

LES EUROCODES

CONCEPTION DES BÂTIMENTS ET DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL



Normes européennes

Conceptions et calculs

Actions climatiques

Actions accidentelles

Béton, acier, bois

Aluminium

Maçonnerie

Géotechnique

Charges d'exploitation

Conception parasismique

Sous la direction de
Jean Moreau de Saint-Martin
Jean-Armand Calgaro

Préface du
Dr.-Ing. Reinhard Klein

EDITIONS

LE MONITEUR

TABLE DES MATIÈRES

Préface	7
Directeurs scientifiques	9
Auteurs	11
Sommaire	15
Avant-propos	17
Avertissement.....	19
Liste des sigles et abréviations	21
1 Rôle de la normalisation dans l'harmonisation européenne	23
1.1 Nouvelle approche et directive produits de construction	23
1.1.1 Principes de la nouvelle approche	23
1.1.2 Mécanismes et outils de la nouvelle approche	23
1.1.3 Directive produits de construction	24
1.2 Directives marchés publics	24
1.2.1 Historique	24
1.2.2 Rôle de la normalisation	25
1.2.3 Problème des règles de calcul	25
1.3 Eurocodes : objectifs et principales étapes d'élaboration	25
1.3.1 Objectifs des eurocodes	25
1.3.2 Programme des eurocodes	26
1.3.3 Première étape de la normalisation : les normes provisoires (ENV).....	26
1.3.4 Conversion des eurocodes provisoires (ENV) en normes européennes (EN)	27
1.3.5 Particularités des eurocodes comme normes européennes	27
1.3.6 Calendrier	28
1.4 Organisation de la production des normes	30
1.4.1 Organismes.....	30
1.4.2 Étapes et procédures.....	30
1.4.3 Articulation niveau national-niveau européen	30
2 Intégration des eurocodes dans le système français	31
2.1 Statut des règles utilisées en France	31
2.2 Domaine réglementé	31
2.2.1 Stabilité des bâtiments et réglementation parasismique	31
2.2.2 Réglementation générale de sécurité et protection contre l'incendie	31
2.3 Domaine normatif	32

2.3.1	Normes existantes	32
2.3.2	Intégration des eurocodes	32
2.3.3	Période transitoire.....	32
2.4	Documents contractualisables et guides	33
2.4.1	Documents existants	33
2.4.2	Documents et aides à développer	33
3	Le projet de construction selon les eurocodes	35
3.2	Principes de conception et de calcul des constructions	36
3.2.1	Style des eurocodes	36
3.2.2	Fiabilité structurale	36
3.2.3	Exigences pour les constructions.....	36
3.2.4	Gestion de la fiabilité	37
3.2.5	Durée d'utilisation de projet.....	37
3.2.6	Durabilité.....	38
3.2.7	Gestion de la qualité	38
3.3	Projet de bâtiment avec les eurocodes	39
3.4	Cas particulier du comportement au feu des bâtiments	39
3.5	Projet de pont avec les eurocodes	41
3.6	Conclusion.....	42
4	Bases de calcul des structures selon l'Eurocode 0 (EN 1990).....	45
4.1	Introduction	45
4.2	Approche probabiliste de la sécurité des constructions	46
4.3	Méthode semi-probabiliste de vérification des constructions	47
4.4	États limites et situations de projet	48
4.4.1	Généralités	48
4.4.2	États limites ultimes.....	48
4.4.3	États limites de service.....	49
4.4.4	Situations de projet.....	50
4.5	Actions et influences de l'environnement	50
4.5.1	Définition et classification des actions.....	50
4.5.2	Représentation des actions permanentes (G).....	51
4.5.3	Représentations des actions variables (Q)	52
4.5.4	Représentation des actions accidentelles (A)	54
4.5.5	Combinaisons d'actions variables	54
4.6	Propriétés des matériaux et des produits	56
4.7	Données géométriques	57

4.8	Format de vérification des constructions	57
4.8.1	Principe du calcul aux états limites	57
4.8.2	Traitement des actions, des propriétés mécaniques et des données géométriques	57
4.9	États limites ultimes (ELU)	60
4.9.1	Format général de vérification vis-à-vis de la perte d'équilibre statique et de la défaillance structurale	60
4.9.2	Combinaisons d'actions (vérifications de fatigue exclues)	60
4.10	États limites de service (ELS)	61
4.11	Application au calcul des bâtiments	62
4.11.1	Valeurs des coefficients ψ	62
4.11.2	Coefficients partiels applicables aux actions	63
4.12	Aspects numériques de la méthode aux coefficients partiels	65
4.12.1	Notion d'indice de fiabilité	65
4.12.2	Interprétation des valeurs numériques des principaux coefficients partiels	67
4.12.3	Différenciation de la fiabilité	70
5	Actions sur les structures selon l'Eurocode 1 (EN 1991)	73
5.1	Poids volumiques, poids propres et charges d'exploitation des bâtiments	73
5.1.1	Généralités	73
5.1.2	Charges d'exploitation conventionnelles : un texte simple	73
5.1.3	Quelques modèles de charges innovants	74
5.1.4	Charges dynamiques et cas non traités	74
5.1.5	Valeurs numériques retenues et calibrage	75
5.1.6	Valeurs numériques des densités	75
5.1.7	Conclusion	76
5.2	Actions en cas d'incendie	76
5.2.1	Introduction	76
5.2.2	Actions mécaniques	77
5.2.3	Actions thermiques	77
5.3	Charges de neige	79
5.3.1	Introduction	79
5.3.2	Les diverses charges de neige	80
5.3.3	Charges de neige sur les toitures	81
5.4	Actions du vent	82
5.4.1	Contenu et domaine d'application	82
5.4.2	Actions du vent turbulent	84
5.4.3	Effets des tourbillons alternés	88
5.4.4	Instabilités aéroélastiques	88
5.5	Actions thermiques	88

5.5.1	Introduction	88
5.5.2	Actions thermiques pour les bâtiments	89
5.5.3	Actions thermiques pour les ponts	90
5.5.4	Variations de température dans les cheminées industrielles, canalisations, silos, réservoirs et tours de refroidissement	92
5.6	Actions en cours d'exécution	93
5.6.1	Introduction	93
5.6.2	Valeur caractéristique des actions climatiques pour les situations de projet en cours d'exécution	93
5.6.3	Actions dues à l'eau	95
5.6.4	Charges de construction	96
5.6.5	Traitement de certaines actions particulières	96
5.7	Actions accidentelles	98
5.7.1	Introduction	98
5.7.2	Situations de projet	98
5.7.3	Résistance aux chocs	99
5.7.4	Explosions intérieures	104
5.8	Actions sur les ponts dues au trafic	104
5.8.1	Introduction	104
5.8.2	Charges d'exploitation sur les ponts routiers	104
5.8.3	Actions dues aux piétons	111
5.8.4	Charges sur les ponts ferroviaires dues au trafic	115
5.9	Actions exercées par les ponts roulants et autres machines	125
5.9.1	Actions exercées par les ponts roulants et les palans suspendus	125
5.9.2	Actions exercées par les machines tournantes	128
5.10	Actions exercées par le produit stocké sur les parois des silos et des réservoirs	128
5.10.1	Introduction	128
5.10.2	Actions exercées par le liquide contenu sur les parois d'un réservoir	129
5.10.3	Actions exercées par le matériau stocké sur les parois d'un silo	130
6	Conception et calcul des structures en béton selon l'Eurocode 2 (EN 1992)	135
6.1	Généralités	135
6.2	Règles générales et règles pour les bâtiments (EN 1992-1-1)	136
6.2.1	Contenu et numérotation des sections de la partie 1.1	136
6.2.2	Généralités – Bases de calcul	136
6.2.3	Matériaux – Durabilité et enrobage des armatures	137
6.2.4	Analyse structurale	138
6.3	États limites ultimes	141

6.3.1	États limites ultimes de résistance : flexion simple et flexion composée.....	141
6.3.2	États limites ultimes de résistance : effort de torsion.....	142
6.3.3	État limite ultime de résistance au poinçonnement.....	144
6.3.4	Vérification vis-à-vis de la rupture fragile.....	145
6.3.5	Vérification vis-à-vis de la fatigue.....	145
6.4	États limites de service	145
6.4.1	Limitation des contraintes en service.....	146
6.4.2	Maîtrise de la fissuration.....	146
6.4.3	Limitation des déformations.....	146
6.5	Dispositions constructives relatives aux armatures	147
6.6	Dispositions constructives relatives aux éléments de structure	147
6.6.1	Poteaux.....	147
6.6.2	Poutres.....	147
6.6.3	Dalles.....	148
6.6.4	Divers.....	148
6.7	Règles additionnelles pour les éléments et les structures préfabriqués en béton	148
6.8	Structures en béton non armé ou faiblement armé	148
6.9	Annexes de la partie 1-1 de l'Eurocode 2	148
6.10	Conclusions	149
7	Conception et calcul des structures en acier selon l'Eurocode 3 (EN 1993)	151
7.1	Organisation de l'Eurocode 3	151
7.2	Corpus des règles de construction métallique actuelles au regard de l'Eurocode 3	151
7.3	Principales particularités des règles générales de calcul et de conception de l'Eurocode 3	152
7.3.1	Généralités sur le champ d'application de la partie 1-1 de l'Eurocode 3 et les bases de calcul.....	152
7.3.2	Résistance à la fatigue.....	152
7.3.3	Choix du matériau acier pour la construction métallique.....	153
7.3.4	Analyse des structures.....	155
7.4	Effets du second ordre	155
7.4.1	Notions d'effets du second ordre.....	155
7.4.2	Critère de prise en compte des effets du second ordre géométrique.....	158
7.5	Imperfections	158
7.5.1	Imperfection globale.....	159
7.5.2	Imperfection locale.....	159
7.6	Modélisation des assemblages	160

7.7	Résistance des structures et des éléments de structure	162
7.7.1	Résistance des sections et leur classification.....	162
7.7.2	Vérification de l'instabilité des barres et des plaques.....	163
7.8	Résistance des assemblages	167
7.9	Conclusion	170
8	Conception et calcul des structures mixtes acier-béton selon l'Eurocode 4 (EN 1994)	173
8.1	Présentation générale de l'Eurocode 4	173
8.1.1	Domaines couverts.....	173
8.1.2	Particularités de la construction mixte.....	173
8.1.3	Description de différents types d'éléments utilisés en construction mixte.....	173
8.2	Rappel sur les prescriptions actuelles utilisées en France pour le calcul des structures mixtes	179
8.3	Présentation générale des conditions et principes de dimensionnement des structures mixtes	179
8.3.1	Bases de calcul.....	179
8.3.2	Caractéristiques des matériaux.....	181
8.3.3	Durabilité.....	182
8.3.4	Analyse structurale.....	182
8.4	Vérifications des poutres mixtes aux états limites	183
8.4.1	Différents types de vérification aux ELU et aux ELS.....	183
8.4.2	Largeur participante de dalle.....	185
8.4.3	Classification des sections transversales mixtes.....	185
8.4.4	Calcul de la résistance des sections mixtes.....	187
8.4.5	Résistance au déversement des poutres mixtes continues.....	189
8.4.6	Résistance de l'âme aux efforts transversaux.....	189
8.4.7	Résistance de la connexion et armatures transversales.....	190
8.4.8	Analyse globale des poutres mixtes.....	192
8.5	Poteaux mixtes	194
8.5.1	Généralités.....	194
8.5.2	Méthodes de vérification.....	194
8.6	Assemblages mixtes	198
8.6.1	Généralités.....	198
8.6.2	Classification des assemblages.....	198
8.6.3	Méthode d'analyse.....	198
8.6.4	Considérations sur le dimensionnement d'un assemblage mixte.....	198
8.7	Dalles mixtes	199
8.7.1	Généralités.....	199
8.7.2	Caractérisation de la résistance caractéristique à l'interface.....	

	de la tôle d'acier et du béton	199
8.7.3	Méthodes d'analyse pour la détermination des sollicitations	201
9	Conception et calcul des structures en bois selon l'Eurocode 5 (EN 1995)	203
9.1	Généralités	203
9.2	État de l'art actuel en France	203
9.2.1	Caractérisation des bois de construction	203
9.2.2	Calcul de dimensionnement	205
9.3	Points principaux de l'approche semi-probabiliste	205
9.3.1	Gestion de la fiabilité et classification des structures	206
9.3.2	Contrôle des états limites par la méthode des coefficients partiels	206
9.3.3	États limites	206
9.4	Calcul des structures en bois selon l'Eurocode 5	210
9.5	Généralités - Règles communes et règles pour les bâtiments (EN 1995-1-1)	210
9.5.1	Domaine d'application	210
9.5.2	Quelques constats	214
9.6	Calcul au feu (EN 1995-1-2)	215
9.6.1	Domaine d'application	215
9.6.2	Quelques constats	215
9.7	Ponts en bois (EN 1995-2)	217
9.8	Conclusion	218
10	Conception et calcul des structures en maçonneries selon l'Eurocode 6 (EN 1996)	221
10.1	Préambule	221
10.1.1	Contexte français	221
10.1.2	Règles actuelles applicables aux maçonneries : les règles simplifiées du DTU 20.1	221
10.1.3	Observations d'ordre général sur le contenu de l'Eurocode 6	224
10.1.4	Organisation de l'Eurocode 6	226
10.2	Règles communes : partie 1-1 de l'Eurocode 6	227
10.2.1	Présentation générale	227
10.2.2	Les différentes sections	227
10.3	Calcul du comportement au feu : partie 1-2 de l'Eurocode 6	231
10.4	Conception, choix des matériaux et exécution des maçonneries : partie 2 de l'Eurocode 6	232
10.5	Méthodes de calcul simplifié : partie 3 de l'Eurocode 6	233
10.6	Conclusion	234

11	Calcul géotechnique selon l'Eurocode 7 (EN 1997)	237
11.1	Introduction	237
11.2	Bref historique	237
11.3	Contenu des documents	238
11.3.1	Règles générales	238
11.3.2	Reconnaissance des terrains et essais géotechniques (partie 2)	239
11.4	Quelques aspects de l'Eurocode 7	240
11.4.1	Formats de vérification et catégories géotechniques	240
11.4.2	Valeurs caractéristiques	241
11.4.3	Valeurs dérivées	241
11.4.4	Vérifications des états limites ultimes	242
11.4.5	Vérifications des états limites de service	246
11.4.6	Valeurs limites des déplacements des fondations	247
11.5	Autres travaux de normalisation internationale en géotechnique	248
11.6	Conclusion	250
12	Calcul des structures pour leur résistance aux séismes selon l'Eurocode 8 (EN 1998)	253
12.1	Contexte de la protection parasismique	253
12.1.1	Un peu d'histoire	253
12.1.2	Réglementation en matière de protection parasismique	253
12.2	Structure de l'Eurocode 8	254
12.2.1	Différentes parties de l'Eurocode 8	254
12.2.2	Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments : composition de la partie 1 de l'Eurocode 8	254
12.2.3	Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques : composition de la partie 5 de l'Eurocode 8	255
12.2.4	Évaluation et renforcement des bâtiments : composition de la partie 3 de l'Eurocode 8	256
12.3	Objectifs de la protection parasismique	256
12.3.1	Objectifs généraux	256
12.3.2	Prescriptions de comportement	256
12.3.3	États limites	257
12.4	Définition de l'action sismique	258
12.4.1	Classification des sols de fondation	258
12.4.2	Représentations de l'action sismique	258
12.4.3	Spectres proposés pour les composantes horizontales	259
12.4.4	Spectres proposés pour la composante verticale	260
12.4.5	Déplacement absolu	260

12.4.6	Variation spatiale.....	260
12.4.7	Combinaison de l'action sismique avec d'autres actions.....	261
12.5	Conception générale selon l'Eurocode 8	261
12.5.1	Principes de conception.....	261
12.5.2	Comportement dissipatif des structures.....	261
12.5.3	Utilisation d'un coefficient de comportement.....	262
12.5.4	Classes de ductilité.....	263
12.5.5	Dimensionnement en capacité.....	263
12.6	Dimensionnement des bâtiments	265
12.6.1	Prise en compte de l'importance du bâtiment.....	265
12.6.2	Principes de conception.....	265
12.6.3	Conditions de régularité.....	265
12.6.4	Calcul des effets de l'action sismique.....	266
12.6.5	Fondations.....	268
12.6.6	Vérification des bâtiments en conception.....	268
12.6.7	Vérification des bâtiments existants.....	269
12.7	Règles propres aux différents matériaux	269
12.7.1	Structures en béton armé.....	269
12.7.2	Structures métalliques.....	271
12.7.3	Structures mixtes acier-béton.....	272
12.7.4	Structures en bois.....	273
12.7.5	Structures en maçonnerie.....	273
12.8	Isolation parasismique	274
12.8.1	Principes de l'isolation parasismique.....	274
12.8.2	Méthodes de calcul.....	274
12.8.3	Appel de ductilité dans la superstructure et dimensionnement.....	275
13	Conception des structures en alliage d'aluminium selon l'Eurocode 9 (EN 1999)	277
13.1	Introduction	277
13.2	Étendue des applications structurales	278
13.3	Alliages d'aluminium pour usage structural	281
13.4	Comparaison de l'aluminium et de l'acier	282
13.5	Recherche et codification internationales	284
13.6	Traits principaux de l'Eurocode 9	285
13.7	Caractérisation de la « barre industrielle »	287
13.8	Classification des sections	288
13.9	Résistance des sections	290
13.9.1	Évaluation de la charge axiale ultime.....	290

13.9.2	Évaluation du moment fléchissant ultime	290
13.10	Traitement des sections élancées	290
13.11	Évaluation des actions internes	293
13.12	Évaluation de la demande de ductilité	295
13.13	Conception des assemblages	297
	Annexes	305
	Index	341

LES EUROCODES

CONCEPTION DES BÂTIMENTS ET DES OUVRAGES DE GÉNIE CIVIL

Les eurocodes sont des normes européennes qui bouleversent les méthodes de calculs dans le domaine de la conception et du dimensionnement des ouvrages et dans celui de la vérification de leur résistance mécanique. Ils ont pour objet d'harmoniser, au sein de l'Union européenne, les règles de calcul des bâtiments et des ouvrages de génie civil, créant ainsi un « marché unique » de la construction.

Appelés à remplacer l'ensemble des règles nationales (telles que les règles NV, BAEL, BPEL, CM, CB, PS, etc.), les eurocodes seront d'application obligatoire très prochainement pour les premiers d'entre eux.

Il s'agit là d'une véritable révolution des habitudes des concepteurs qui doivent, dès à présent, s'accoutumer aux nouveaux modes de calculs imposés par les eurocodes.

Dans cette perspective, ce livre a pour ambition d'aider les professionnels concernés à s'initier à cette approche nouvelle. Il explique, dans une présentation synthétique et à l'aide de nombreux exemples :

- l'intégration des eurocodes dans le système français ;
- les bases du calcul des structures et les actions sur les ouvrages (eurocode 1) ;
- la conception et le calcul des structures en béton armé et précontraint (eurocode 2), en acier (eurocode 3), mixtes acier-béton (eurocode 4), en bois (eurocode 5), en maçonneries (eurocode 6), en aluminium (eurocode 9) ;
- les calculs géotechniques (eurocode 7) ;
- les calculs des structures pour leur résistance aux séismes (eurocode 8).

De plus, les analogies et les différences entre les eurocodes et les normes françaises sont mises en évidence afin de faciliter le passage à ces nouvelles normes.

Cet ouvrage s'adresse aux ingénieurs de bureaux d'études ou d'entreprises ainsi qu'aux formateurs, concepteurs d'ouvrages, maîtres d'œuvre et conducteurs d'opération.

Jean Moreau de Saint-Martin est polytechnicien et ingénieur des Ponts et Chaussées. Après avoir travaillé dans le domaine des aménagements hydrauliques, il a participé, durant plus de quinze ans, au sein du Conseil général des Ponts et Chaussées, à l'harmonisation européenne des règles techniques de la construction, et notamment les eurocodes.

Jean-Armand Calgaro est polytechnicien et ingénieur des Ponts et Chaussées. Il est expert en conception et construction de ponts et, plus généralement, pour les questions techniques relatives aux ouvrages de génie civil. Professeur à l'ENPC et au CHEC, il est également membre du Comité technique 250 (eurocodes) du Comité européen de normalisation (CEN) et de la commission française de coordination des eurocodes.

360058
EUROCODES CAMPUS
ISBN: 2-281-11320-5



9 782281 113204

45,00 €

www.editionsdumoniteur.com
www.legirama.com