

Milan Zacek

CONSTRUIRE PARASISMIQUE

RISQUE SISMIQUE

**CONCEPTION
PARASISMIQUE
DES BÂTIMENTS**

RÉGLEMENTATION

Editions Parenthèses

Je remercie Pierre Godefroy, Ingénieur sismologue au BRGM, responsable du Groupe Risques naturels et géoprospective et Pierre Mouroux, directeur régional du BRGM (région PACA), expert en dynamique des sols et en aléa sismique, qui m'ont autorisé à consulter leur documentation et m'ont fait bénéficier de leurs précieux conseils.

Saisie : Muriel Pocachard

Dessins et infographie : Martine Lamballe

Révision : Eliane Ercolani, Eric Varjabédian

Conception graphique et mise en pages : Atelier Graphithèses.

Ouvrage publié avec le concours :

- du ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, direction de l'architecture et de l'urbanisme, bureau de la recherche architecturale,
- de la direction de la Prévention des pollutions et des risques (DPPR/SDPRM, ministère de l'Environnement),
- de la direction de l'Habitat et de la Construction (ministère du Logement).

Remerciements particuliers à Bernard Bellier, ingénieur à la Direction régionale de l'Équipement (PACA) et à Eric Varjabédian, architecte-urbaniste.

Copyright © 1996,

Editions Parenthèses

72, cours Julien — 13006 Marseille — France

ISBN 2-86364-054-2

	PRÉFACE	5
	AVANT-PROPOS	9
	INTRODUCTION	13
CHAPITRE I	LES TREMBLEMENTS DE TERRE	17
I 1	La tectonique des plaques	19
I 2	Géographie des séismes	21
I 3	Classement des séismes	22
I 3 1	Séismes déclenchés par l'homme	22
I 3 2	Séismes naturels	23
I 4	Ondes sismiques	24
I 5	Enregistrement des séismes	26
I 6	Mesure de la violence des séismes	28
I 6 1	Puissance des séismes : la magnitude	28
I 6 2	Effets des séismes : l'échelle macrosismique d'intensité	30
CHAPITRE II	EFFETS ENGENDRÉS PAR LES TREMBLEMENTS DE TERRE	35
II 1	Effets sur les sites naturels	37
II 2	Effets sur la mer et sur les retenues d'eau	40
II 3	Effets sur les constructions : aspects généraux	42
II 3 1	Nature des charges sismiques	42
II 3 2	Oscillations horizontales	43
II 3 3	Oscillations verticales	45
II 3 4	Oscillations de torsion	45
II 3 5	Principe de résistance des constructions aux séismes	46
II 3 6	Dommages caractéristiques aux constructions non conçues pour résister aux tremblements de terre	48
II 4	Effets sur l'homme	50
CHAPITRE III	PRÉVENTION DU RISQUE SISMIQUE	51
III 1	Risque sismique et vulnérabilité des constructions	53
III 2	Protection civile contre les séismes	53
III 3	Etude et surveillance de la sismicité du territoire	55
III 4	Analyse sismotectonique	56

III 5	Evaluation de l'aléa sismique	56
III 5 1	Aléa sismique régional	56
III 5 2	Aléa sismique local	58
III 6	Prédiction des séismes	59
III 7	Education de la population	61
III 8	Actions visant à réduire le risque sismique	62
III 8 1	Urbanisme	62
III 8 2	Construction neuve	63
III 8 3	Réhabilitation parasismique du parc immobilier existant	64
III 9	Prévision de la réponse des constructions à l'action sismique	64
III 9 1	Accélérogrammes	64
III 9 2	Spectres de réponse	65
CHAPITRE IV MÉCANISMES DE RÉSISTANCE		
DES CONSTRUCTIONS AUX SÉISMES		
IV 1	Equilibre dynamique	73
IV 2	Comment minimiser les charges sismiques	75
IV 3	Capacité des constructions à stocker l'énergie	80
IV 4	Capacité des constructions à dissiper l'énergie	85
IV 5	Limite des principes exposés	90
CHAPITRE V CHOIX DU SITE ET DU TERRAIN D'IMPLANTATION		
V 1	Reconnaissance des sites	93
V 2	Effets de site	94
V 3	Zones exposées à des effets induits par les séismes	95
CHAPITRE VI CONCEPTION ARCHITECTURALE PARASISMIQUE		
VI 1	Importance d'une conception architecturale «parasismique»	99
VI 2	Forme des bâtiments	100
VI 3	Éléments d'architecture	111
VI 3 1	Forme des éléments constructifs	111
VI 3 2	Espaces intérieurs	111
VI 3 3	Escaliers	112
VI 3 4	Façades	123
VI 3 5	Conception des angles	115
VI 4	Choix de la structure	116
VI 5	Choix du contreventement	124
VI 5 1	Stabilité des constructions sous l'action des charges horizontales	124
VI 5 2	Contreventement horizontal	125
VI 5 2 1	Notion de diaphragme rigide ou flexible	125
VI 5 2 2	Constitution des diaphragmes	128
VI 5 2 3	Plaques	128
VI 5 2 4	Planchers et toitures raidis par des poutres au vent	136
VI 5 2 5	Planchers et toitures raidis par des tirants diagonaux	137
VI 5 2 6	Planchers et toitures formés de réseaux rigides	137
VI 5 3	Contreventement vertical	137

VI 5 3 1	Constitution des palées de stabilité	138
VI 5 3 2	Nombre et disposition des palées de stabilité.....	139
VI 5 2 3	Distribution verticale des palées de stabilité.....	141
VI 6	Choix des matériaux de structure	142
CHAPITRE VII	SOLS ET FONDATIONS	145
VII 1	Implantation des ouvrages	147
VII 2	Interaction sol-structure.....	149
VII 3	Fondations	150
VII 3 1	Dispositions générales	150
VII 3 2	Fondations superficielles	153
VII 3 2 1	Semelles de fondation	153
VII 3 2 2	Radier général	154
VII 3 3	Fondations profondes	155
VII 3 3 1	Principe	155
VII 3 3 2	Fondations sur pieux.....	155
VII 3 3 3	Fondations sur puits.....	158
VII 3 3 4	Fondations sur barrettes.....	158
VII 3 4	Fondations sur sol substitué ou amélioré	159
VII 4	Isolation parasismique	159
VII 4 1	Principe.....	159
VII 4 2	Appuis à déformation	162
VII 4 3	Appuis à glissement.....	165
VII 4 4	Appuis à déformation et glissement	166
VII 4 5	Appuis à roulement.....	167
VII 4 6	Conclusion	168
VII 5	Amortisseurs parasismiques	168
VII 5 1	Amortisseurs hystérétiques.....	169
VII 5 2	Amortisseurs visqueux.....	170
VII 5 3	Amortisseurs à frottement	172
CHAPITRE VIII	LA SUPERSTRUCTURE	175
VIII 1	Constructions en maçonnerie traditionnelle.....	177
VIII 1 1	Caractéristiques générales.....	177
VIII 1 2	Conception architecturale.....	178
VIII 1 2 1	Murs.....	178
VIII 1 2 2	Planchers et toitures	178
VIII 1 3	Dispositions constructives	180
VIII 1 3 1	Chainages	180
VIII 1 3 2	Encadrement des baies.....	182
VIII 1 3 3	Diaphragmes	183
VIII 1 3 4	Escaliers.....	183
VIII 1 3 5	Maçonnerie de blocs creux	183
VIII 1 3 6	Murs doubles	184
VIII 1 3 7	Cloisons intérieures	184
VIII 1 3 8	Éléments en console verticale	185
VIII 1 3 9	Conduits maçonnés.....	185

VIII 1 3 10	Maçonnerie armée	186
VIII 1 3 11	Exécution des maçonneries.....	188
VIII 1 4	Maçonnerie en terre crue : dispositions complémentaires	188
VIII 1 5	Maçonnerie en pierre : dispositions complémentaires	192
VIII 2	Constructions en bois.....	192
VIII 2 1	Dispositions générales	192
VIII 2 2	Systèmes en murs porteurs.....	196
VIII 2 3	Ossatures en poteaux et poutres de portées courantes	200
VIII 2 4	Charpentes de grande portée	202
VIII 2 5	Voiles courbes.....	205
VIII 3	Constructions en béton armé	207
VIII 3 1	Caractéristiques générales.....	207
VIII 3 2	Ossatures en portiques coulés en place	208
VIII 3 2 1	Dispositions générales	208
VIII 3 2 2	Noeuds	209
VIII 3 2 3	Poteaux.....	210
VIII 3 2 4	Poutres.....	213
VIII 3 2 5	Recouvrement et ancrage des armatures	214
VIII 3 2 6	Panneaux de remplissage	215
VIII 3 3	Structures en voiles coulés en place	218
VIII 3 4	Systèmes mixtes en portiques et voiles.....	221
VIII 3 5	Systèmes poteaux-dalle	222
VIII 3 6	Structures tubulaires.....	223
VIII 3 7	Utilisation de la précontrainte dans la construction parasismique	224
VIII 3 8	Utilisation du béton armé léger	226
VIII 3 9	Ossatures en portiques préfabriqués.....	227
VIII 3 10	Constructions en grands panneaux préfabriqués.....	229
VIII 3 11	Coques.....	232
VIII 4	Constructions en acier.....	233
VIII 4 1	Comportement des constructions en acier sous l'action sismique.....	233
VIII 4 2	Dispositions générales.....	234
VIII 4 3	Ossatures autostables.....	237
VIII 4 4	Ossatures contreventées.....	239
VIII 4 5	Structures tubulaires.....	244
VIII 5	Ossatures en acier enrobées de béton armé	245
VIII 6	Ossatures en alliages d'aluminium	246
VIII 7	Structures en membranes textiles.....	248
VIII 7 1	Caractéristiques générales.....	248
VIII 7 2	Membranes gonflées.....	248
VIII 7 3	Membranes portées	249
VIII 8	Constructions à toitures en câbles	250
CHAPITRE IX	ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX	251
IX 1	Comportement des éléments non structuraux sous charge sismique	253
IX 2	Façades.....	254
IX 2 1	Dispositions générales	254
IX 2 2	Dispositions particulières	254

IX 3	Vitrages	256
IX 4	Cloisons	257
IX 5	Revêtements muraux	260
IX 6	Plafonds suspendus	260
IX 7	Planchers techniques	261
IX 8	Couvertures	262
CHAPITRE X	ÉQUIPEMENT D'IMMEUBLES ET RÉSEAUX	265
X 1	Dispositions générales	267
X 2	Ascenseurs	268
X 3	Appareils divers :	
	moteurs, groupes électrogènes, pompes, cuves, réservoirs, échangeurs, chaudières, chauffe-eau	269
X 4	Équipement électrique	270
X 5	Tuyauterie	271
X 6	Gaines de ventilation et de climatisation	273
X 7	Appareils de table :	
	ordinateurs, postes de télévision, machines à écrire, appareillage électronique, etc.	274
X 8	Armoires	274
X 9	Équipement roulant	276
X 10	Objets sur étagères ou rayons	276
X 11	Extincteurs muraux	276
CHAPITRE XI	CODES PARASISMIQUES	277
XI 1	Philosophie des codes parasismiques	279
XI 2	Contenu des codes parasismiques	280
XI 3	Règles PS 92 (norme P 06-013)	281
XI 4	Recommandations AFPS 90	284
XI 5	Règles PS-MI 89 révisées 92 (norme P 06-014)	284
XI 6	Projet de l'Eurocode 8, version 1993	285
XI 7	Règles parasismiques algériennes, RPA 88	287
XI 8	Règles parasismiques japonaises 1981	289
XI 9	Code américain UBC (Uniform Building Code), édition 1994	290
XI 10	Prescriptions expérimentales pour l'établissement des règles parasismiques pour le bâtiment ATC 3-06	292
XI 11	Règles parasismiques françaises PS 69 et addenda 82 (norme P 06-003)	293
CHAPITRE XII	CADRE RÉGLEMENTAIRE FRANÇAIS	295
XII 1	Construction neuve	297
XII 1 1	Ouvrages à risque normal	297
XII 1 2	Ouvrages à risque spécial	298
XII 2	Bâtiments existants	298
XII 2 1	Confortement préventif	298
XII 2 2	Transformation des bâtiments existants	298
XII 3	Urbanisme	299
XII 4	Annexes	299
XII 4 1	Décret n°91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique	299

XII 4 2	Arrêté du 16 juillet 1992 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la catégorie dite «à risque normal» telle que définie par le décret n° 91-461 du 14 mai 1991 relatif à la prévention du risque sismique.....	309
XII 4 3	Loi n° 95-101 du 2 février 1995 relative au renforcement de la protection de l'environnement.....	310
XII 4 4	Décret n° 95-1089 du 5 octobre 1995 relatif aux plans de prévention des risques naturels prévisibles.....	315
	GLOSSAIRE	315
	BIBLIOGRAPHIE ET RÉFÉRENCES	325