

---

Jacques Betbeder-Matibet

GÉNIE PARASISMIQUE

---

# Phénomènes sismiques

volume 1



040667

*hermes*

*Lavoisier*

---

GL109 / Vol 1

# Génie parasismique

volume 1

040667

②

# Phénomènes sismiques



Jacques Betbeder-Matibet



040667

**hermes**  
**Science**  
— publications —

# Table des matières

<b>Préface</b> . . . . .	9
Alain PECKER	
<b>Avant-propos</b> . . . . .	11
<b>PREMIÈRE PARTIE. LES SÉISMES ET PHÉNOMÈNES INDUITS</b> . . . . .	23
<b>Introduction</b> . . . . .	25
<b>Chapitre 1. Les causes des séismes</b> . . . . .	27
1.1. Séismes tectoniques . . . . .	27
1.1.1. Premières tentatives d'explication . . . . .	27
1.1.1.1. Croyances superstitieuses ou religieuses . . . . .	27
1.1.1.2. Premières hypothèses non mythiques . . . . .	29
1.1.2. De la dérive des continents à la tectonique des plaques . . . . .	32
1.1.2.1. L'intuition géniale d'Alfred Wegener . . . . .	32
1.1.2.2. L'expansion des fonds océaniques . . . . .	34
1.1.2.3. La tectonique des plaques . . . . .	37
1.1.3. La sismicité d'origine tectonique . . . . .	43
1.2. Les failles . . . . .	48
1.2.1. Les relations entre les séismes et les failles . . . . .	49
1.2.2. Classification des failles . . . . .	51
1.2.3. Mécanismes au foyer . . . . .	60
1.2.4. Les différents aspects de la rupture . . . . .	67
1.3. Séismes non tectoniques . . . . .	70
1.3.1. Séismes non tectoniques d'origine naturelle . . . . .	70
1.3.2. Séismes artificiels . . . . .	72
1.3.3. Séismes induits . . . . .	73

<b>Chapitre 2. Les paramètres utilisés pour caractériser les séismes</b> . . . . .	77
2.1. Théorie élémentaire du rebond élastique . . . . .	78
2.1.1. Description du modèle élémentaire . . . . .	78
2.1.2. Bilan d'énergie . . . . .	83
2.1.3. Loi d'échelle . . . . .	87
2.2. La géométrie des failles . . . . .	92
2.2.1. Longueur de faille et longueur de rupture . . . . .	92
2.2.2. Exemples bien documentés de ruptures de failles . . . . .	100
2.2.3. Corrélations des caractéristiques géométriques des ruptures avec la magnitude du moment . . . . .	104
2.2.3.1. Les corrélations de Wells et Coppersmith. . . . .	104
2.2.3.2. Considérations sur les lois de régression directe et inverse ; loi moyenne permettant l'inversion algébrique . . . . .	108
2.3. Description paramétrique des séismes . . . . .	115
2.3.1. Paramètres de source et paramètres d'effets. . . . .	115
2.3.2. Les différentes magnitudes . . . . .	122
<b>Chapitre 3. Les manifestations des phénomènes sismiques en surface.</b> . . . .	129
3.1. Déformations des terrains superficiels . . . . .	129
3.1.1. Déformations liées à la tectonique . . . . .	129
3.1.2. Déformations liés au mouvement vibratoire. . . . .	132
3.2. Les ondes sismiques . . . . .	136
3.2.1. Les différents types d'ondes sismiques. . . . .	136
3.2.2. Notions sur la théorie des rais . . . . .	143
3.2.3. L'atténuation des ondes sismiques . . . . .	158
3.2.3.1. Atténuation géométrique. . . . .	158
3.2.3.2. Atténuation inélastique. . . . .	161
3.3. Phénomènes induits . . . . .	165
3.3.1. Liquéfaction des sols . . . . .	165
3.3.2. Glissements de terrains . . . . .	170
3.3.3. Tsunamis et seiches . . . . .	176
3.3.4. Autres manifestations sismiques . . . . .	181
<b>DEUXIÈME PARTIE. LES MOUVEMENTS VIBRATOIRES FORTS.</b> . . . .	185
<b>Introduction</b> . . . . .	187
<b>Chapitre 4. Les connaissances sur les mouvements vibratoires forts.</b> . . . .	189
4.1. Les enregistrements . . . . .	189
4.1.1. Exemples d'accélérogrammes enregistrés en zone proche . . . . .	189
4.1.2. Description paramétrique des accélérogrammes . . . . .	192

4.1.3. Les trois composantes du mouvement vibratoire . . . . .	203
4.2. Lois d'atténuation des valeurs de pic . . . . .	211
4.2.1. Considérations générales sur les lois d'atténuation . . . . .	211
4.2.2. Exemples de lois d'atténuation pour les valeurs de pic . . . . .	212
4.2.3. Conseils pour l'utilisation des lois d'atténuation . . . . .	221
4.3. Effets de directivité et effets de site . . . . .	225
4.3.1. Insuffisance de la caractérisation par la magnitude et la distance . . . . .	225
4.3.2. Effets de directivité . . . . .	226
4.3.3. Présentation des effets de site . . . . .	235
4.3.4. Causes des effets de site . . . . .	237
<b>Chapitre 5. Les modèles de calcul des mouvements vibratoires forts</b> . . . . .	249
5.1. Ordres de grandeur déduits de la théorie élémentaire du rebond élastique . . . . .	249
5.1.1. Limites de la théorie élémentaire du rebond élastique pour le calcul des mouvements . . . . .	249
5.1.2. Modèle de rebond élastique à ruptures multiples. . . . .	253
5.1.3. Calcul des lois d'atténuation théorique associées au modèle de rebond élastique à ruptures multiples. . . . .	255
5.2. Modèles numériques de source. . . . .	258
5.2.1. Considérations générales sur les modèles de simulation numérique de la source sismique . . . . .	258
5.2.2. Exemples de simulation numérique de séismes réels . . . . .	260
5.3. Calcul pratiques des effets de site . . . . .	266
5.3.1. Les modèles de comportement du sol . . . . .	266
5.3.2. Réponses sismiques de colonnes de sol . . . . .	274
5.3.4. Etat de l'art en matière d'évaluation des effets de site. . . . .	293
<b>Bibliographie.</b> . . . . .	301
<b>Index</b> . . . . .	309
<b>Sommaire général.</b> . . . . .	315

Pour améliorer la prévention des risques sismiques, il faut maîtriser la complexité et la variabilité des phénomènes. *Génie parasismique* en trois volumes donne une vue d'ensemble des disciplines concernées, depuis la sismologie appliquée jusqu'à la mise en œuvre des techniques de prévention. L'accent est mis sur le bilan des connaissances actuelles, l'appréciation des incertitudes et le sens des ordres de grandeur.

Le premier volume, *Phénomènes sismiques*, étudie les causes des séismes, les paramètres utilisés pour les caractériser et décrit leurs manifestations en surface (y compris les phénomènes induits). Il présente ensuite les mouvements vibratoires de fort niveau, qui sont les éléments de base pour la définition de l'action sismique.

Le deuxième volume, *Risques et aléas sismiques*, décrit les effets des séismes sur les constructions et montre l'importance de la conception d'ensemble et de détail. L'aléa sismique est ensuite envisagé du double point de vue de la distribution spatiale et temporelle de la sismicité et de ses méthodes d'évaluation. Enfin, la caractérisation de l'aléa en vue du calcul est présentée en détail.

Le troisième volume, *Prévention parasismique*, analyse les différents aspects du calcul sismique (modélisation, analyse modale spectrale, calcul transitoire, mouvements différentiels des appuis, calculs linéaires et non linéaires, coefficient de comportement, méthode de la poussée). Il décrit les techniques de la prévention parasismique et l'état actuel de la réglementation.

### L'auteur

Polytechnicien et ingénieur des Ponts et Chaussées, Jacques Betbeder-Matibet s'est consacré à la prévention du risque sismique pour les centrales nucléaires d'EDF. Il est aujourd'hui expert auprès des instances chargées de la réglementation parasismique.

**hermes**  
**Science**  
— PUBLICATIONS —

[www.hermes-science.com](http://www.hermes-science.com)

ISBN 2-7462-0687-0

