPA), Européen code (Eurocode) et le Code du bâtiment uniforme USA (UBC).

1.2 Présentation des codes parasismique

1.2.1 Règles parasismique algérien (RPA 99 VERSION 2003)

La première application de loi nationale Algérienne sur la conception de la résistance des bâtiments aux tremblements de terre date de 1983, et ce à la suite du tremblement de terre d'El Asnam 1980 avec une magnitude de 7,3 sur l'échelle de Richter. Avant cette date, en Algérie le code du bâtiment français a été appliqué, et qui ne prévoyait pas une conception parasismique des bâtiments face aux tremblements de terre. En 1980 il a été adopté une loi, et qui a par la suite été révisé en 1988, 1999 et 2003 suite du tremblement de terre dévastateur de Boumerdes.

Historique de règles parasismique algérien (RPA) :

- 1978 : Version préliminaire du code parasismique algérien
 - inspirée du code américain (UBC 73/76).
 - Les forces sismiques sont calculées à l'aide de la méthode statique équivalente.

- 1981 : Edition de la première version du code parasismique algérien (RPA 81) après le séisme d'El Asnam (M 7,2 / 10 octobre 1980) et mise en application par arrêté en parallèle avec le " PS-69 + compléments"
- 1983: RPA – 81 (version 83) exclusivement
- 1984: Evaluation du RPA –81 (version 83) à la suite des résultats des études de microzonage de Chlef
- 1988: Révision du RPA – 81 (version 83) Réaménagement du document
- 1999 : Seconde révision du code
 - Modifications dans la méthode statique équivalente
 - Meilleure explicitation de la méthode dynamique :(méthode modale spectrale)
 - Chapitres « Matériaux » et « Fondations » individualisés
 - Version plus complète et mieux lisible
- 2003 : Troisième révision suite au séisme de Boumerdes (M 6,8 / 21 mai 2003), portant la définition d'un Nouveau zonage sismique comme suit : Zone 0 pour la Sismicité négligeable, Zone I pour la Sismicité faible , Zones II a et II b pour la Sismicité moyenne et enfin la Zone III pour la Sismicité élevée.

a) OBJECTIFS de RPA 99 VERSION 2003

C'est un document technique réglementaire qui fixe les règles de conception et de calcul des constructions en zones sismiques, qui visent à assurer une protection acceptable des vies humaines et des constructions vis à vis des effets des actions sismiques par une conception et un dimensionnement appropriés. Pour des ouvrages courants, les objectifs visés consistent à doter la structure :

- d'une rigidité et d'une résistance suffisante pour limiter les dommages non structuraux et éviter les dommages structuraux par un comportement

essentiellement élastique de la structure face à un séisme modéré, relativement fréquent.

- d'une ductilité et d'une capacité de dissipation d'énergie adéquates pour permettre à la structure de subir des déplacements inélastiques avec des dommages limités et sans effondrement, ni perte de stabilité, face à un séisme majeur, plus rare.

Pour certains ouvrages importants, la protection visée est encore plus sévère puisqu'il faudra que l'ouvrage puisse demeurer opérationnel immédiatement après un séisme majeur.

• **DOMAINE D'APPLICATION**

Les règles sont applicables à toutes les constructions courantes. Par contre, elles ne sont pas directement applicables aux constructions telles que:

- constructions et installations pour lesquelles les conséquences d'un dommage même léger peuvent être d'une exceptionnelle gravité: centrales nucléaires, installations GNL, installations de fabrication et de stockage des produits inflammables, explosifs, toxiques, ou polluants..
- ouvrages d'art (barrages, ouvrages maritimes, ponts, tunnels,...).
- réseaux et ouvrages enterrés.

Pour ces types de constructions, les règles propose la référence à des recommandations spécifiques. Par ailleurs les dispositions le règlement ne s'appliquent pas en zone de séismicité négligeable de la classification des zones sismiques .

• **CONDITIONS D'APPLICATION**

Les constructions auxquelles s'appliquent les règles doivent satisfaire concomitamment aux règles de conception, de calcul et d'exécution applicables

Par ailleurs, au cas où les sollicitations issues d'un calcul aux effets du vent sont plus défavorables, ce sont ces dernières qu'il y a lieu de prendre en considération pour la vérification de la résistance et de la stabilité de l'ouvrage, mais, en même temps, les dispositions constructives des règles RPA doivent être respectées [01].

1.2.2 EuroCode8

Les Eurocodes sont un nouvel ensemble de codes européens de conception structurelle pour la construction et les travaux de génie civil conçu et développé au cours des 30 dernières années, avec l'expertise combinée des Etats membres de l'Union européenne, ils sont parmi les codes structurels les plus avancés dans le monde.

Les Eurocodes sont destinés à être obligatoire pour les travaux publics européens et susceptibles de devenir le standard de facto pour le secteur privé - à la fois en Europe et dans le monde entier.

Les Eurocodes forment un ensemble européen commun de codes de conception structurelle pour les travaux de génie civil. Ils finiront par remplacer les codes nationaux publiés par les organismes nationaux de normalisation (par exemple BS 5950) après une période de co-existence. À l'heure actuelle certains Eurocodes sont encore dans une phase d'essai, jusqu'à ce qu'ils soient officiellement adoptés. En outre, chaque pays peut avoir une annexe nationale aux Eurocodes qui devront référencer pour un pays particulier (par exemple le Royaume-Uni National annexe).

Comme avec d'autres normes européennes, les Eurocodes seront utilisés dans les spécifications relatives aux marchés publics et d'évaluer les produits de la marque CE.

a) Les objectifs de l'EuroCode8:

- Les «Eurocodes structuraux» constituent un ensemble de normes concernant la conception structurale et géotechnique des bâtiments et des ouvrages de génie civil.
- Ils ne traitent de l'exécution et du contrôle que dans la mesure où il est nécessaire d'indiquer la qualité des produits de construction et le niveau de qualité de la mise en œuvre, nécessaires pour assurer la compatibilité avec les règles de conception.
- Tant qu'un ensemble harmonisé de spécifications techniques des produits et de méthodes d'analyse des performances n'est pas disponible, un certain nombre d'Eurocodes structuraux traiteront de certains de ces aspects dans des annexes informatives.

Contexte du programme Eurocodes :

- La Commission des Communautés Européennes (CCE) a entrepris d'établir un ensemble de règles techniques harmonisées concernant la conception des bâtiments et des ouvrages de génie civil, afin de proposer une solution de rechange aux différentes règles en vigueur dans les États membres et, finalement, de les remplacer.

Ces règles techniques sont habituellement connues sous le nom de «Eurocodes structuraux».

- En 1990, après consultation des différents États membres, la CCE a chargé le CEN d'assurer le développement, la publication et la mise à jour des Eurocodes et le secrétariat de l'AELE a accepté de soutenir le CEN dans son travail.
- Le Comité Technique CEN/TC 250 est responsable de l'ensemble des Eurocodes structuraux.

Programme des Eurocodes :

- Les travaux concernant les Eurocodes structuraux suivants sont en cours, chacun étant en général constitué d'un certain nombre de Parties :

ENV 1991 Eurocode 1 : Bases de calcul et actions sur les structures.

ENV 1992 Eurocode 2 : Calcul des structures en béton.

ENV 1993 Eurocode 3 : Calcul des structures en acier.

ENV 1994 Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier-béton.

ENV 1995 Eurocode 5 : Calcul des structures en bois.

ENV 1996 Eurocode 6 : Calcul des structures en maçonnerie.

ENV 1997 Eurocode 7 : Calcul géotechnique.

ENV 1998 Eurocode 8 : Conception et dimensionnement des structures pour leur résistance aux séismes.

ENV 1999 Eurocode 9 : Calcul des structures en alliage d'aluminium.

- Des sous-comités distincts, chargés des divers Eurocodes énumérés ci-dessus, ont été institués par le CEN/TC 250.
- La présente partie de l'ENV 1998 a été publiée sous le titre de prénorme européenne pour une durée de vie initiale de trois ans.
- La présente prénorme européenne est destinée à une application expérimentale et à un recueil d'observations.
- Dans deux ans environ, les membres du CEN seront invités à formaliser leurs observations en vue de les prendre en compte pour déterminer les actions futures à entreprendre.
- Entre temps, il convient d'envoyer les réactions et les observations concernant cette prénorme européenne au secrétariat du CEN/TC 250. ou à votre organisme national de normalisation.

Documents d'Application Nationale (DAN)

- Étant donné les responsabilités des autorités des États Membres en matière de sécurité, de santé, et d'autres aspects couverts par les exigences essentielles de la Directive des Produits de Construction (DPC), des valeurs indicatives ont été attribuées à certains éléments de sécurité, identifiées par le sigle. Il incombe aux autorités de chaque État Membre d'attribuer des valeurs définitives à ces éléments de sécurité.
- Certaines des normes d'accompagnement harmonisées peuvent ne pas être disponibles lors de la publication de cette prénorme. C'est pourquoi il est prévu que le Document d'Application Nationale (DAN), donnant les valeurs définitives des éléments de sécurité, faisant référence aux normes d'accompagnement compatibles et précisant les directives nationales d'application de cette prénorme européenne, soit publié par chaque pays membre ou par son organisme national de normalisation.
- Il est prévu que cette prénorme européenne soit utilisée conjointement avec le DAN valable dans le pays où l'ouvrage de bâtiment ou de génie civil est situé. Problèmes spécifiques à cette prénorme européenne.
- La définition de l'action sismique est un des points fondamentaux de cette prénorme. Étant données les différences importantes en matière d'aléa sismique et de caractéristiques des sources sismogènes existant entre les États membres, l'action sismique est définie par un nombre suffisamment important de paramètres dont les valeurs numériques sont encadrées ; ainsi les autorités de chaque pays membre peuvent adapter l'action sismique à leur situation particulière. Néanmoins, l'utilisation d'un modèle de base commun pour représenter l'action sismique constitue un pas important franchi par cette prénorme en vue de l'harmonisation des Codes. [02]

1.2.3 Uniform Building Code (UBC97)

L'UBC a été publiée en 1927 par le Conseil international des officiels de la construction, qui était basée à Whittier, Californie. Il était destiné à promouvoir la

sécurité publique et a fourni des exigences normalisées pour la construction sécuritaire qui ne varient de ville en ville comme cela avait été le cas auparavant.

a) Histoire de Uniform Building Code (UBC)

ICBO a continué de publier les versions mises à jour du code env. après tous les trois ans jusqu'en 1997, qui a été en retrait que la version finale après laquelle en 2000 l'UBC a été remplacé par IBC (International Building Code), mais IBC est surtout utilisé dans les États-Unis d'Amérique et quelques autres pays. La plupart des pays en développement utilisent encore UBC (code de construction uniforme).

Comme déjà mentionné dans le début que les normes jouent un rôle très important dans la mesure du niveau de précision et d'optimisme dans la qualité et le degré de la performance est à maintenue et renforcée. Les normes varient d'un endroit à l'autre comme les normes que nous avons pour l'Amérique pourraient ne pas être utilisable dans les pays asiatiques comme la Chine, etc. La raison de cette variation dans la norme est la variabilité de la disponibilité du type de matériaux disponibles, la qualité du matériel. Par exemple, le sol de l'Amérique est très différente collectivement que celle de la Chine ou tout autre pays.

Cette variation est également présente dans le pays. Les zones sismiques sont différentes. Cette variation peut être facilement observé dans le génie civil que chaque projet a différents ensembles de caractéristiques malgré le fait que, même si les matériaux et les exigences sont considérées comme identiques.

Le code est uniforme Code du bâtiment ayant une forme courte de UBC. Conseil international des officiels de la construction ayant leur siège social en Californie a publié ce code pour la première fois le chemin du retour en 1927. ICBO a été destiné à promouvoir la sécurité publique en fournissant des normes et des exigences pour assurer la construction en toute sécurité. [03]

Le Code du bâtiment uniforme (UBC) a reconnu l'importance des conditions de site locales ou effets de site , par le biais d'un «facteur de sol" qui a été ajouté au sollicitation latérale des bâtiments dans les éditions 1976 de l'UBC, et après de

nombreuses modifications ont été apportées à la définition de facteurs et de sol et les types de sol, la dernière version définit six types de sols.

1.3 Conclusion

Ce chapitre à été destine a une revue bibliographique et historique pour identifier les motifs qui ont conduit à l'adoption de normes parasismiques en Algérie Règlement parasismique Algérien (RPA), en Europe Européen code (Eurocode) et en Amérique le Code du bâtiment uniforme USA (UBC), et les efforts déployés pour la délivrance de ces règles et les faire adaptées aux effets du site, et en particulièrement le séisme historique de Mexico en 1985, ce qui a conduit à une étude approfondie de ces règles en vue de prendre en compte les effets des caractéristiques géologiques et topographiques sismiques affectant les séismes.

CHAPITRE 02

Aperçu général sur les effets de site

2.1 Introduction

Dans ce chapitre consacré à un aperçu général sur les effets de site de divers nature et lithologiques et topographiques, nous décrivons les différentes méthodes expérimentales et numériques d'évaluation des effets de site qui sont essentiels dans la détermination de l'aléa locale

Dans les méthodes expérimentales nous décrivons la méthode des rapports spectraux, la méthode de fonctions réceptrices et la celle de Nakamura. Et dans les méthodes numériques les méthodes avec modélisation unidimensionnel, modélisation bidimensionnel et modélisation tridimensionnel.

2.2 Généralité sur les effets de site

Lors d'un événement sismique, les ondes sont émises depuis le foyer et se propagent jusqu'à la surface à travers divers milieux. Le mouvement d'un site donné lors d'un tremblement de terre est généralement influencé par trois facteurs principaux : la source, le trajet parcouru des ondes sismiques et les conditions géologiques locales. Les deux premiers facteurs sont communément analysés à l'échelle régionale, ils déterminent l'aléa régional. Le dernier facteur, lié aux conditions locales, détermine l'aléa local.

L'existence et l'influence considérable de ce dernier facteur ont été observées en réalité.

En fait, les enregistrements de quelques séismes récents ont montré que le mouvement du terrain dans certaines zones a été fortement amplifié de façon inattendue par rapport à celui d'autres zones. Il est aussi fréquemment observé après un séisme destructif une concentration de dégâts graves, parfois dramatiques, dans une certaine zone alors que des dommages dans d'autres zones au voisinage sont beaucoup moins importants.

Il est constaté que la répartition des dégâts était généralement bien corrélée avec les conditions géotechniques et topographiques de surface de la zone considérée.

On appelle effet de site les modifications du mouvement sismique en surface dues aux conditions géotechniques et topographiques locales d'un site donné par rapport au mouvement observé sur un site 'voisin' correspondant à des conditions de référence (affleurement rocheux suivant une surface horizontale au voisinage du site étudié). [05]

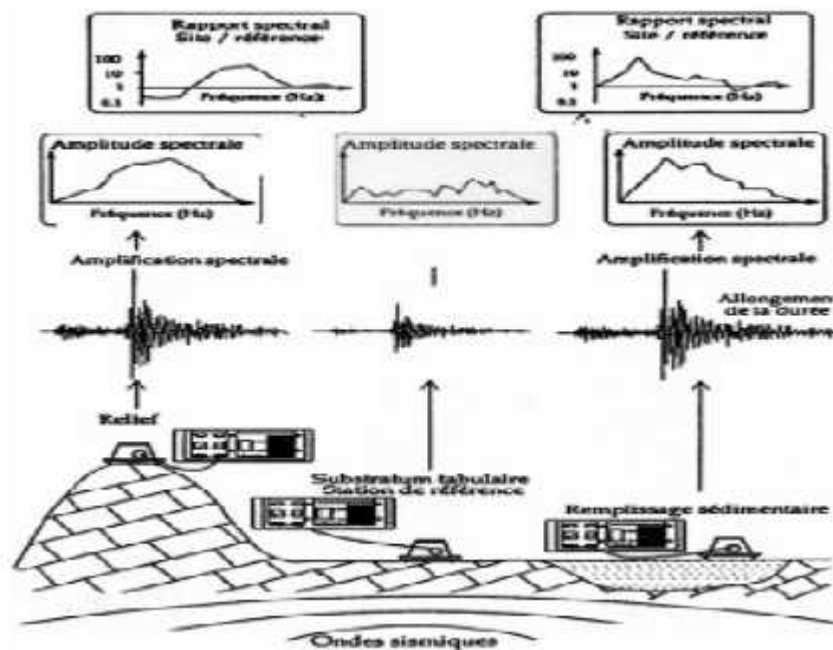


Figure 2.1 : Définition de l'effet de site [10]

Les rapports des spectres de Fourier de différents sites (au sommet de la colline et à l'intérieur du bassin sédimentaire) sont représentés sur la figure (1.1) Sur la figure (1.2) sont représentées quatre configurations typiques pour lesquelles différentes formes des effets de site peuvent se manifester. Les cas (a), (b) et (c) sont caractérisés par le contraste de raideur (ou d'impédance) entre un rocher et un sol relativement mou. L'influence de la variation latérale du substratum adjacent est aussi présentée dans le cas (c). Le cas (d) correspond à l'effet de site dû à la topographie en surface.

Le cas (a) est rencontré très fréquemment dans les zones consacrées à l'urbanisation et à l'aménagement industriel. C'est le cas le plus simple car il peut se prêter à des modélisations unidimensionnelles pour des ondes à propagation verticale. Dans ce cas, la connaissance précise des caractéristiques géométriques et mécaniques des différentes couches de terrain est assez facilement obtenue, puisqu'elle ne nécessite que des reconnaissances géotechniques limitées. Par ailleurs, l'hypothèse d'un champ d'ondes incident à propagation verticale constitue une hypothèse habituelle pour la définition du mouvement sismique. Le cas (a) est ainsi le cas le plus étudié et appliqué dans la pratique.

Liés aux structures géotechniques complexes, les cas (b), (c) et (d) font intervenir des modélisations bi ou tridimensionnelles. L'évaluation de la réponse sismique du site dans ces cas devient très compliquée par rapport à celle du cas (a).

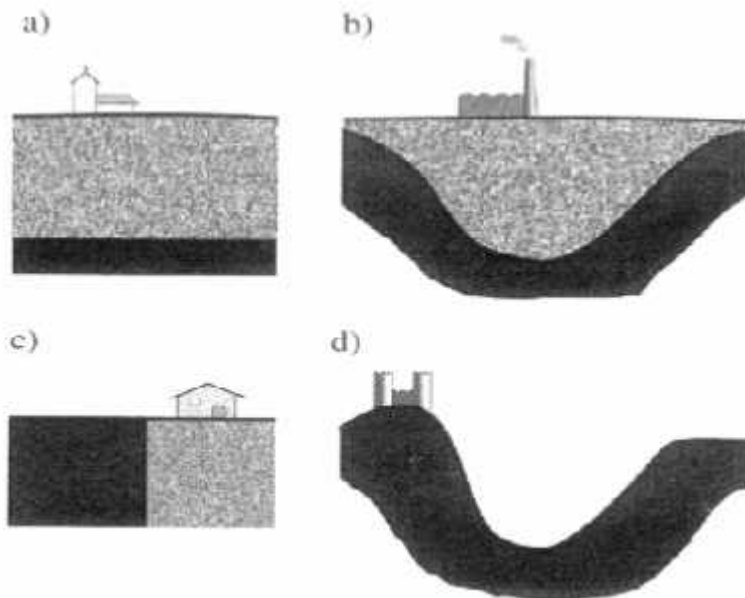


Figure 2.2 : différentes configurations des effets de site. (a) stratigraphie horizontale, (b) relief souterrain bassin, vallée sédimentaire, (c) discontinuité latérale, (d) topographie : colline, vallée, pente [10]

2.3 Evidence de l'effet de site

Les causes des effets de site sont assez nombreuses. On peut les grouper en deux catégories principales. La première catégorie concerne la rupture du sol comme le glissement de terrain ou la liquéfaction. Ces phénomènes attirent beaucoup l'attention des ingénieurs et des scientifiques, car leurs conséquences sont, bien évidemment, très significatives. La deuxième catégorie est liée aux phénomènes de propagations d'ondes dans le sol (ou substratum rocheux). Ces phénomènes sont très fréquemment constatés dans la réalité, ils constituent des causes majeures des effets de site et en conséquence, ont un impact important sur la conception des constructions et des ouvrages. Dans ce travail, nous ne traitons que cette deuxième catégorie. [05]

2.4 Effet des conditions géologique

L'observation in situ nous montre que la structure d'un sol influe sur le comportement dynamique de sol.

Considérons par exemple une couche de sol de 10 m d'épaisseur, avec une vitesse de cisaillement de 100 m.s^{-1} , et une seconde couche, de même épaisseur, mais avec une vitesse de cisaillement de 300 m.s^{-1} .

Ces deux milieux possèdent chacun une période propre qui vaut :

$$T_s = 4H/V_s$$

Où H est l'épaisseur de la couche. Ainsi, lors de l'excitation de ces deux milieux par un même séisme, qui est en fait composé d'une superposition d'harmoniques de périodes différentes, certaines fréquences seront amplifiées par un site, et non par l'autre.

La figure ci-dessous (1.3) montre les fonctions d'amplification des deux sites. [05]

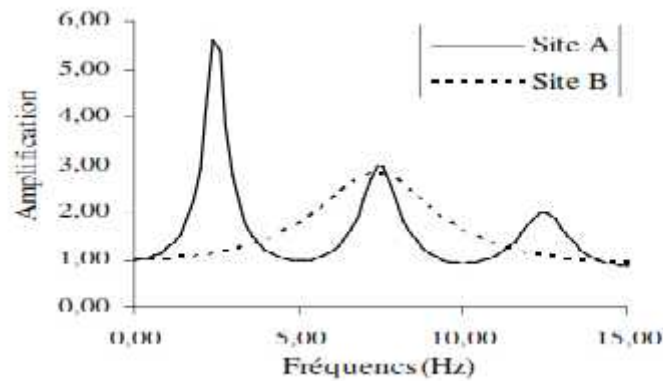


Figure 2.3: Fonction d'amplification de deux sites différents [10]

2.5 Effet de site topographique

L'amplification importante du mouvement sismique due à l'effet topographique est un phénomène bien identifié. L'observation macrosismique de la répartition de dégâts significatifs et l'enregistrement instrumental des mouvements forts du terrain de quelques séismes récents ont affirmé l'importance de cet effet. En effet, après des séismes destructifs il est souvent signalé que les immeubles situés au sommet des falaises, des collines ou des montagnes subissent des dommages beaucoup plus intenses que ceux situés en base. Par exemple, le séisme Tokachi (Japon) 1968 a fait des dommages considérables aux bâtiments près du bord d'une falaise et des dommages très faibles aux bâtiments situés à une certaine distance du bord. Un séisme récent en 1995 à Kozani au nord de la Grèce a apporté l'évidence de dommages graves dans les villages construits sur des collines. Par ailleurs, des enregistrements instrumentaux ont aussi montré que la topographie affecte considérablement l'amplitude et le contenu fréquentiel du mouvement du terrain. Par exemple, l'accélérographe au barrage de Pacoima dans le sud de la Californie a enregistré l'accélération horizontale maximale environ de 1.25g dans les deux directions horizontales pendant le séisme de San Fernando (Etats-Unis) 1970 de magnitude $M = 6.4$ (Cette valeur, qui était considérablement plus grande que prévue pour un séisme de cette magnitude, résultait de la configuration du site du barrage (vallée encaissée) et de la position de l'appareil enregistreur au sommet

d'un des appuis sans cette amplification topographique, l'accélération n'aurait été que de 0.73g. Un autre exemple bien connu (et mal compris) est l'enregistrement du mouvement à la station Tarzana pendant le séisme Northridge (California, Etat-Unis) en 1994 dans lequel le coefficient d'amplification spectral a atteint une valeur de 5 dans une bande de fréquence étroite au voisinage de 3 Hz.

Une fois que les effets de site sont mis en évidence, des études approfondies sur ces effets deviennent vitales. En effet, la plupart des zones urbaines et industrielles, en particulier les plus grandes villes dans le monde, sont situées au-dessus des bassins sédimentaires. Les grands séismes dans le passé ont provoqué dans ces zones des pertes humaines et économiques. En ce qui concerne l'effet topographique, il y a deux préoccupations. D'une part, les zones les plus sollicitées par des séismes sont fréquemment montagneuses et, pour des raisons de sécurité, beaucoup de villes et villages ont été construits sur des collines ou montagnes. D'autre part, cet effet est étroitement lié au phénomène de glissement de terrain, observé souvent pendant des forts séismes, qui ont causé de dommages et destructions extrêmement sévères. En conséquence, la prise en compte des effets de site dans les codes parasismiques est indispensable. Cependant, en ce moment seul l'effet de site est incorporé dans quelques codes modernes, l'effet de bassin et l'effet topographique ne sont pas encore pris en compte de manière efficace dans ces codes, ces derniers effet de site nécessite donc des études approfondie pour une meilleure compréhension. [05]

2.6 Méthodes d'évaluation des effets de site

L'importance des effets de site sur l'aggravation du risque sismique à conduit au développement de méthodes destinés à les mesurer et de modèles destinés à les caractériser.

2.6.1 Méthodes expérimentales d'évaluation des effets de site

Elles se regroupent en trois catégories : la méthode des rapports spectraux, celle des fonctions récepteurs et celle de Nakamura. Les deux dernières font également partie de la classe de celles dites H/V.

➤ Méthode des rapports spectraux

Introduite par Borchardt en 1970, elle consiste à évaluer la fonction de transfert du déplacement en surface en calculant le rapport du spectre de la réponse mesurée en un point du remplissage sur celui mesuré en un point du rocher affleurant (station de référence) à partir d'enregistrement d'événements sismiques. Ce qui revient à calculer l'amplification au point A par rapport au point B produite par la couche.

L'expérience à montre que la méthode des rapports spectraux est fiable, tant pour le niveau d'amplification que pour les valeurs de fréquence correspondantes mais le déploiement et l'entretien de stations permanentes sont coûteux.

➤ Méthode de fonctions réceptrices

Cette méthode repose sur l'hypothèse que la composante verticale du déplacement est peu affectée par l'amplification locale, elle alors à remplacer la réponse de la station de référence par le déplacement vertical mesuré à la même station sur site. comme précédemment, la fonction de transfert du site est alors assimilée au rapport des spectres des déplacements horizontaux et verticaux mesurés à la même station, à partir d'enregistrements d'événements sismiques. un grand nombre d'événements est également requis.

Cette méthode n'est pas toujours fiable, elle donne de bons résultats pour une géologie relativement simple, mais ne semble pas réellement valide pour une géologie plus complexe.

➤ **Méthode de Nakamura**

Aussi nommée H/V Bruit de fond, elle consiste, comme celle des fonctions récepteurs, à calculer le rapport entre les spectres horizontal et vertical du mouvement en surface mesuré à la même station sur site . Mais contrairement à la méthode précédente, les spectres utilisés proviennent de l'enregistrement de bruit de fond.

Cette méthode a été introduite pour la première fois par Nogoshi et complétée plus tard par Nakamura en 1989. Elle est relativement légère et facile à mettre en œuvre, puisqu'elle ne requiert qu'une station mobile. L'enregistrement dure en général de 20 à 30 minutes. Certaines conditions liées à l'environnement doivent être cependant respectées afin d'écartier toutes les sources parasites (trafic automobile, vent ...).

La pratique montre pourtant qu'elle est assez efficace pour évaluer la fréquence fondamentale des effets de site

2.6.2 Méthodes numériques

Modélisation des effets de site structuraux

L'analyse des effets de site nécessite souvent de modéliser le remplissage sédimentaire afin d'étudier les phénomènes prépondérants. Ceci peut se faire de façon analytique. Pour des configurations de sol plus complexes ou des lois de comportement plus élaborées, l'utilisation de modèles numériques se révèle nécessaire. Ceux-ci sont des représentations plus ou moins simplifiées des milieux et des éléments étudiés. Ces simplifications limitent le domaine de validité de la méthode employée. Les modèles se regroupent en trois catégories, selon le cas étudié.

➤ **Modélisation unidimensionnel**

Les modèles unidimensionnels utilisent une représentation stratigraphique du sous-sol, 1D, et vue leur simplicité de mise en œuvre et d'application, ils sont très

usités en génie parasismique. Certains logiciels (SHAKE, Cyberquake) permettent d'intégrer des lois de comportements linéaires équivalents ou non-linéaires dans les différentes couches de sol. L'analyse unidimensionnelle est également à la base des normes parasismiques pour la prise en compte de l'influence de l'hétérogénéité verticale du sol sur le mouvement sismique de surface.

Cette approximation 1D montre ses limites quand l'influence des hétérogénéités latérales du sous-sol sur la réponse sismique n'est plus négligeable

➤ **Modélisation Bidimensionnel**

Les modèles numériques bidimensionnels permettent une évaluation fine de la réponse sismique pour des configurations de bassin relativement complexes et des types de comportement du sol élaborés. Mais leur utilisation est pénalisée par la relative méconnaissance du sous-sol et des paramètres sismologiques caractérisant la source. Les principales méthodes de Modélisation Bidimensionnel sont:

- La méthode des éléments ou différences finis
- Les méthodes dites pseudo-spectrales ou utilisant les nombres d'ondes discrets
- Les méthodes d'équations intégrales et d'éléments de frontière
- Les méthodes d'optique généralisée.

➤ **Modélisation tridimensionnel**

Ceux-ci sont très coûteux en volumes de calcul. Les travaux utilisant des modèles 3D pour l'évaluation des effets de site sont encore assez rares, ils permettent de dépasser l'hypothèse souvent simplificatrice d'une géométrie 2D. Dans certaines situations, le caractère 3D du problème doit être pris en compte. Cependant, diverses études montrent qu'il y a moins de différences, en termes d'augmentation de l'amplification, dans le passage du 2D au 3D que dans celui du 1D au 2D.

2.7 Conclusion

Ce chapitre à été destine a donner un aperçu général sur les effets de site, et leurs divers types géologiques et topographiques et nous avons décrivez les différentes méthodes expérimentales et numériques d'évaluation des effets de site. Dans les méthodes expérimentales nous avons décrivez la méthode des rapports spectraux, la méthode de fonctions réceptrices et celle de Nakamura et dans les méthodes numériques nous avons décrivez les méthodes de modélisation unidimensionnel, bidimensionnel et tridimensionnel.

CHAPITRE 03

Les spectres de réponse

3.1 Introduction

La nécessité d'une recherche sur la relation entre l'action d'un séisme et la structure d'un bâtiment, ou en autre terme la réponse du bâtiment face à un tremblement de terre donné est justifiée par les dommages constatés lors des grands séismes historiques. L'analyse de la variabilité géographique des intensités et l'observation des dommages provoqués lors de ces grands séismes historiques ont constitué la base de la prise de conscience de l'influence des sols et ont amené à leurs attributions des effets sur la distribution des dommages. Différents types de sol soumis à la même sollicitation sismique ont des réponses différentes, ce qui explique la variabilité des dommages des constructions et des intensités. Les effets de site ont des conséquences sur l'aggravation du risque sismique, comme c'était le cas lors du séisme de Michoacan, à Mexico en 1985 ou lors du séisme de Kobé 1995. Dans un but de prévention, il est nécessaire de quantifier ces effets de sites, pour mieux prévenir les risques sismiques. Dans ce cadre Les réglementations parasismiques consistent à prendre en compte l'effet de site géologique en multipliant l'accélération spectrale attendue du sol par un coefficient dépendant de la nature des sols.

Dans le présent chapitre nous présentons les spectres de réponses représentant l'action sismique pour un site donné, suivant les trois codes RPA 99 VERSION 2003, l'Eurocode 8 et UBC 1997.

3.2 Les spectres de réponse

Les spectres de réponse tirent leur origine et leur intérêt de l'assimilation, en première approximation, du comportement sismique d'un bâtiment à la réponse d'un oscillateur simple à un degré de liberté.

La représentation en spectre de réponse vise à donner accès directement aux mouvements subis par le centre de gravité de la structure.

La représentation graphique d'un spectre de réponse est construite point par point en faisant varier la fréquence d'un oscillateur à un degré de liberté et en reportant cette fréquence en abscisse et le maximum temporel de la réponse à une sollicitation sismique en ordonnée. On obtient ainsi un spectre de réponse pour un amortissement fixé.

Les spectres de réponse élastiques sont très utilisés en ingénierie parasismique car, en première approximation, les structures simples peuvent être assimilées à un oscillateur à un degré de liberté dont la fréquence propre et l'amortissement sont à peu près connus. Les mouvements au centre de gravité peuvent alors être raisonnablement estimés dès lors que l'on suppose que la structure se comporte de manière élastique linéaire.

3.3 Spectre de réponse de RPA 99 VERSION 2003

a) Spectre de réponse de calcul

L'action sismique est représentée par le spectre de calcul suivant :

$$\frac{sa}{g} = 1.25A \left(1 + \frac{T_1}{T} \left(2.5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right) \quad 0 \leq T \leq T_1$$

$$\frac{sa}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \right) \quad T_1 \leq T \leq T_2$$

$$\frac{sa}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3} \quad T_2 \leq T \leq 3.0s$$

$$\frac{sa}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} \right) \quad T \geq 3s$$

A : coefficient d'accélération de zone (tableau 3 .3)

η : facteur de correction d'amortissement (quand l'amortissement est différent de 5%) $\eta = \sqrt{7/(2 + \xi)} \geq 0.7$.

: pourcentage d'amortissement critique.

R: coefficient de comportement de la structure.

T1, T2 : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site (tableau3.1).

Q : facteur de qualité. [01]

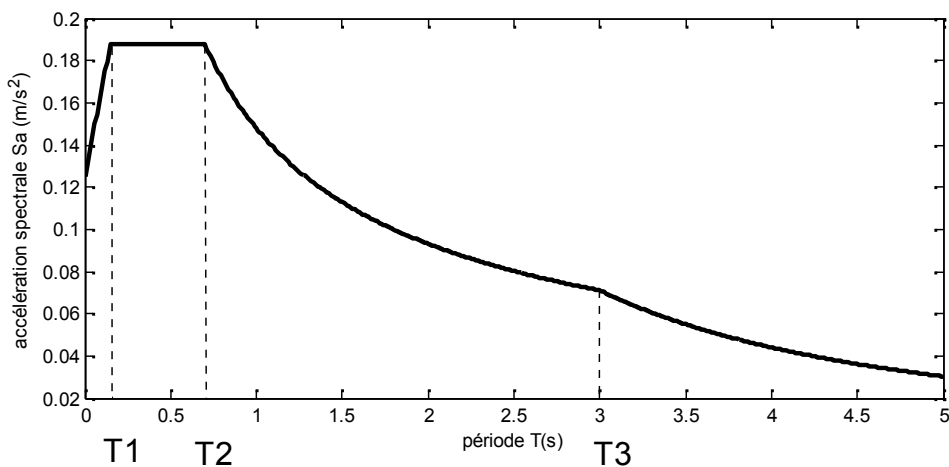


Figure 3.1: forme standard du spectre de réponse RPA99/2003

Tableau 3.1 : Valeurs de T1 et T 2 [01]

Site	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄
T ₁ (sec)	0.15	0.15	0.15	0.15
T ₂ (sec)	0.30	0.40	0.50	0.70

Q : facteur de qualité

Le facteur de qualité de la structure est fonction de :

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

La valeur de Q est déterminée par la formule

$$Q = 1 + \sum_1^5 P_q$$

P_q : est la pénalité à retenir selon que le critère de qualité q " est satisfait ou non".[01]

Sa valeur est donnée au tableau:

Tableau 3.2: valeurs des pénalités P_q [01]

Critère q	P_q	
	Observé	N/ observé
1. Conditions minimales sur les files de contreventent	0	0.05
2. Redondance en plan	0	0.05
3. Régularité en plan	0	0.05
4. Régularité en élévation	0	0.05
5. Contrôle de la qualité des matériaux	0	0.05
6. Contrôle de la qualité de l'exécution	0	0.10

Tableau 3.3 : coefficient d'accélération de zone A [01]

Group	Zone			
	I	IIa	IIb	III
1A	0.15	0.25	0.30	0.40
1B	0.12	0.20	0.25	0.30
2	0.10	0.15	0.20	0.25
3	0.07	0.10	0.14	0.18

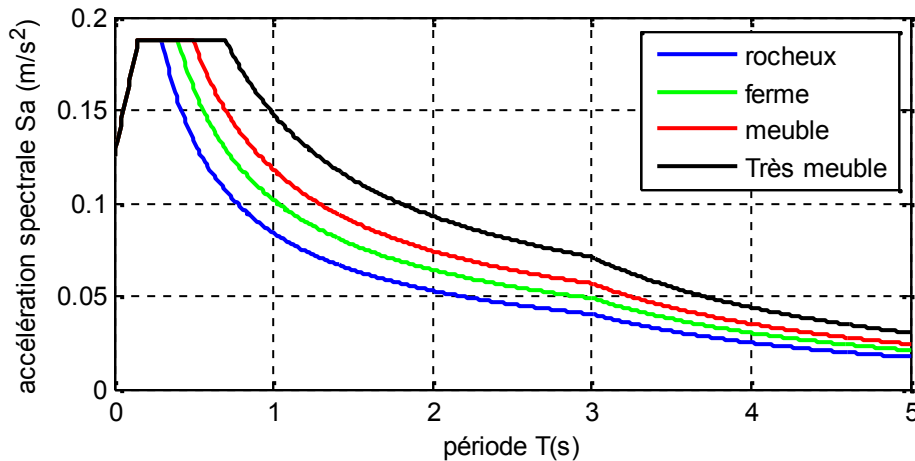


Figure 3.2 : Spectres de réponse élastiques réglementaire utilisés dans cette étude RPA99/2003

3.4 Spectre de réponse de Eurocode 8

a) Spectre de réponse élastique

(1) P Le spectre de réponse élastique S_e .

(T) pour la période de retour de référence est défini par les expressions Suivantes :

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta_1 \cdot \beta_0 - 1) \right] \quad 0 \leq T \leq T_B$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta_1 \cdot \beta_0 \quad T_B \leq T \leq T_C$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta_1 \cdot \beta_0 \cdot \left[\frac{T_C}{T} \right]^{K_1} \quad T_C \leq T \leq T_D$$

$$S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta_1 \cdot \beta_0 \cdot \left[\frac{T_C}{T_D} \right]^{K_2} \cdot \left[\frac{T_D}{T} \right]^{K_2} \quad T_D \leq T$$

Où :

$S_e(T)$ or donnée du spectre de réponse élastique.

T période de vibration d'un système linéaire à un seul degré de

Liberté.

A_g accélération de calcul au niveau du sol pour la période de retour de référence .

b_0 facteur d'amplification de l'accélération spectrale pour un amortissement vis queux de 5%.

T_B, T_C limites du palier de l'accélération spectrale.

T_D valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral Constant.

k_1, k_2 exposants qui exercent une influence sur la forme du spectre pour une période de vibration supérieure à T_C et T_D respectivement.

S paramètre du sol.

g coefficient de correction de l'amortissement avec la valeur de référence $g=1$ pour 5% d'amortissement vis queux. [02]

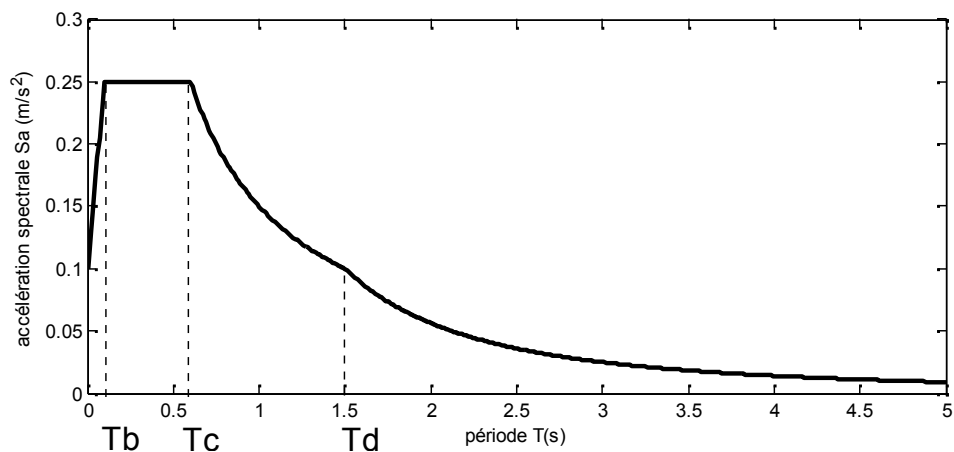


Figure 3.3: forme standard du spectre de réponse Eurocode 8

Tableau 3.4 : valeur des paramètres décrivant le spectre de réponse élastique [02]

Classe de sol de fondation	b_0	k_1	K_2
A	[2.5]	[1.0]	[2.0]
B	[2.5]	[1.0]	[2.0]
C	[2.5]	[1.0]	[2.0]
D	[2.5]	[1.0]	[2.0]

Ces spectres dépendant fortement de la magnitude sont peu pratiques pour une optimisation de dimensionnement. De ce fait, il a été défini au niveau de l'administration française, des spectres nationaux dépendant de la classe de sol et de la zone de sismicité couvrant le territoire français (arrêté du 20/10/2010). Ces spectres sont présentés dans le tableau ci-après.

Tableau 3.5: spectre horizontal de spectre élastique[08]

Classe de sol	Pour les zones de sismicité de 1 à 4				Pour les zones de sismicité de 5			
	S	$T_b(s)$	$T_c(s)$	$T_D(s)$	S	$T_b(s)$	$T_c(s)$	$T_D(s)$
A	1.00	0.03	0.20	2.50	1.00	0.15	0.40	2.00
B	1.35	0.05	0.25	2.50	1.20	0.15	0.50	2.00
C	1.50	0.06	0.40	2.00	1.15	0.20	0.60	2.00
D	1.60	0.10	0.60	1.50	1.35	0.20	0.80	2.00
E	1.80	0.08	0.45	1.25	1.40	0.15	0.50	2.00

a) Zonage réglementaire

Le paramètre retenu pour décrire l'aléa sismique au niveau national est une accélération a , accélération du sol «au rocher» (le sol rocheux est pris comme référence).

Le zonage réglementaire définit cinq zones de sismicité croissante basées sur un découpage communal.

La zone 5, regroupant les îles antillaises, correspond au niveau d'aléa le plus élevé du territoire national. [07]

Tableau 3.6: Zone de sismicité [07]

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	A_{gr} (m/s ²)
Zone 1	Très faible	0.4
Zone 2	Faible	0.7
Zone 3	Modéré	1.1
Zone 4	Moyen	1.6
Zone 5	Fort	3

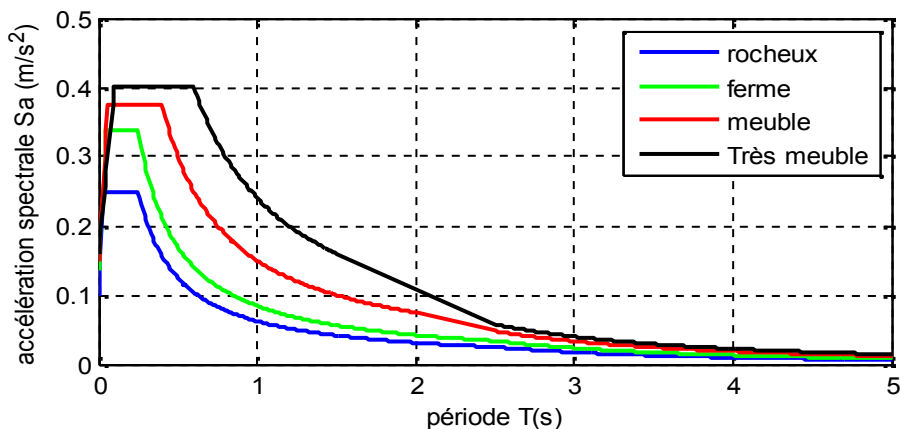


Figure 3.4 : Spectres de réponse élastiques réglementaire utilisés dans cette étude Eurocode8

3.5 Spectre de réponse de UBC97

Conception du spectre de réponse. Si un spectre de réponse de conception est requise par la présente norme et les procédures de mouvements du sol spécifiques au site ne sont pas utilisés, la courbe du spectre de réponse de calcul doit être développé comme indiqué sur la figure. et comme suit:

$$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_a} \right) \quad T < T_a$$

$$S_a = S_{DS} \quad T_a < T < T_{av}$$

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T} \quad T_{av} < T < T_{VD}$$

$$S_a = \frac{S_{D1} * T_{VD}}{T^2} \quad T_{VD} < T < 10_s$$

On a:

$$T_{av} = S_{D1}/S_{DS}$$

$$T_a = 0.2 * T_{av}$$

$$T_{VD} = 10^{(M-5)/2}$$

$$S_{MS} = F_a * S_s$$

$$S_{M1} = F_v * S_1$$

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS}$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1}$$

Où :

S_s mappé MCE, 5 pour cent amorti, spectre de réponse paramètre d'accélération spectre de la réponse à de courtes périodes.

S_1 mappé MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre d'accélération à une période de 1 s.

S_{DS} conception, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre de décélération à des périodes courtes.

S_{D1} conception, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre de décélération à une période.

S_{MS} MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale accélération à de courtes périodes ajustées pour la classe de site effets.

S_{M1} MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale accélération à une période de 1 s ajusté pour le site effets de classe.

F_a courte période coefficient de site (à 0.2 s-période).

F_v long-period site coefficient (at 1.0 s-period). [06]

T_{VD} La période est basé sur l'inverse de la fréquence f_c de coin. [09]

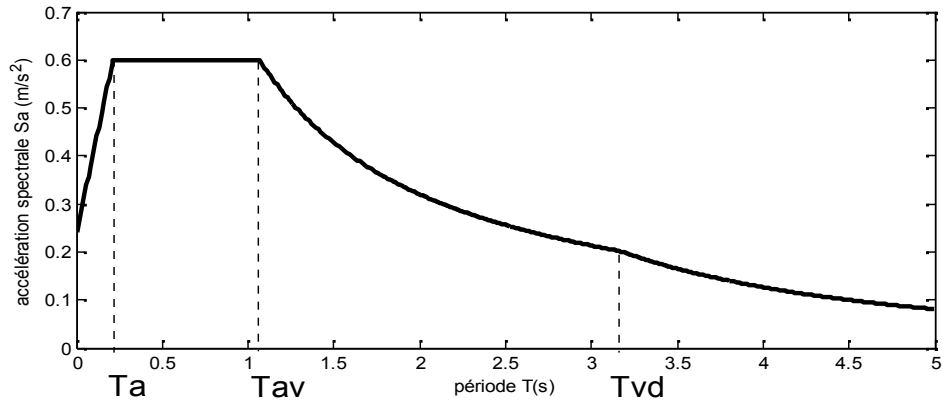


Figure 3.5: forme standard du spectre de réponse UBC97

Tableau 3.7: coefficient de site F_a [06]

classe de site					
	$S_s = 0.25$	$S_s = 0.5$	$S_s = 0.75$	$S_s = 1.0$	$S_s = 1.25$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.2	1.2	1.1	1.0	1.0
D	1.6	1.4	1.2	1.1	1.0
E	2.5	1.7	1.2	0.9	0.9

Tableau 3.8: coefficient de site F_v [06]

classe de site					
	$S_1 = 0.1$	$S_1 = 0.2$	$S_1 = 0.3$	$S_1 = 0.4$	$S_1 > 0.5$
A	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
B	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
C	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
D	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5
E	3.5	3.2	2.8	2.4	2.4

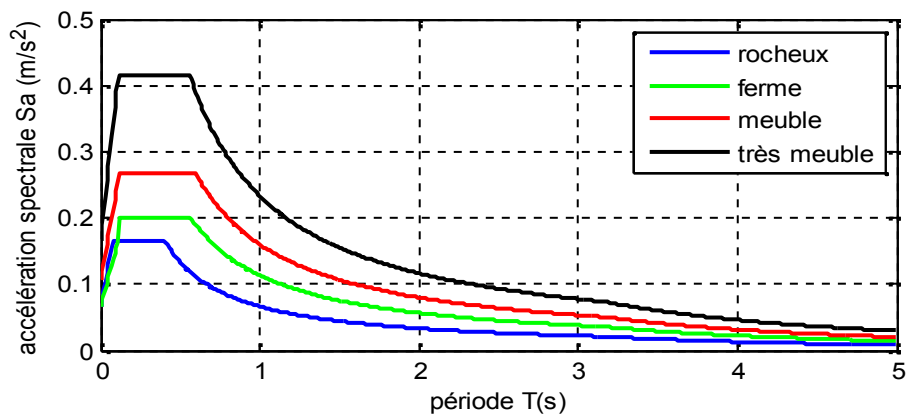


Figure 3.6 : Spectres de réponse élastiques réglementaire utilisés dans cette étude UBC 97

3.6 Classification des sites

Les recommandations de L'eurocode 8 classent les sols sur la base de la valeur moyenne de la vitesse de propagation des ondes de cisaillement V_{30} si elle disponible ou la valeur de nombre de coups par essai de pénétration normalisé N_{SPT} , Sur la base de l'une de ces valeurs, Eurocode8 classes les sols en Sept (07) catégories. Cependant, RPA99/v2003 adopte quatre catégories seulement. Il est à noté ici que l'Eurocode8 donne beaucoup plus de détail dans la classification du sol.

Tableau 3.9: classification de site RPA99 V2003 [01]

catégorie	site	V_s (m/s) (g)
S_1	Site rocheux	$v_s \geq 800$
S_2	Site ferme	$400 \leq v_s < 800$
S_3	Site meuble	$200 \leq v_s < 400$
S_4	Site très meuble	$v_s < 200$

Tableau 3.10: classification de site Eurocode 8 [04]

catégorie	Site	V_s (m/s) (g)
A	Site rocheux	$v_s > 800$
B	Site ferme	$360 < v_s < 800$
C	Site profond de sable moyennement dense et gravier ou d'argile moyennement raide	$180 < v_s < 360$
D	Site de sol sans cohésion de densité faible à moyenne	$v_s < 180$
E	Site de sol avec une couche superficielle d'alluvions repose sur un matériau plus raide	-
S ₁	Site composé ou contenant une couche argileuse de plus de 10 m d'épaisseur	$v_s < 100$ (valeur indicative)
S ₂	Site de sol liquéfiable d'argiles sensibles ou autre sol non compris précédemment	-

Tableau 3.11: classification de site UBC 97 [04]

catégorie	Site	V_s (m/s) (g)
A	roche Solid, les sites américains de l'Est seulement	$v_s > 1500$
B	Roche	$760 < v_s < 1500$
C	Sol très dense et roche tendre	$360 < v_s < 760$
D	sol Stiff	$180 < v_s < 360$
E	Sol souple, le pro fi avec > 3 m de argile molle dé fi ni comme le sol avec indice de plasticité $PI > 20$, teneur en humidité $w > 40\%$	$v_s < 180$
F	Les sols nécessitant fi c des évaluations de site spécial	-

3.7 Conclusion

Ce chapitre à été destiné à la description des spectres de réponse des codes réglementaires RPA et Eurocode et UBC .Apparue dans ce chapitre, la différence dans les équations qui ont été prises en considération dans le calcul de chaque spectre de chaque zone de code , aussi des désaccord entre les périodes séparant les différents segment du spectre de réponse et les facteurs d'amplification associé au effet de site, ainsi la différence du point de vue classement des différentes catégories de sols.

CHAPITRE 04

Comparaison des spectres de réponse avec RPA992003, UBC97 et Eurocode8

4.1 Introduction

Ce chapitre est destiné à une comparaison entre les spectres de réponse des règles sismiques pour chacun des codes, RPA et EUROCODE et UBC, du point de vue classification des sites et ordonnées de spectres élastique et inélastique en fonction de leurs différents facteurs et aussi la prise en compte de l'effet de site topographique. On procède aussi à une comparaison du point de vue accélération spectrale en fonction de certaines périodes de référence choisies, pour plusieurs mouvement sismiques augmentant graduellement et allant d'un mouvement modéré vers à un très fort $PGA=0,1g$ et $0,2g$ $0,3g$ $0,4g$ $0,5g$,suivant les différentes catégories de site sol rocheux, ferme meuble et très meuble.

4.2 Comparaison des classifications des sites

Tableau 4.1 : Types de sol définies dans EC8, UBC97 et RPA 99/2003

RPA 99/2003	EC8	UBC97
Sol type 1 : $v_s > 800$ m/s	Sol type A : $v_s > 800$	Sol type A : $v_s > 1500$
Sol type 2 : $400 < v_s < 800$ m/s	Sol type B : $360 < v_s < 800$	Sol type B : $760 < v_s < 1500$
Sol type 3 : $200 < v_s < 400$ m/s	Sol type C : $180 < v_s < 360$	Sol type C : $360 < v_s < 760$
Sol type 4 : $100 < v_s < 200$ m/s	Sol type D : $v_s < 180$	Sol type D : $180 < v_s < 360$
	Sol type E -	Sol type E : $v_s < 180$
		Sol type F -

Comme on le voit d'après le tableau 4.1, les vitesses des ondes de cisaillement pour EC8 et UBC97 sont prises pour une profondeur de 30m, alors que pour l'RPA, la profondeur est de 10 à 20 premiers mètres.

types de UBC de sol utilisés dans cette étude sont B-C-D-E parce que ces sites sont caractérisés par cisaillement les vitesses des ondes proches de ceux de l'APR (S1-S2-S3-S4) et EC8 (A-B-C-D).

4.3 Réponse élastique et inélastique et les spectres de conception

Le spectre de réponse est un paramètre important dans le code sismique. Le sol du tremblement de terre induite une agitation est généralement représentée sous la forme de spectres de réponse ou une réponse d'accélération de déplacement spectres. Paramètres du tremblement de terre, tels que l'état du sol, la distance épacentrale, l'ampleur, la durée et caractéristiques de la source influencent la forme et les amplitudes des spectres de réponse. Bien que les effets de la certains paramètres peuvent être étudiés de façon indépendante, les influences de plusieurs facteurs sont interdépendants et ne peut pas être discuté individuellement. Ambraseys et al. (1996), Acevedo et Bommer (2004)

ont présenté et a examiné les effets de l'ampleur du tremblement de terre, la distance de la source au site, la classification des sites, et style de failles sur les accélérogrammes fortes secousses et par conséquent des spectres de réponse. Comme cela est connu, le facteur d'amortissement et la période de vibration structurelle sont d'autres paramètres affectant les spectres de réponse.

Dans tous les codes sismiques actuels, les actions du tremblement de terre sont représentées sous la forme d'un spectre d'accélération absolue.

L'UBC 97 a essayé d'introduire une nouvelle compréhension de l'amplification du mouvement du sol et considère les effets de près de la source, les facteurs de source proche ont été introduites (N_a et N_v) pour longtemps et de courtes périodes, respectivement, dans la zone sismique 4, ce changement est destiné à reconnaître la amplification du mouvement du sol qui se produit à des distances proches de la source. Cela se justifie par le fait que l'enregistrement des mouvements forts en récents tremblements de terre puissants tels que Northridge en 1994 et Kobe en

1995, a montré que le mouvement du sol est significativement importante près de la source de la tremblement de terre.

EC8 définit deux types de spectres: Type 1 pour le champ lointain et de type 2 pour le champ proche. Si la les tremblements de terre qui contribuent le plus à l'aléa sismique défini pour le site dans le but de évaluation des risques probabiliste ont une amplitude d'onde de surface, M_s pas supérieur à 5,5, il est recommandé que le spectre de type 2 est adopté, sinon, Type 1 est recommandé.

RPA 99/2003 définit un seul type de spectres selon la zone sismique et d'autres facteurs selon le bâtiment.

Les coordonnées des spectres de conception élastique S_e et S_d pour EC8, UBC97 et RPA 99/2003 sont donnés par leurs expressions dans le tableau3.2.

Dans le tableau 3.2, montre le facteur limite inférieure pour le spectre de conception horizontale, la valeur recommandée pour est de 2.5.

Les périodes d'élastique spectre des trois codes de conception dépendent du type de sol.

Risque sismique est exprimé en EC8 par un paramètre de référence à savoir l'accélération maximale du sol a_gR à la surface de la roche pour une période de retour de référence. La période de retour de référence recommandé pour le niveau de performance non-effondrement est 475 années, correspondant à 10% de probabilité de dépassement dans 50 années.

Le code sismique algérien subdivise le territoire en cinq zones de sismicité croissante que:

Zone 0: négligé sismicité, Zone I: faible sismicité, les zones IIa et IIb: sismicité modérée, Zone III: forte sismicité. Elle définit un coefficient d'accélération de la zone «A», selon la zone sismique et en utilisant le groupe de l'immeuble. [04]

Tableau 4.2 : Cordonnées de spectres élastique et inélastique pour EC8, RPA 99/2003 et UBC97

RPA 99/2003	EC8	UBC97
$0 \leq T \leq T_1$	$0 \leq T \leq T_B$	$T < T_a$
$\frac{S_a}{g} = 1.25A \left(1 + \frac{T_1}{T} \left(2.5\eta \frac{Q}{R} - 1 \right) \right)$	$S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot \beta_0 - 1) \right]$	$S_a = S_{DS} \left(0.4 + 0.6 \frac{T}{T_a} \right)$
$T_1 \leq T \leq T_2$	$T_B \leq T \leq T_C$	$T_a < T < T_{av}$
$\frac{S_a}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \right)$	$S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0$	$S_a = S_{DS}$
$T_2 \leq T \leq 3.0s$	$T_C \leq T \leq T_D$	$T_{av} < T < T_{VD}$
$\frac{S_a}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \right) \left(\frac{T_2}{T} \right)^{2/3}$	$S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 \left[\frac{T_C}{T} \right]^{K_1}$	$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$
$T \geq 3s$	$T_D \leq T$	$T_{VD} < T < 10s$
$\frac{S_a}{g} = 2.5\eta \left(1.25A \frac{Q}{R} \left(\frac{T_2}{3} \right)^{2/3} \left(\frac{3}{T} \right)^{5/3} \right)$	$S_s(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \beta_0 \left[\frac{T_C}{T_D} \right]^{K_1} \cdot \left[\frac{T_D}{T} \right]^{K_2}$	$S_a = \frac{S_{D1} \cdot T_{VD}}{T^2}$

Les paramètres sismiques de UBC97: C_a et C_v sont déterminées à partir de la zone sismique de facteur Z qui définit la zone sismique, l'UBC97 nommé cinq zones sismiques I, IIa, IIb, 3 et 4.

Dans le tableau 3.2, S est le facteur de sol défini dans EC8 selon les types de sol et η est l'amortissement le facteur de correction avec une valeur de référence $\eta = 1$ à 5% d'amortissement visqueux.

Tableau 4.3 Différents facteurs des Règles RPA 99/2003, EC8 et UBC97

RPA 99/2003	EC8	UBC97
<p>A : coefficient d'accélération de zone</p> <p>η: facteur de correction d'amortissement (quand l'amortissement est différent de 5%)</p> $\eta = \sqrt{7/(2 + \xi)} \geq 0.7.$ <p>ζ: pourcentage d'amortissement critique.</p> <p>R: coefficient de comportement de la structure.</p> <p>T1, T2 : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site.</p> <p>Q : facteur de qualité.</p>	<p>$S_e(T)$: or donnée du spectre de réponse élastique.</p> <p>T : période de vibration d'un système linéaire à un seul degré de Liberté.</p> <p>Ag : accélération de calcul au niveau du sol pour la période de retour de référence.</p> <p>B_o : facteur d'amplification de l'accélération spectrale pour un amortissement vis queux de 5%.</p> <p>TB, TC : limites du palier de l'accélération spectrale.</p> <p>TD : valeur définissant le début de la branche à déplacement spectral Constant.</p> <p>k1, k2 : exposants qui exercent une influence sur la forme du spectre pour une période de vibration supérieure à TC et TD respectivement.</p> <p>S : paramètre du sol.</p> <p>g : coefficient de correction de l'amortissement avec la valeur de référence $g=1$ pour 5% d'amortissement vis queux.</p>	<p>S_s : mappé MCE, 5 pour cent amorti, spectre de réponse paramètre d'accélération spectre de la réponse à de courtes périodes.</p> <p>S₁ : mappé MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre d'accélération à une période de 1 s.</p> <p>S_{DS} : conception, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre de décélération à des périodes courtes.</p> <p>S_{D1} : conception, 5 pour cent amorti, réponse spectrale paramètre de décélération à une période.</p> <p>S_{MS} : MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale accélération à de courtes périodes ajustées pour la classe de site effets.</p> <p>S_{M1} : MCE, 5 pour cent amorti, réponse spectrale accélération à une période de 1 s ajusté pour le site effets de classe.</p> <p>F_a : courte période coefficient de site (à 0.2 s-période).</p> <p>F_v : long-period site coefficient (at 1.0 s-period).</p>

4.4 Facteurs d'amplification topographique d'eurocode8

A.1 Dans cette annexe sont indiqués certains facteurs simplifiés d'amplification de l'action sismique, utilisés dans les vérifications des pentes. Ces facteurs sont assimilés au paramètre S de caractérisation du profil de sol, et doivent être appliqués de préférence lorsque les pentes font partie d'irrégularités topographiques bidimensionnelles, comme les crêtes et les versants longs de hauteur supérieure à [30] m.

A.2 Pour des inclinaisons moyennes des terrains en pente, inférieures à environ [15°] les effets topographiques peuvent être négligés, alors qu'une étude spécifique est recommandée dans le cas d'une topographie locale fortement irrégulière. Pour des inclinaisons plus importantes, les indications suivantes peuvent être suivies :

- a) versants et pentes isolées. Une valeur S [1,2] doit être utilisée pour les sites situés à proximité de la crête.
- b) buttes dont la largeur de la crête est notablement inférieure à la largeur à la base. Une valeur S [1,4] doit être utilisée à proximité de la crête des pentes dont l'angle d'inclinaison moyen est $> [30^\circ]$, et une valeur S [1,2] pour les angles inférieurs.
- c) présence d'une couche plus lâche en surface. Dans le cas d'une couche plus lâche en surface et d'épaisseur supérieure à [5] m la valeur la plus faible de S , donnée en (a) et (b), doit être augmentée d'au moins [20 %].
- d) variation spatiale du facteur d'amplification. On peut supposer que la valeur de S décroît linéairement, en fonction de la hauteur au-dessus de la base du versant, jusqu'à valoir un à la base.

A.3 En général, l'amplification sismique décroît rapidement en pénétrant à l'intérieur de la butte. C'est pour cela que les effets topographiques à considérer pour les analyses de stabilité sont plus importants et restent superficiels le long des crêtes de buttes ; ils sont beaucoup plus faibles dans le cas de glissements de terrain profonds avec des surfaces de rupture passant à proximité de la base. Si dans ce dernier cas la méthode d'analyse pseudostatique est utilisée, les effets topographiques peuvent être négligés.

4.5 Etablissement des spectres de réponse relatifs aux règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g=0.1, a_g=0.2, a_g=0.3, a_g=0.4, a_g=0.5$

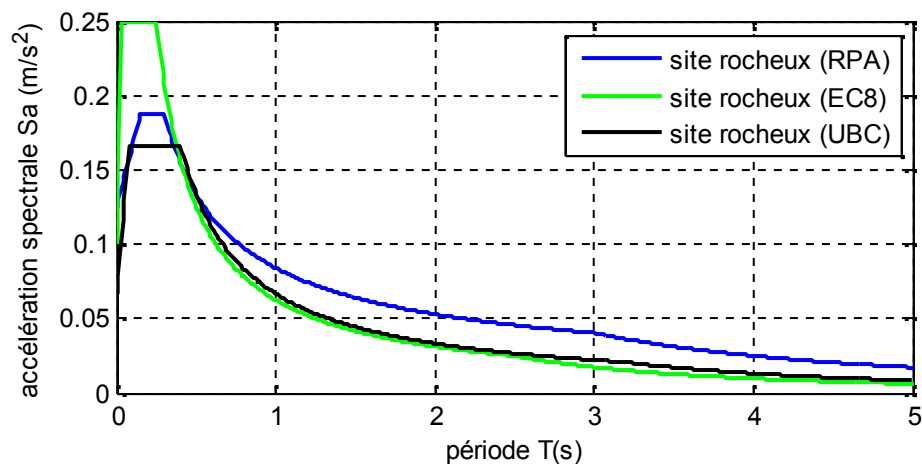


Figure 4.1 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site rocheux

Tableau 4.4 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.1$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.1333	0.1875	0.0404
	EC8	0.2	0.25	0.01736
	UBC	0.09167	0.1667	0.02222

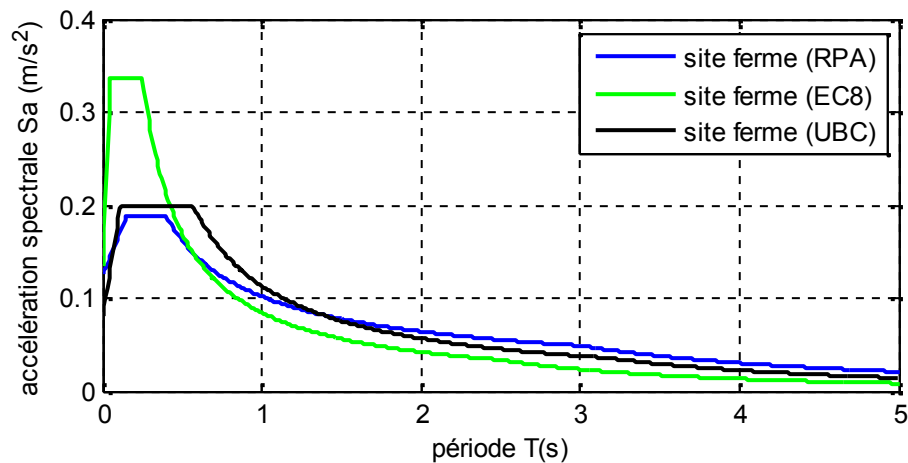


Figure 4.2 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site ferme

Tableau 4.5 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.1$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.1333	0.1875	0.04894
	EC8	0.216	0.3375	0.02344
	UBC	0.1012	0.2	0.03782

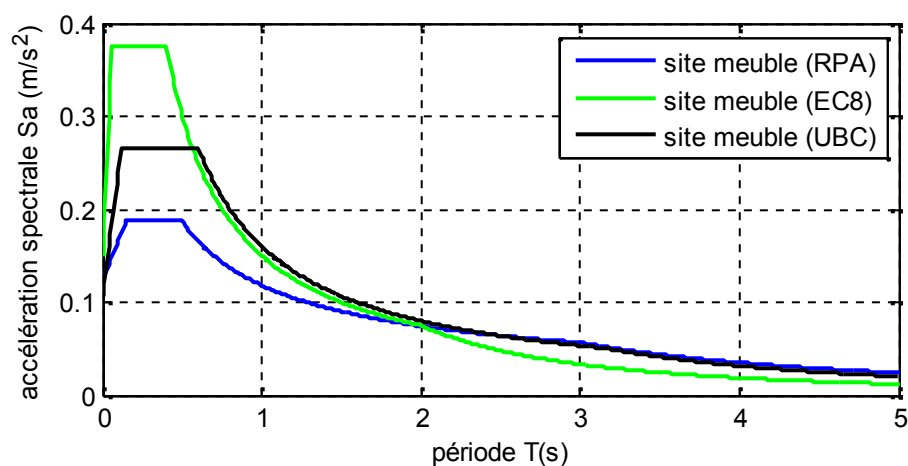


Figure 4.3 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site meuble

Tableau 4.6 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.1$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.1333	0.1875	0.05679
	EC8	0.225	0.375	0.03333
	UBC	0.1333	0.2667	0.05333

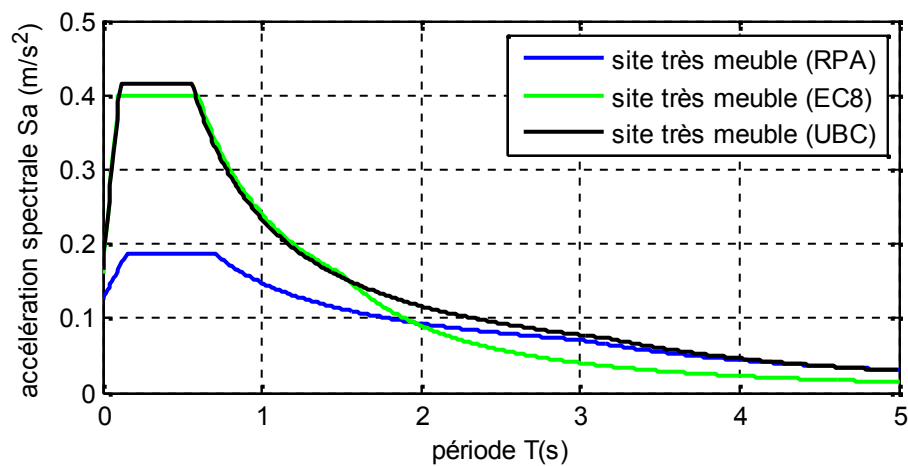


Figure 4.4 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.1$ et un site très meuble

Tableau 4.7 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.1$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.1333	0.1875	0.07106
	EC8	0.208	0.4	0.04
	UBC	0.2113	0.4167	0.07778

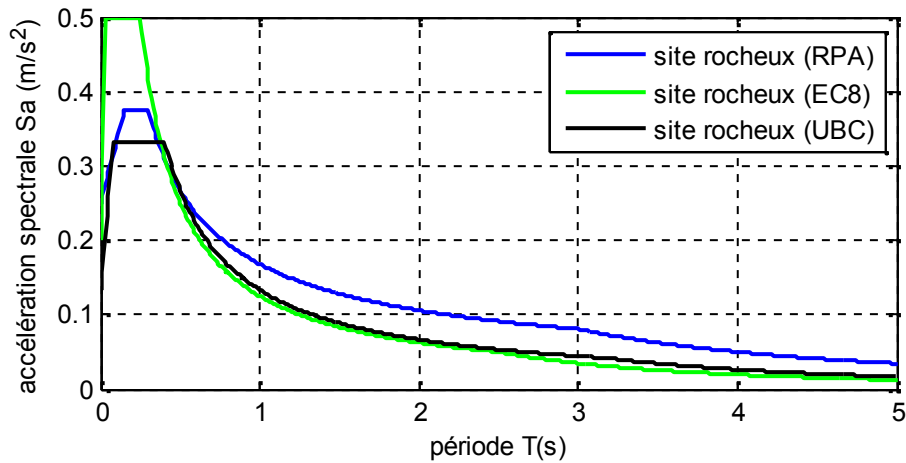


Figure 4.5 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site rocheux

Tableau 4.8 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.2$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.2667	0.375	0.08079
	EC8	0.4	0.5	0.04444
	UBC	0.1833	0.3333	0.02222

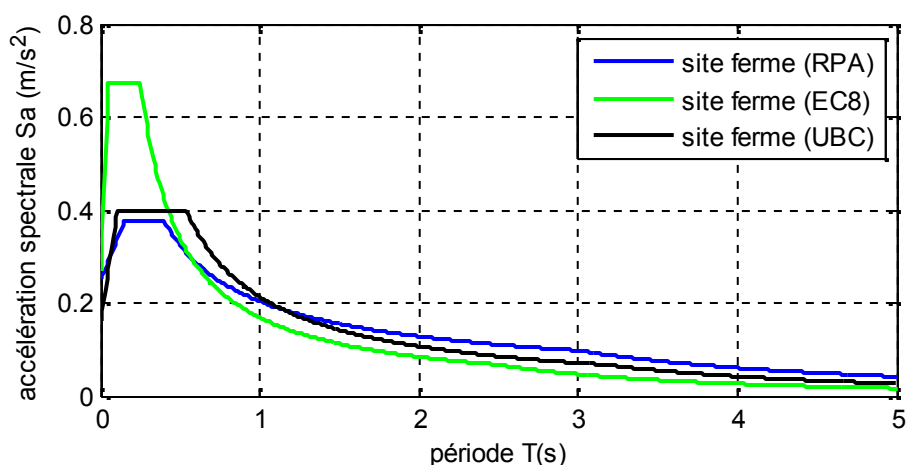


Figure 4.6 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site ferme

Tableau 4.9 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.2$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.2667	0.375	0.09789
	EC8	0.432	0.675	0.04688
	UBC	0.205	0.4	0.07103

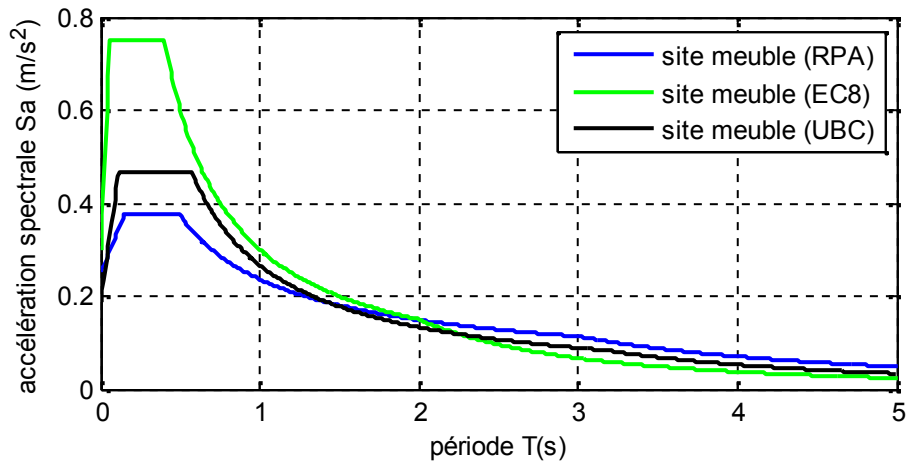


Figure 4.7 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site meuble

Tableau 4.10 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.2$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.2667	0.375	0.1136
	EC8	0.45	0.75	0.06667
	UBC	0.2357	0.4667	0.08885

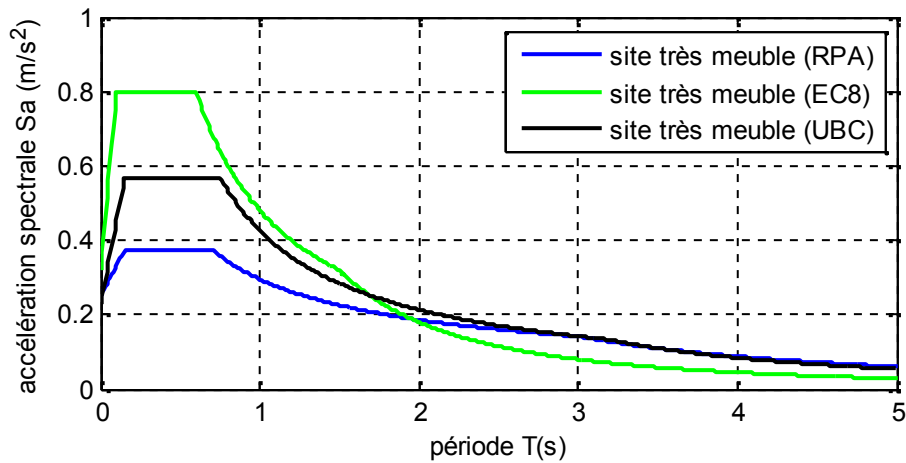


Figure 4.8 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.2$ et un site très meuble

Tableau 4.11 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.2$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.2667	0.375	0.1421
	EC8	0.416	0.8	0.08
	UBC	0.2718	0.5667	0.1421

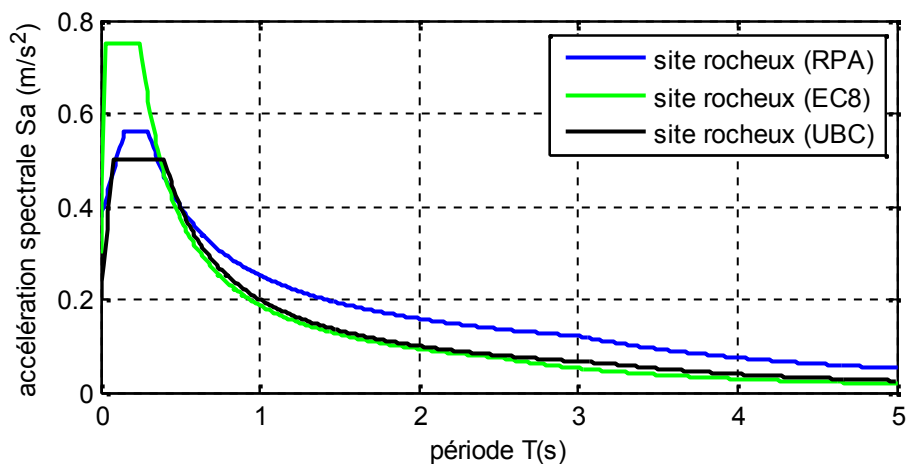


Figure 4.9 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site rocheux

Tableau 4.12 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.3$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.4	0.5625	0.1212
	EC8	0.6	0.75	0.05208
	UBC	0.275	0.5	0.06667

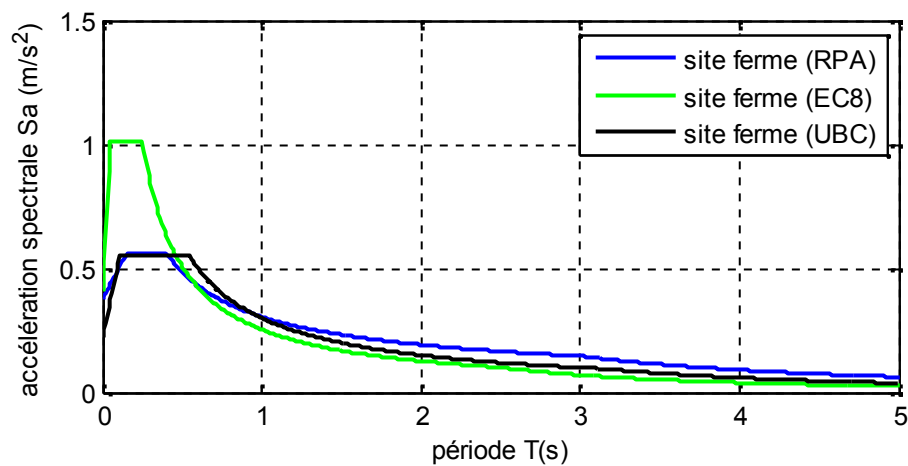


Figure 4.10 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site ferme

Tableau 4.13 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.3$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.4	0.5625	0.1468
	EC8	0.648	1.013	0.07031
	UBC	0.2805	0.55	0.1002

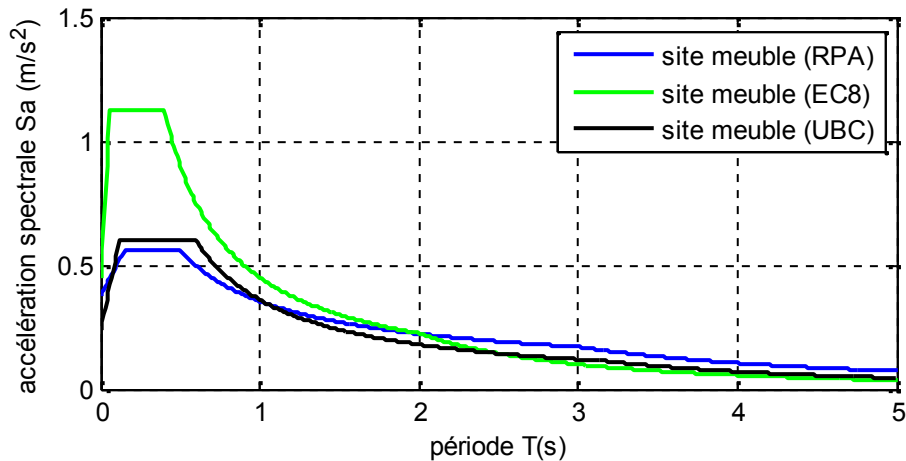


Figure 4.11 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site meuble

Tableau 4.14 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.3$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.4	0.5625	0.1704
	EC8	0.675	1.125	0.1
	UBC	0.3	0.6	0.12

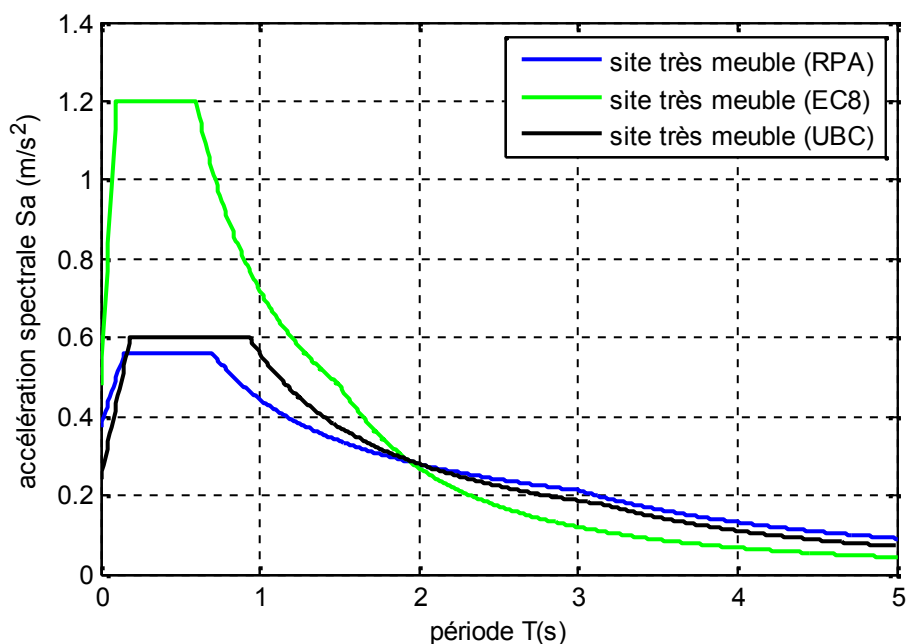


Figure 4.12 : Les spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.3$ et un site très meuble

Tableau 4.15 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.3$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.4	0.5625	0.1132
	EC8	0.624	1.2	0.12
	UBC	0.2786	0.6	0.1865

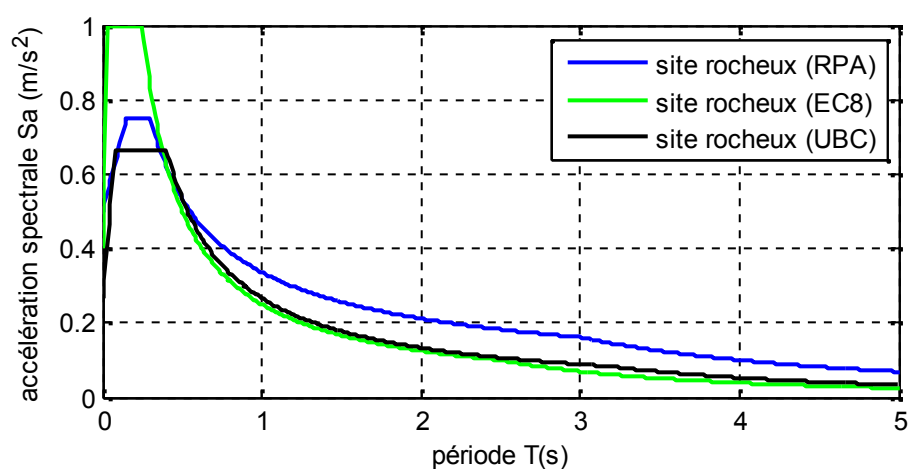


Figure 4.13 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site rocheux

Tableau 4.16 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.4$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.5333	0.75	0.1616
	EC8	0.8	1	0.12
	UBC	0.3667	0.6667	0.08889

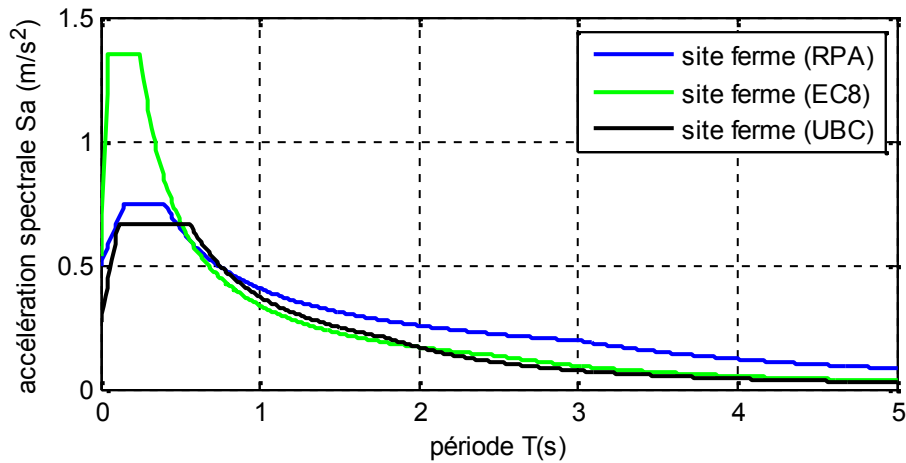


Figure 4.14 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site ferme

Tableau 4.17 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.4$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.5333	0.75	0.1957
	EC8	0.864	1.35	0.09375
	UBC	0.3381	0.6667	0.07467

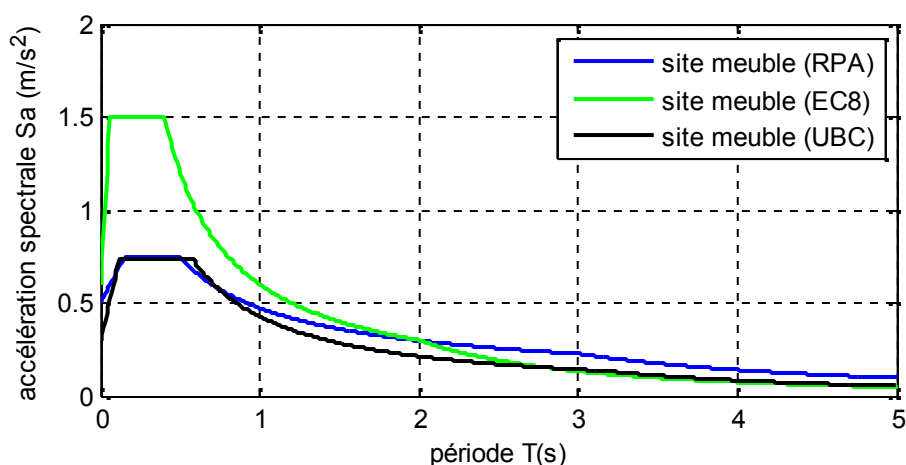


Figure 4.15 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site meuble

Tableau 4.18 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.4$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.5333	0.75	0.2271
	EC8	0.9	1.5	0.1333
	UBC	0.369	0.7333	0.1421

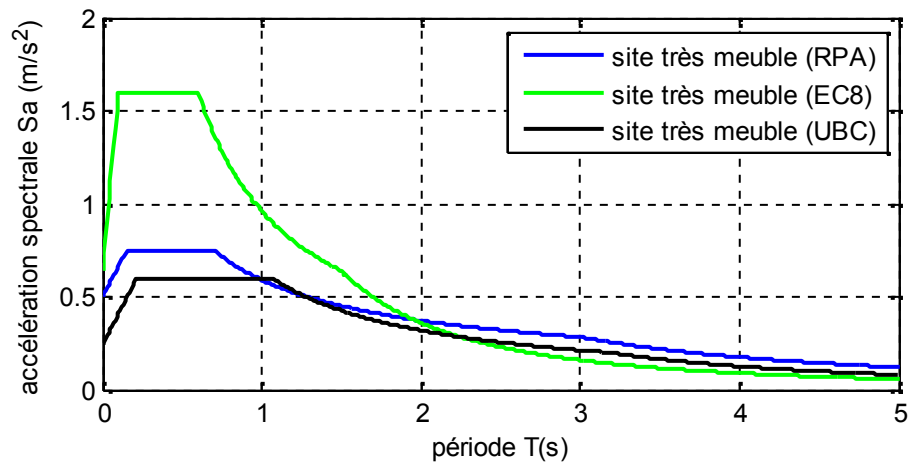


Figure 4.16 : Spectres de réponse pour chacune des réglementations (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.4$ et un site très meuble

Tableau 4.19 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.4$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.5333	0.75	0.2843
	EC8	0.832	1.6	0.16
	UBC	0.2737	0.5775	0.2136

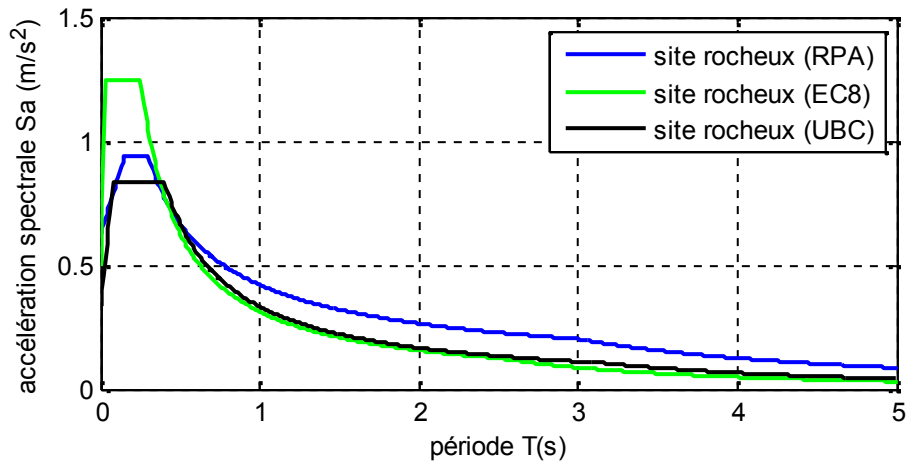


Figure 4.17 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site rocheux

Tableau 4.20 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site rocheux et $a_g = 0.5$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.6667	0.9375	0.202
	EC8	1	1.25	0.08681
	UBC	0.4583	0.8333	0.1111

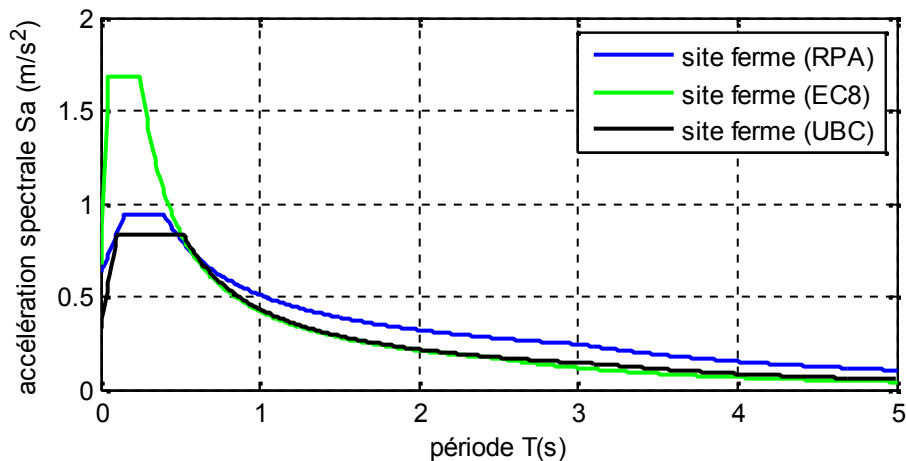


Figure 4.18 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site ferme

Tableau 4.21 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site ferme et $a_g = 0.5$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.6667	0.9375	0.2447
	EC8	1.08	1.688	0.1172
	UBC	0.4295	0.8333	0.1444

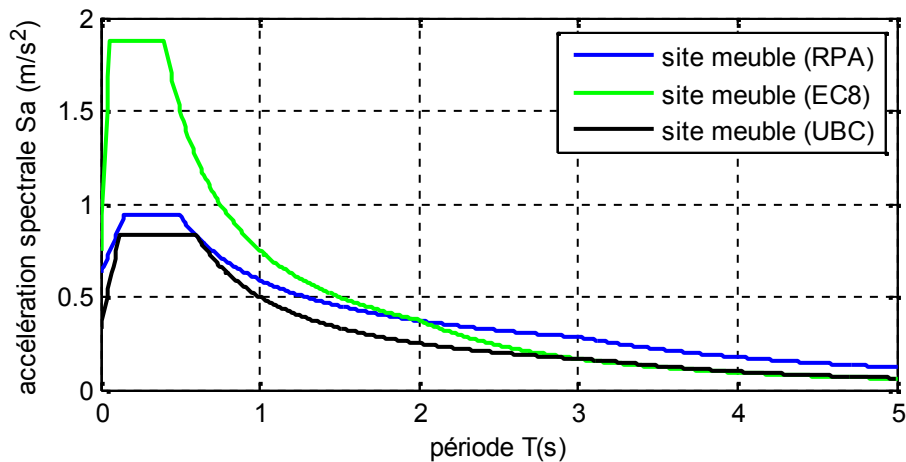


Figure 4.19 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site meuble

Tableau 4.22 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site meuble et $a_g = 0.5$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.6667	0.9375	0.2839
	EC8	1.125	1.875	0.1667
	UBC	0.4167	0.8333	0.1667

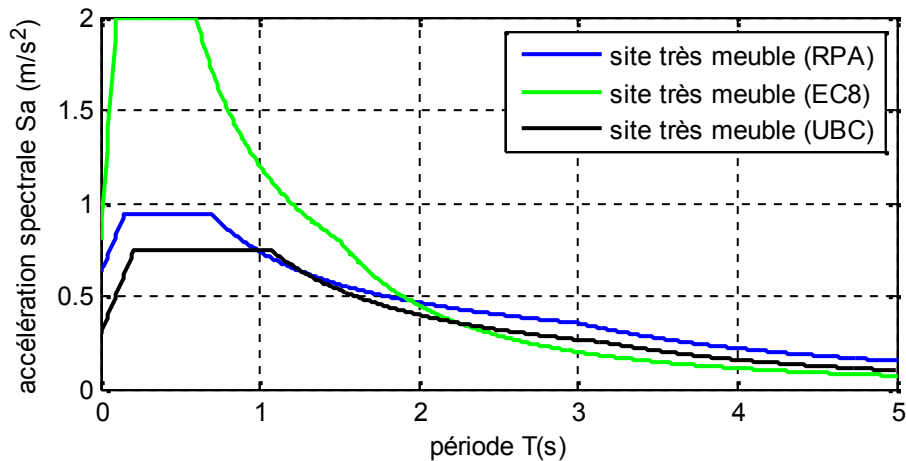


Figure 4.20 : Spectres de réponse pour chacune des règlements (RPA, EC8 et UBC) pour $a_g = 0.5$ et un site très meuble

Tableau 4.23 : Les valeurs d'accélération dans les périodes 0.02s, 0.2s et 3s pour un site très meuble et $a_g = 0.5$

Période T(s)		0.02s	0.2s	3s
Accélération $S_a(m/s^2)$	RPA	0.6667	0.9375	0.3553
	EC8	1.04	2	0.2
	UBC	0.3422	0.7219	0.267

Après avoir examiné les résultats obtenus à partir des spectres de réponses qui représentent l'accélération spectrale en fonction des périodes propres au niveau des périodes de références sélectionnées : (0,02s, 0,3s et 3s). On peut conclure que la valeur de l'accélération constaté pour le spectre EC8 est toujours plus grande que pour les autres spectres RPA et UBC dans les périodes comprise entre 0 et 0,3s. pour les périodes comprises entre 0,3s et 5s, la valeur de l'accélération constaté pour le spectre RPA est souvent plus grande que celles de EC8 et UBC, et ce pour l'ensemble des types de sites.

4.6 Comparaison entre l'accélération des spectres de réponse (RPA, EC8 et UBC) pour les périodes de références 0.02s, 0.2s et 3s

Pour procéder à une comparaison et apprécier la différence entre l'accélération des spectres de réponse (RPA, EC8 et UBC) pour les périodes de références 0.02s, 0.2s et 3s, nous avons utilisé des rapports s entre les valeurs obtenus pour chaque code au niveau des périodes de références prédéfinis, les rapports obtenus sont présentes dans les tableaux suivants :

Tableau 4.24 : la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site rocheux

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,18	1,50	0,78
	EC8/RPA	1,50	1,33	0,43
	RPA/UBC	1,45	1,12	1,82

Tableau 4.25 : la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site ferme

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,13	1,69	0,62
	EC8/RPA	1,62	1,80	0,48
	RPA/UBC	1,32	0,94	1,29

Tableau 4.26 : la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	1,69	1,41	0,62
	EC8/RPA	1,69	2,00	0,59
	RPA/UBC	1,00	0,70	1,06

Tableau 4.27 : la comparaison pour $a_g = 0.1$ et un site très meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	0,98	0,96	0,51
	EC8/RPA	1,56	2,13	0,56
	RPA/UBC	0,63	0,45	0,91

Tableau 4.28 : la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site rocheux

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,18	1,50	2,00
	EC8/RPA	1,50	1,33	0,55
	RPA/UBC	1,45	1,13	3,64

Tableau 4.29 : la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site ferme

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,11	1,69	0,66
	EC8/RPA	1,62	1,80	0,48
	RPA/UBC	1,30	0,94	1,38

Tableau 4.30 : la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	1,91	1,61	0,75
	EC8/RPA	1,69	2,00	0,59
	RPA/UBC	1,13	0,80	1,28

Tableau 4.31 : la comparaison pour $a_g = 0.2$ et un site très meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	1,53	1,41	0,56
	EC8/RPA	1,56	2,13	0,56
	RPA/UBC	0,98	0,66	1,00

Tableau 4.32 : la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site rocheux

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,18	1,50	0,78
	EC8/RPA	1,50	1,33	0,43
	RPA/UBC	1,45	1,13	1,82

Tableau 4.33 : la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site ferme

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,31	1,84	0,70
	EC8/RPA	1,62	1,80	0,48
	RPA/UBC	1,43	1,02	1,47

Tableau 4.34 : la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,25	1,88	0,83
	EC8/RPA	1,69	2,00	0,59
	RPA/UBC	1,33	0,94	1,42

Tableau 4.35 : la comparaison pour $a_g = 0.3$ et un site très meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,23977	2,00000	0,64343
	EC8/RPA	1,56000	2,13333	1,06007
	RPA/UBC	1,43575	0,93750	0,60697

Tableau 4.36 : la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site rocheux

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,18	1,50	1,35
	EC8/RPA	1,50	1,33	0,74
	RPA/UBC	1,45	1,12	1,82

Tableau 4.37 : la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site ferme

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,56	2,02	1,26
	EC8/RPA	1,62	1,80	0,48
	RPA/UBC	1,58	1,12	2,62

Tableau 4.38 : la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,44	2,05	0,94
	EC8/RPA	1,69	2,00	0,59
	RPA/UBC	1,45	1,02	1,60

Tableau 4.39 : la comparaison pour $a_g = 0.4$ et un site très meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	3,04	2,77	0,75
	EC8/RPA	1,56	2,13	0,56
	RPA/UBC	1,95	1,30	1,33

Tableau 4.40 : la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site rocheux

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,18	1,50	0,78
	EC8/RPA	1,50	1,33	0,43
	RPA/UBC	1,45	1,13	1,82

Tableau 4.41 : la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site ferme

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,51	2,03	0,81
	EC8/RPA	1,62	1,80	0,48
	RPA/UBC	1,55	1,13	1,69

Tableau 4.42 : la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	2,70	2,25	1,00
	EC8/RPA	1,69	2,00	0,59
	RPA/UBC	1,60	1,13	1,70

Tableau 4.43 : la comparaison pour $a_g = 0.5$ et un site très meuble

Période T(s)	R	0.02s	0.2s	3s
comparaison	EC8/UBC	3,04	2,77	0,75
	EC8/RPA	1,56	2,13	0,56
	RPA/UBC	1,95	1,30	1,33

4.7 Estimation de la variation rapports moyens de l'accélération spectrales pour les différents sites et PGA

Tableau 4.44 : La variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et $a_g=0.1$

rocheux		ferme		meuble		très meuble	
les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy
[2,18-1,5]	1,84	[2,13-1,69]	1,91	[1,69-1,41]	1,55	[0,98-0,96]	0,97
[1,5-1,33]	1,42	[1,62-1,80]	1,71	[1,69-2,00]	1,84	[1,56-2,13]	1,85
[1,45-1,12]	1,29	[1,31-0,93]	1,13	[1,00-0,70]	0,85	[0,63-0,45]	0,54

Tableau 4.45 : La variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et $a_g=0.2$

rocheux		ferme		meuble		très meuble	
les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy
[2,18-1,5]	1,84	[2,13-1,69]	1,91	[1,69-1,41]	1,55	[0,98-0,96]	0,97
[1,5-1,33]	1,42	[1,62-1,80]	1,71	[1,69-2,00]	1,84	[1,56-2,13]	1,85
[1,45-1,12]	1,29	[1,31-0,93]	1,13	[1,00-0,70]	0,85	[0,63-0,45]	0,54

Tableau 4.46 : La variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et $a_g=0.3$

rocheux		ferme		meuble		très meuble	
les valeurs limitées	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy
[2,18-1,50]	1,84	[2,31-1,84]	2,08	[2,25-1,87]	2,06	[2,24-2,00]	2,12
[1,50-1,33]	1,42	[1,62-1,80]	1,71	[1,69-2,00]	1,84	[1,56-2,13]	1,85
[1,45-1,12]	1,29	[1,43-1,02]	1,22	[1,33-0,94]	1,14	[1,43-0,94]	1,19

Tableau 4.47 : La variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et $a_g=0.4$

rocheux		ferme		meuble		très meuble	
les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy
[2,18-1,50]	1,84	[2,55-2,02]	2,29	[2,44-2,04]	2,24	[3,04-2,77]	2,91
[1,50-1,33]	1,42	[1,62-1,80]	1,71	[1,69-2,00]	1,84	[1,56-2,13]	1,85
[1,45-1,12]	1,29	[1,58-1,12]	1,35	[1,44-1,02]	1,23	[1,95-1,30]	1,62

Tableau 4.48 : La variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et $a_g=0.5$

rocheux		ferme		meuble		très meuble	
les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy	les valeurs limites	Rapport Moy
[2,18-1,50]	1,84	[2,51-2,02]	2,27	[2,70-2,25]	2,47	[3,04-2,77]	2,90
[1,50-1,33]	1,42	[1,62-1,80]	1,71	[1,69-2,00]	1,84	[1,56-2,13]	1,85
[1,45-1,12]	1,29	[1,55-1,12]	1,34	[1,60-1,12]	1,36	[1,95-1,30]	1,62

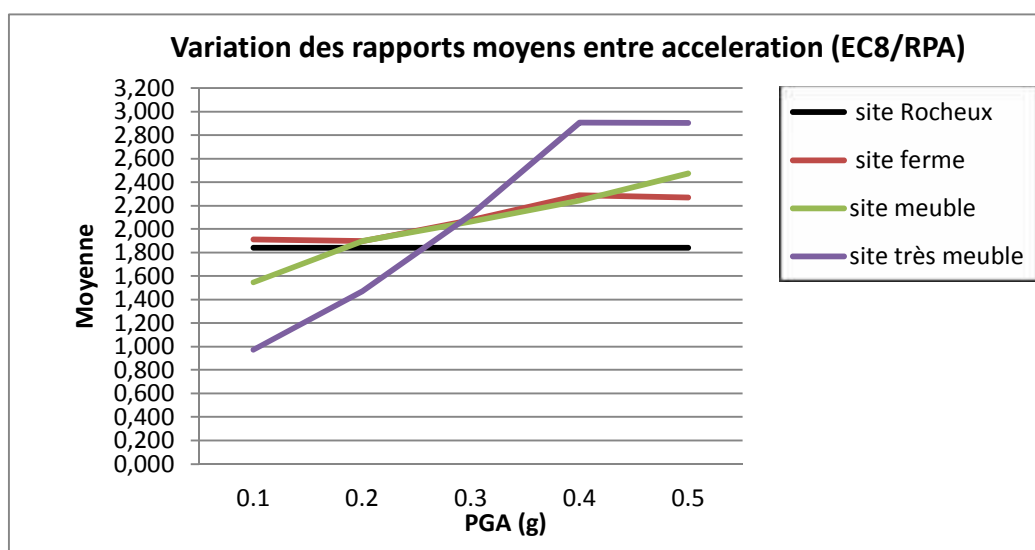


Figure 4.21 : la variation des rapports moyens de l'accélération (EC8/RPA) pour différents sites

La Figure 4.21 montre que le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (EC8/RPA) est constant pour le site rocheux en fonction du PGA. Ce rapport augmente linéairement pour les sites fermes et meubles, et pour le site très meuble augmente linéairement PGA 0,1g et 0,4g pour se stabiliser en une valeur fixe (palier) entre le PGA 0,4g et 0,5g.

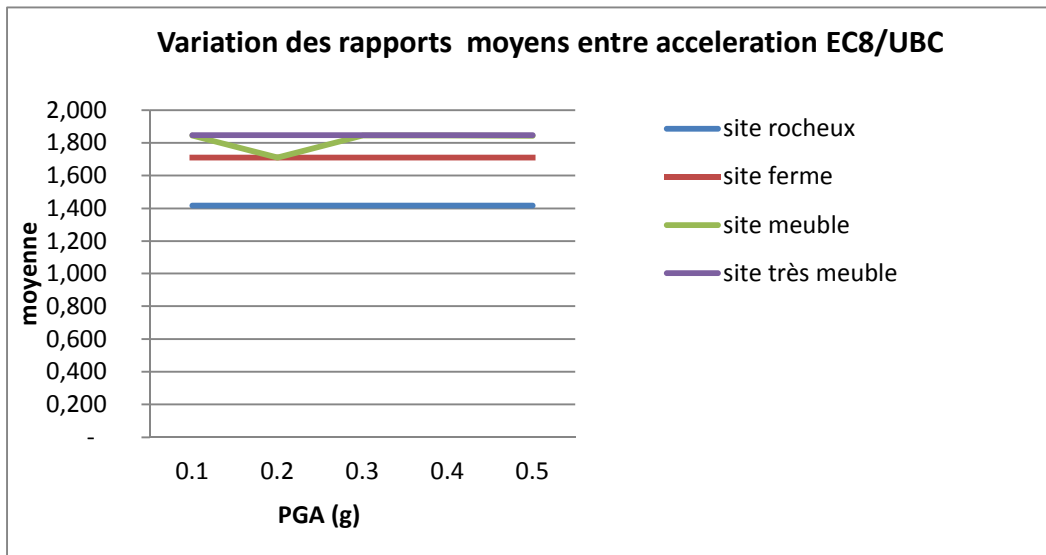


Figure 4.22 : la la variation des rapports moyens de l'accélération (EC8/UBC) pour différents sites

La Figure 4.22 montre que le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (EC8/UBC) est constant pour chaque catégorie de site.

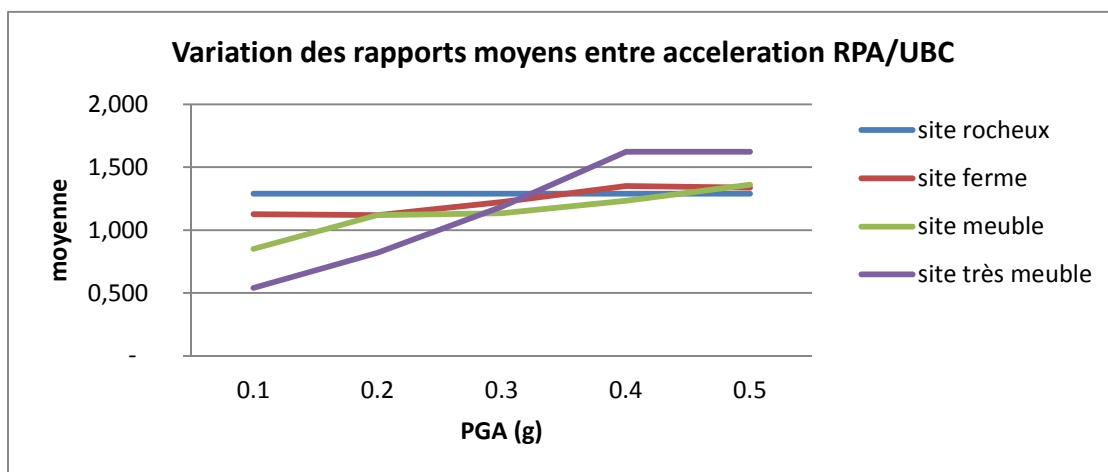


Figure 4.23 : la variation des rapports moyens de l'accélération (RPA/UBC) pour différents sites

La Figure 4.23 montre que le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (RPA/UBC), augmente linéairement entre le PGA 0,1g et 0,3g pour se stabiliser en une valeur fixe (palier) entre PGA 0,4g et 0,5g.

4.8 Conclusion

Ce chapitre a été destiné à une comparaison entre les spectres de réponse des règles sismiques pour chacun des codes, RPA et EUROCODE et UBC, du point de vue classification des sites et ordonnées de spectres élastique et inélastique en fonction de leurs différents facteurs et aussi la prise en compte de l'effet de site topographique.

On a procédé aussi à une comparaison du point de vue accélération spectrale en fonction de certaines périodes de référence choisies, pour différents PGA et suivant et catégories de site.

Les résultats obtenus montre que la valeur de l'accélération constaté pour le spectre EC8 est toujours plus grande que pour les autres spectres RPA et UBC dans les périodes comprise entre 0 et 0,3s. Pour les périodes comprises entre 0,3s et 5s, la valeur de l'accélération constaté pour le spectre RPA est souvent plus grande que celles de EC8 et UBC, et ce pour l'ensemble des types de sites.

Du point de vue variation des rapports moyens de l'accélération pour différents sites et PGA, on constaté que :

- le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (EC8/RPA) est constant pour le site rocheux en fonction du PGA. Ce rapport augment linéairement pour les sites fermes et meubles, et pour le site très meuble augment linéairement PGA 0,1g et 0,4g pour se stabiliser en une valeur fixe (palier) entre le PGA 0,4g et 0,5g.
- le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (EC8/UBC) est constant pour chaque catégorie de site.
- le rapport entre les valeurs de l'accélération spectrale (RPA/UBC), augmente linéairement entre le PGA 0,1g et 0,3g pour se stabiliser en une valeur fixe (palier) entre PGA 0,4g et 0,5g.

Conclusion générale

L'objectif du présent travail est d'effectuer une étude comparative relative à la prise en compte des conditions de site locales dans les spectres de réponses, le Règlement parasismique Algérien (RPA), Européen code (Eurocode) et le Code du bâtiment uniforme USA (UBC). Ce qui nous a permis de nous familiariser avec les codes EC et UBC, notamment du point de vue prise en compte des effets de site en introduisant différentes catégories de sites. Le code du bâtiment uniforme (UBC) a reconnu l'importance des effets de site et a introduit le concept d'un «facteur de sol» qui a été intégré dans les sollicitations latérales et dans son édition de l'UBC 1976, et après de nombreuses modifications ont été apportées à la définition de facteurs et de types de sol, aboutissant définitivement à six types de sols.

L'Eurocode 8 définit cinq principaux types de sol et deux types spéciaux avec un facteur «S» du sol pour chaque type, alors que RPA 99/2003 considère quatre types S1, S2, S3 et S4 sans facteur de sol. Le système de classification est basé sur les définitions de la vitesse moyenne des ondes de cisaillement.

Les spectres de conception ont montré que les valeurs d'accélération de RPA99 / 2003 ont les mêmes valeurs de crête pour tous les types de sol, tandis que, le type de EC8 1 et de type 2 et UBC97 spécifiées des valeurs de crête différentes en fonction des types de sol.

Les résultats obtenus dans le présent travail montrent bien des divergences parfois considérables des valeurs de l'accélération spectrale pour les trois codes RPA), Eurocode et l'UBC. On note essentiellement à cet effet que la valeur de l'accélération obtenue pour le spectre EC8 est toujours plus grande que pour les autres spectres RPA et UBC dans les périodes comprises entre 0 et 0,3s. Pour les périodes comprises entre 0,3s et 5s, la valeur de l'accélération constatée pour le

Conclusion générale

spectre RPA est souvent plus grande que celles de EC8 et UBC, et ce pour l'ensemble des types de sites.

Des rapports moyens entre les valeurs de l'accélération spectrale (EC8/RPA) et (EC8/UBC) et (RPA/UBC) en fonction du PGA et pour les différents sites ont été déterminés, dans un but d'illustrer les divergences entre les 3 codes sismiques.

Par ailleurs l'EC8 se distingue par rapport au RPA et UBC, par une proposition de prise en compte de l'effet de site topographique, et pour ce qui est du comportement non linéaire des sols uniquement le code UBC, tient compte de ce comportement par la variation des facteurs d'amplification en fonction de l'augmentation de niveau d'excitation sismique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [01]. règlements parasismiques Algérie "RPA 99/ version 2003 " (2004)
Centre national de la recherche appliquée dans génie parasismique.
- [02]. EC 8 (2004) Eurocode 8: conception de structures pour leur résistance aux séismes Partie 1: règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments, norme européenne. Comité européen de normalisation, Comité européen pour Secrétariat de normalisation Central, rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles.
- [03]. UBC (1997) Uniform Building Code, Conférence internationale des responsables du bâtiment. Whittier, Californie, États-Unis.
- [04]. Amina CHEBIHI ET Nasser LAOUAMI, ÉTUDE SISMIQUE COMPARATIF ENTRE CODE ALGERIEN (RPA 99), CODE EUROPÉEN (EC8) ET CODE AMÉRICAIN (UBC 97),2014.
- [05]. Bensekirifa Hamza, Evaluation de l'influence de l'effet de site sur les spectres de réponse des structures, Magister en Génie Civil
Option : Structure et Matériaux, 2009.
- [06]. Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, ASCE 7-05, American Society of Civil Engineer.
- [07]. La nouvelle REGLEMENTATION PARASISMIQUE applicable aux bâtiments, 2011.
- [08]. Hervé YAMKOUDOUYOU , Eurocode 8 appliquée à un établissement d'enseignement à Strasbourg (Comparaison des grands principes avec le PS92), Projet support : construction d'une école d'ingénieur ECAM, Strasbourg-EUROPE à Schiltigheim.
- [09]. W.B. Joyner et D.M. Boore, la caractérisation de mesure et de prévision des forts mouvements du sol. Dans Proc. du génie parasismique et dynamique des sols II, pages 43-102, Park City, Utah, juin 1988. New York: Division Géotechnique de l'American Society of Civil Engineers.
- [10]. Nguyen Khoa Van, Etude des effets de site dus aux conditions topographiques et géotechniques par une méthode hybride éléments finis/éléments frontière. Impression de l'ENPC, 2005