

Règles de construction parasismique

**Règles PS applicables
aux bâtiments - PS92**

 Eyrolles

DELTA

ÉDITIONS EYROLLES

61, Bld Saint-Germain

75240 Paris Cedex 05

Editions Delta, 1998

Diffusion: Lib. Le Point,

Jdeidet el-Metn, Liban

Tel: 01-898 085, Fax: 04-411 189



Le code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée notamment dans les établissements d'enseignement, provoquant une baisse brutale des achats de livres, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement le présent ouvrage, sur quelque support que ce soit, sans autorisation de l'Éditeur ou du Centre Français d'exploitation du droit de Copie, 20, rue des Grands Augustins, 75006 Paris.

© Éditions Eyrolles, 1996, ISBN 2-212-10015-9

SOMMAIRE

PRÉFACE	15
AVANT-PROPOS	17
1. OBJET, DOMAINE D'APPLICATION, CONDITIONS DE VALIDITÉ	21
1.1 OBJET	21
1.2 DOMAINE D'APPLICATION	21
1.3 CONTENU	23
2. DÉTERMINATION DE LA SÉCURITÉ	25
2.1 ACTIONS ET SITUATIONS SISMIQUES	25
2.2 OBJECTIFS DE COMPORTEMENT	25
2.3 VÉRIFICATIONS DE SÉCURITÉ	25
2.31 Actions de calcul	25
2.32 États-limites ultimes	27
2.33 États-limites de déformation	27
2.34 Sécurité des éléments non structuraux	27
3. NIVEAU MINIMAL RÉGLEMENTAIRE DE PROTECTION VALEURS DE a_N	29
3.1 ZONES DE SISMICITÉ	29
3.2 CLASSES DE PROTECTION DES OUVRAGES	29
3.3 VALEURS DE a_N	29
3.4 SURCLASSEMENT DES OUVRAGES	31
4. RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION	33
4.1 CHOIX DU SITE	33
4.11 Voisinage des failles	33
4.12 Zones suspectes de liquéfaction	33
4.2 RECONNAISSANCES ET ÉTUDES DE SOL	35
4.3 FONDATIONS	35
4.31 Homogénéité du système de fondations	35
4.32 Choix du système de fondations	35
4.33 Solidarisation des points d'appui	35
4.34 Liaisonnement avec la structure	35

4.4	STRUCTURES	37
4.41	Ductilité	37
4.42	Monolithisme	37
4.43	Positions des zones critiques	37
4.44	Espacement entre blocs ou ouvrages voisins	39
5.	DÉFINITION DU SÉISME DE CALCUL	41
5.1	MODÉLISATION DU MOUVEMENT DU SOL	41
5.2	DÉFINITION DE L'ACTION SISMIQUE	43
5.21	Classification des sols	43
5.22	Classification des sites	45
5.23	Spectres de dimensionnement normalisés	45
5.231	<i>Généralités</i>	45
5.232	<i>Composantes horizontales</i>	47
5.233	<i>Composante verticale</i>	47
5.234	<i>Correction d'amortissement</i>	47
5.24	Coefficient d'amplification topographique	49
5.3	DÉPLACEMENTS DU SOL	49
5.31	Déplacement absolu	49
5.32	Déplacement différentiel	49
6.	ACTIONS SISMIQUES D'ENSEMBLE	53
6.1	MODÉLISATION DU MOUVEMENT SISMIQUE ET NATURE DES ACTIONS À CONSIDÉRER	53
6.11	Orientation du mouvement sismique	53
6.12	Nature des actions sismiques	55
6.13	Coefficient sismique	55
6.2	MODÉLISATION DES STRUCTURES	55
6.21	Masses à prendre en compte dans les calculs	55
6.22	Discretisation des masses	57
6.23	Liaisons	57
6.231	<i>Nature</i>	57
6.232	<i>Rigidités</i>	57
6.233	<i>Liaisons avec le sol et hauteur de dimensionnement</i>	59
6.234	<i>Amortissement</i>	61
6.24	Évaluation des périodes propres	63
6.3	PRISE EN COMPTE DES COMPORTEMENTS NON LINÉAIRES	65
6.31	Généralités	65
6.32	Calcul linéaire équivalent : Spectre de dimensionnement – coefficient de comportement	65
6.33	Coefficient de comportement	67
6.4	COMBINAISON DES EFFETS DES COMPOSANTES DU MOUVEMENT SISMIQUE	67

SOMMAIRE

6.5	NOTATIONS.....	69
6.6	MÉTHODES DE CALCUL.....	69
6.61	Méthodes simplifiées.....	71
6.611	<i>Conditions à remplir par la structure</i>	71
6.612	<i>Méthode simplifiée applicable aux bâtiments réguliers</i>	71
6.613	<i>Méthode simplifiée applicable aux bâtiments moyennement réguliers</i>	79
6.614	<i>Prise en compte des torsions d'axe vertical</i>	85
6.615	<i>Prise en compte des effets du second ordre</i>	87
6.616	<i>Prise en compte des effets de la composante verticale</i>	89
6.62	Méthode Générale – Analyse Modale Spectrale.....	89
6.621	<i>Domaine et modalités d'application</i>	89
6.622	<i>Sélection des modes</i>	89
6.623	<i>Combinaison des réponses modales à une direction sismique</i>	91
6.624	<i>Prise en compte des torsions d'axe vertical</i>	91
6.625	<i>Prise en compte des effets du second ordre</i>	93
6.626	<i>Prise en compte des effets de la composante verticale</i>	93
7.	ACTIONS LOCALES	95
7.1	ÉLÉMENTS PASSIBLES D'UN CALCUL FORFAITAIRE.....	95
7.2	STRUCTURES SECONDAIRES ET SOUS SYSTÈMES.....	97
8.	RÈGLES DE VÉRIFICATION	99
8.1	COMBINAISON D'ACTIONS.....	99
8.2	SÉCURITÉ VIS-À-VIS DES ÉTATS ULTIMES.....	101
8.3	SÉCURITÉ VIS-À-VIS DES DÉFORMATIONS.....	103
8.31	Limites de déformations.....	103
8.32	Espacements entre blocs et ouvrages voisins.....	103
9.	FONDACTIONS	105
9.1	LIQUÉFACTION DES SOLS.....	105
9.11	Définition.....	105
9.12	Indication des sols liquéfiables.....	105
9.13	Données sismiques.....	107
9.14	Méthodes d'essais.....	107
9.141	<i>Essais de laboratoire</i>	107
9.142	<i>Essais in situ</i>	109
9.15	Critère de liquéfaction.....	109
9.16	Traitement des sols ou de la construction.....	109

9.2	STABILITÉ DES PENTES.....	111
9.21	Principes généraux.....	111
9.22	Coefficients sismiques.....	111
9.23	Caractéristiques mécaniques des sols.....	113
9.24	Vérification de stabilité.....	113
9.3	DISPOSITIONS TECHNIQUES CONCERNANT LES OUVRAGES DE FONDATION.....	113
9.31	Liaisons.....	113
9.311	<i>Solidarisation des points d'appui</i>	113
9.32	Fondations profondes.....	115
9.321	<i>Dispositions générales</i>	115
9.322	<i>Pieux en béton moulé dans le sol et pieux exécutés à la tarière creuse</i>	115
9.323	<i>Barrettes en béton moulé dans le sol</i>	117
9.324	<i>Puits</i>	119
9.325	<i>Pieux de fondation préfabriqués en béton armé</i>	119
9.326	<i>Pieux battus métalliques tubulaires, pieux H, caissons de palplanches ou palplanches</i>	121
9.327	<i>Micropieux et pieux injectés sous pression</i>	121
9.4	CALCUL DES FONDATIONS PROFONDES.....	121
9.41	Principes Généraux.....	121
9.42	Méthodes de calcul.....	123
9.421	<i>Méthode Générale</i>	123
9.422	<i>Méthode simplifiée pour le calcul des constructions sur fondations profondes</i>	123
9.5	VÉRIFICATION DE LA FORCE PORTANTE.....	127
9.51	Fondations superficielles.....	127
9.511	<i>Sollicitations</i>	127
9.512	<i>État limite de glissement sous la base de la fondation</i>	127
9.52	Fondations sur pieux-puits et sur barrettes.....	127
9.53	Fondations sur pieux flottants.....	129
9.6	FONDATIONS SUR SOLS SUBSTITUÉS COMPACTÉS.....	129
9.61	Domaine d'application.....	129
9.62	Dispositions générales.....	129
9.63	Principes généraux de justification.....	131
9.7	PRISE EN COMPTE DE L'INTERACTION SOL-STRUCTURE.....	131
10.	PAROIS D'INFRASTRUCTURE ET OUVRAGES DE SOUTÈNEMENT	133
10.1	RÈGLES GÉNÉRALES.....	133
10.11	Méthodes de calcul.....	133
10.12	Accélération nominales.....	133
10.13	Coefficients sismiques.....	133

SOMMAIRE

10.2	MÉTHODE DE CALCUL SIMPLIFIÉE.....	135
	10.21 Forces prenant naissance dans l'ouvrage.....	135
	10.22 Poussée active due au terrain.....	135
	10.23 Réaction passive due au terrain.....	137
	10.24 Poussée due à une surcharge uniforme.....	137
	10.25 Cas des sols saturés.....	137
10.3	VÉRIFICATIONS DE STABILITÉ.....	139
	10.31 Combinaisons d'actions élémentaires.....	139
	10.32 Vérifications aux états limites de Stabilité.....	139
10.4	VÉRIFICATIONS DE RÉSISTANCE.....	139
10.5	MURS DE SOUTÈNEMENT ISOLÉS.....	139
11.	BÉTON ARMÉ ET BÉTON PRÉCONTRAIT.....	141
11.1	GÉNÉRALITÉS.....	141
	11.11 Éléments Principaux – Éléments secondaires.....	141
	11.12 Définitions et Conventions – Notations.....	141
	11.121 <i>Zones critiques</i>	141
	11.122 <i>Confinement</i>	141
	11.123 <i>Effort Normal réduit</i>	143
	11.124 <i>Pièces comprimées – Pièces fléchies</i>	143
11.2	SPÉCIFICATIONS CONCERNANT LES MATÉRIAUX.....	145
	11.21 Béton.....	145
	11.22 Aciers.....	145
11.3	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES DES ÉLÉMENTS PRINCIPAUX DES OSSATURES.....	145
	11.31 Armatures longitudinales.....	145
	11.32 Armatures transversales.....	147
	11.33 Dispositions Communes aux poutres et poteaux.....	149
	11.331 <i>Dimensions minimales des sections</i>	149
	11.332 <i>Positions et dimensions relatives des éléments</i>	149
	11.34 Dispositions propres aux éléments fléchis.....	149
	11.341 <i>Zones critiques</i>	149
	11.342 <i>Armatures longitudinales</i>	151
	11.343 <i>Armatures d'effort tranchant</i>	151
	11.35 Dispositions propres aux éléments comprimés (Poteaux).....	151
	11.351 <i>Zones critiques</i>	151
	11.352 <i>Armatures longitudinales</i>	153
	11.353 <i>Armatures transversales</i>	153
	11.36 Pièces courtes.....	153
	11.37 Nœuds.....	155
	11.371 <i>Définition</i>	155
	11.372 <i>Armatures transversales</i>	155

11.4	DISPOSITIONS PROPRES AUX MURS ET VOILES DE CONTREVENTEMENT.....	157
11.41	Dimensions minimales.....	157
11.42	Zones critiques.....	157
11.43	Dispositions constructives minimales.....	157
11.431	<i>Zone courante</i>	157
11.432	<i>Zone critique</i>	157
11.433	<i>Zone de changement de section</i>	157
11.5	DISPOSITIONS PROPRES AUX DALLES ET DIAPHRAGMES.....	159
11.6	DISPOSITIONS PROPRES AUX ÉLÉMENTS PRÉCONTRAINTS.....	159
11.61	Zones d'ancrage.....	159
11.62	Nœuds.....	159
11.63	Coefficient de comportement.....	159
11.7	COEFFICIENT DE COMPORTEMENT.....	159
11.8	VÉRIFICATION DE SÉCURITÉ (DES ÉLÉMENTS PRINCIPAUX).....	161
11.81	Vérification des éléments linéaires (poutres, poteaux).....	161
11.811	<i>Diagrammes déformations – contraintes</i>	161
11.812	<i>Coefficients de sécurité partiels</i>	161
11.813	<i>Dimensionnement au nœud vis-à-vis des moments fléchissants</i>	163
11.814	<i>Ferraillage minimal dans les poutres</i>	163
11.815	<i>Efforts tranchants</i>	163
11.82	Vérification des murs et voiles de contreventement.....	163
11.821	<i>Cas des trumeaux</i>	163
11.8211	Vérification des contraintes normales.....	163
11.8212	Ferraillage longitudinal et pourcentages minimaux.....	165
11.8213	Vérification à l'effort tranchant.....	165
11.8214	Ferraillage transversal minimal.....	169
11.822	<i>Linteaux</i>	169
11.823	<i>Vérification de compatibilité de déformation</i>	169
11.9	DISPOSITIONS PROPRES AUX ÉLÉMENTS SECONDAIRES.....	173
a)	<i>Poutres, poutrelles, dalles</i>	173
b)	<i>Poteaux</i>	173
c)	<i>Murs secondaires</i>	173
12.	STRUCTURES EN MAÇONNERIE.....	175
12.1	GÉNÉRALITÉS.....	175
12.11	Domaine d'application.....	175
12.12	Systèmes constructifs.....	175
12.2	ÉLÉMENTS STRUCTURAUX.....	177
12.21	Spécifications concernant les matériaux.....	177
12.211	<i>Pierre</i>	177
12.212	<i>Briques, blocs de terre cuite et de béton</i>	177
12.213	<i>Aciers</i>	177

SOMMAIRE

12.22	Dispositions constructives.....	177
12.221	<i>Généralités – Mise en œuvre</i>	177
12.222	<i>Maçonneries chaînées</i>	179
12.223	<i>Maçonneries armées</i>	185
12.224	<i>Maçonneries de remplissage dans des ossatures en béton armé ou précontraint</i>	187
12.23	Calculs et vérifications des éléments structuraux principaux	189
12.231	<i>Règles générales</i>	189
12.232	<i>Maçonneries chaînées</i>	191
12.233	<i>Maçonneries armées</i>	191
12.234	<i>Maçonneries de remplissage dans des ossatures en béton armé ou précontraint</i>	191
12.3	ÉLÉMENTS NON STRUCTURAUX	197
12.31	Définitions	197
12.32	Exigences de comportement	197
12.33	Dispositions constructives	197
12.331	<i>Cloisons de distribution intérieure d'épaisseur inférieure ou égale à 10 cm</i>	197
12.332	<i>Cloisons de distribution intérieure d'épaisseur supérieure à 10 cm et éléments de mur non structuraux</i>	199
12.333	<i>Baies et ouvertures</i>	199
12.4	ÉLÉMENTS DIVERS	199
12.41	Généralités	199
12.42	Murs ou éléments de murs isolés	199
12.421	<i>Petits éléments de murs en console verticale</i>	199
12.422	<i>Murs de clôture et murs d'enceinte</i>	201
12.43	Murs de soutènement	201
12.44	Plafonds suspendus – Plafonds fixés	201
12.45	Escaliers	203
13.	CONSTRUCTION MÉTALLIQUE	205
13.1	SYMBOLES UTILISÉS	205
13.2	PRINCIPES GÉNÉRAUX	207
13.21	Structures métalliques à comportement non dissipatif	207
13.22	Structures métalliques à comportement dissipatif	207
13.3	TYPES DE STRUCTURES MÉTALLIQUES	209
13.31	Structures parasismiques à comportement non dissipatif	209
13.32	Structures parasismiques à comportement dissipatif	211
13.321	<i>Les structures à « cadres »</i>	211
13.322	<i>Les structures « contreventées »</i>	211
13.3221	<i>Contreventement « centré »</i>	211
13.3222	<i>Contreventement « excentré »</i>	213
13.323	<i>Les structures à « cadres » et « contreventées »</i>	215
13.324	<i>Les structures avec diaphragmes</i>	215

13.325	<i>Les structures fonctionnant en console verticale</i>	215
13.326	<i>Les structures couplées en acier et béton armé</i>	217
13.327	<i>Les structures mixtes acier-béton armé</i>	217
13.4	COEFFICIENT DE COMPORTEMENT DES STRUCTURES DISSIPATIVES	217
13.5	EXIGENCES RELATIVES À LA CLASSE DES SECTIONS	219
13.6	ASSEMBLAGES SITUÉS AU VOISINAGE DES ZONES DISSIPATIVES	221
13.7	VÉRIFICATION DES BARRES DANS LES ZONES DISSIPATIVES	223
13.71	Poteaux	223
13.711	<i>Vérification des poteaux en compression et flexion</i>	223
13.712	<i>Vérification à l'effort tranchant des poteaux à comportement dissipatif</i>	225
13.72	Poutres	225
13.73	Barres de contreventement	227
13.731	<i>Barres de contreventement des croix de Saint André</i>	227
13.732	<i>Barres de contreventement des systèmes en V</i>	227
14.	CONSTRUCTIONS EN BOIS	229
14.1	PRINCIPES GÉNÉRAUX	229
14.11	Domaine d'application.....	229
14.12	Déformabilité des assemblages.....	229
14.13	Rigidité des structures.....	231
14.14	Amortissement.....	231
14.15	Dissipation de l'énergie.....	233
14.2	ASSEMBLAGES	235
14.21	Typologie des assemblages.....	235
14.22	Limite d'élasticité.....	235
14.23	Effets d'échelle.....	237
14.24	Ductilité statique.....	237
14.25	Classes de ductilité statique.....	237
14.26	Caractérisation des assemblages.....	237
14.3	RÈGLES PARTICULIÈRES AUX STRUCTURES EN BOIS	237
14.31	Dispositions constructives.....	237
14.32	Régularité.....	239
14.33	Périodes de vibration.....	239
14.4	COEFFICIENTS DE COMPORTEMENT	239
14.41	Structures dont les assemblages sont caractérisés par référence aux règles CB 71.....	241
14.42	Structures dont les assemblages sont caractérisés par référence aux règles CB 71 et par leur classe de ductilité.....	241
14.43	Structures hybrides.....	243

SOMMAIRE

14.5	VÉRIFICATIONS.....	243
14.51	Combinaisons d'actions.....	243
14.52	Contraintes.....	243
14.53	Déformations maximales.....	243
15.	FAÇADES LÉGÈRES	245
15.1	GÉNÉRALITÉS	245
15.11	Objet.....	245
15.12	Domaine d'application.....	245
15.13	Niveaux de protection.....	245
15.14	Comportement à assurer.....	245
15.15	Terminologie.....	247
15.151	<i>Façade panneau</i>	247
15.152	<i>Façade rideau</i>	247
15.153	<i>Façade semi-rideau</i>	247
15.154	<i>Verrière</i>	247
15.2	ACTIONS	247
15.21	Généralités.....	247
15.22	Définitions des efforts.....	249
15.221	<i>Éléments de façades non structurels</i>	249
15.222	<i>Éléments de façades structurels</i>	249
15.23	Déformations imposées.....	251
15.24	Combinaisons d'actions.....	251
15.3	RÈGLES DE VÉRIFICATIONS	251
15.4	MÉTHODES DE CALCUL	251
15.41	Méthodes simplifiées.....	251
15.411	<i>Calcul forfaitaire</i>	251
15.412	<i>Calcul unimodal</i>	253
15.42	Méthode générale.....	253
15.5	DISPOSITIONS CONSTRUCTIVES	253
15.51	Généralités.....	253
15.52	Critères de performances.....	253
15.521	<i>Objectif (EO)</i>	253
15.522	<i>Objectif sécurité (E1)</i>	253
15.523	<i>Objectif intégrité (E2)</i>	253
15.53	Dispositions particulières aux vitrages.....	255
15.54	Verrières.....	257
16.	COMPLÉMENTS RELATIFS AUX COMPOSANTS PRÉFABRIQUÉS EN BÉTON ET AUX STRUCTURES UTILISANT CES COMPOSANTS	259
16.1	DOMAINE D'APPLICATION	259
16.2	TERMINOLOGIE	259
16.21	Composants.....	259

16.22 Structures.....	259
16.23 Chaînages.....	261
16.24 Systèmes de triangulation.....	261
16.3 COEFFICIENT DE COMPORTEMENT.....	263
16.4 DISPOSITIONS RELATIVES AUX COMPOSANTS LINÉAIRES PRINCIPAUX.....	263
16.41 Dimensions minimales.....	263
16.42 Matériaux.....	265
16.43 Dispositions propres aux éléments fléchis principaux (poutres).....	265
16.431 <i>Éléments fléchis en béton armé</i>	265
16.432 <i>Éléments fléchis en béton précontraint par prétension</i>	265
16.44. Dispositions propres aux éléments comprimés (poteaux...).....	267
16.45. Assemblages entre éléments linéaires.....	267
16.451 <i>Principes généraux</i>	267
16.452 <i>Principaux types d'assemblage</i>	269
16.5 DISPOSITIONS RELATIVES AUX PLANCHERS.....	271
16.51 Généralités.....	271
16.52 Cas des planchers réalisés à partir de dalles alvéolées.....	271
16.53 Cas des planchers à poutrelles et entrevous.....	271
16.531 <i>Planchers à poutrelles et entrevous comportant une dalle de compression coulée en œuvre</i>	273
16.532 <i>Planchers ne comportant pas de dalle de compression coulée en œuvre</i>	273
16.54 Cas des planchers à prédalles et béton coulé en œuvre.....	273
16.6 DISPOSITIONS RELATIVES AUX TOITURES DES BÂTIMENTS INDUSTRIELS.....	273
16.7 DISPOSITIONS RELATIVES AUX ÉLÉMENTS DE FONDATIONS.....	275
16.71 Cas des longrines.....	275
16.72 Cas des plots à encivement.....	275

ANNEXE

ANNEXE 1 (normative) DÉFINITION DES SPECTRES ÉLASTIQUES NORMALISÉS.....	277
ANNEXE 2 (informativ) CLASSE DE RISQUE DES OUVRAGES.....	281
ANNEXE 3 (informativ) TEXTES RÉGLEMENTAIRES ET RÉFÉRENCES NORMATIVES.....	283