



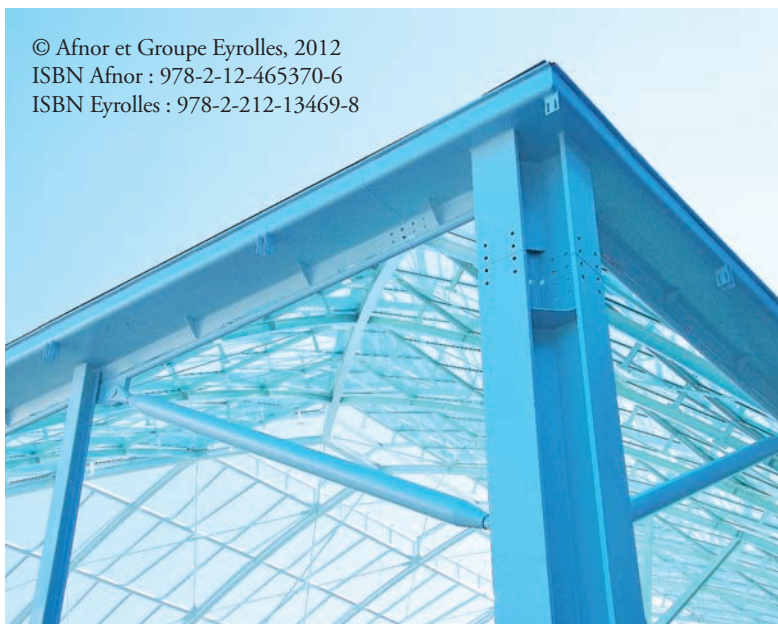
APK
ASSOCIATION
POUR LA PROMOTION
DE L'ENSEIGNEMENT
DE LA CONSTRUCTION
ACIER

sous la direction de Jean-Pierre Muzeau

Manuel de construction métallique

Extraits des Eurocodes
à l'usage des étudiants

© Afnor et Groupe Eyrolles, 2012
ISBN Afnor : 978-2-12-465370-6
ISBN Eyrolles : 978-2-212-13469-8



afnor
ÉDITIONS

EYROLLES

Table des matières

Avant-propos	11
Avertissement	13
Documents de référence	15
Introduction.....	17
1. Objet des normes Eurocodes	17
2. Historique et avenir des normes Eurocodes	17
3. Principes de calcul et vérifications	18
Les états limites.....	19
Liste des symboles	21
Symboles utilisés dans l'introduction et la partie A.....	21
Eurocode 0	21
Eurocode 1	22
<i>Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments</i> <i>(EN 1991-1-1)</i>	22
<i>Actions de la neige (EN 1991-1-3)</i>	22
<i>Actions du vent (EN 1991-1-4)</i>	23
Symboles utilisés dans la partie B	25
Symboles utilisés dans la partie C	30

PARTIE A

EUROCODE 0 – Bases de calcul **EUROCODE 1 – Actions sur les structures**

CHAPITRE 1. Bases de calcul des structures	35
1. Généralités.....	35
2. Exigences	35

3.	Principes du calcul aux états limites.....	36
3.1	Les états limites ultimes ELU.....	36
3.2	Les états limites de service ELS.....	36
4.	Variables de base.....	37
4.1	Actions sur les structures.....	37
4.1.1	Valeur caractéristique d'une action.....	37
4.1.2	Valeurs représentatives des actions variables.....	37
4.1.3	Valeurs de calcul des actions.....	37
4.2	Propriétés des matériaux.....	37
4.3	Données géométriques.....	38
5.	Analyse structurale et dimensionnement assistés par l'expérimentation.....	38
6.	Vérification par la méthode des coefficients partiels.....	39
6.1	Vérifications et combinaisons d'actions ELU.....	39
6.2	Vérifications et combinaisons d'actions ELS.....	40
Annexe 1.	Application pour les bâtiments.....	41
A1.3	– Combinaisons d'actions ELU.....	41
A1.4	– Combinaisons d'actions ELS.....	42
Annexe 2.	Tableau pratique.....	44
CHAPITRE 2.	Actions générales.....	47
1.	Généralités.....	47
1.1	Domaine d'application.....	47
1.2	Références normatives.....	47
1.3	Distinction entre principes et règles d'application.....	47
1.4	Termes et définitions.....	47
1.4.1	Poids volumique apparent.....	48
1.4.2	Angle de talus naturel.....	48
1.4.3	Poids total autorisé en charge (PTAC).....	48
1.4.4	Éléments structuraux.....	48
1.4.5	Éléments non structuraux.....	48
1.4.6	Cloisons.....	48
1.4.7	Cloisons mobiles.....	48
1.5	Symboles.....	48
2.	Classification des actions.....	48
2.1	Poids propre.....	48
2.2	Charges d'exploitation.....	49

3.	Situations de projet	49
3.1	Généralités	49
3.2	Charges permanentes	49
3.3	Charges d'exploitation	49
3.3.1	<i>Généralités</i>	49
3.3.2	<i>Dispositions complémentaires pour les bâtiments</i>	50
4.	Poids volumiques des matériaux de construction et des produits stockés	50
4.1	Généralités	50
5.	Poids propre des constructions	50
5.1	Représentation des actions	50
5.2	Valeurs caractéristiques du poids propre	51
5.2.1	<i>Généralités</i>	51
5.2.2	<i>Dispositions complémentaires pour les bâtiments</i>	51
6.	Charges d'exploitation dans les bâtiments	51
6.1	Représentation des actions	51
6.2	Dispositions des charges	52
6.2.1	<i>Planchers, poutres et toitures</i>	52
6.2.2	<i>Poteaux et murs</i>	52
6.3	Valeurs caractéristiques des charges d'exploitation	52
6.3.1	<i>Bâtiments résidentiels, sociaux, commerciaux ou administratifs</i>	52
6.3.2	<i>Aires de stockage et locaux industriels</i>	55
6.3.3	<i>Garages et aires de circulation accessibles aux véhicules</i>	55
6.3.4	<i>Toitures</i>	55
6.4	Charges horizontales sur les garde-corps et les murs de séparation	56
Annexe A.	Tableaux des valeurs nominales des poids volumiques des matériaux de construction et des valeurs nominales des poids volumiques et des angles de talus naturel des matériaux stockés	57
CHAPITRE 3.	Actions de la neige sur les structures	61
1.	Généralités	61
1.1	Domaine d'application	61
1.6	Termes et définitions	61
1.7	Symboles et abréviations	61
2.	Classification des actions de la neige	62
3.	Situations de projet	62
4.	Charges de neige sur le sol	62

4.1	Valeurs caractéristiques	62
4.2	Autres valeurs représentatives	63
5.	Charges de neige sur les toitures	66
5.1	Nature de la charge	66
5.2	Dispositions de charge	67
5.3	Coefficients de forme pour les toitures	68
5.3.1	<i>Généralités</i>	68
5.3.2	<i>Toitures à un seul versant</i>	68
5.3.3	<i>Toitures à deux versants</i>	68
5.3.4	<i>Toitures à versants multiples</i>	69
5.3.5	<i>Toitures cylindriques</i>	70
5.3.6	<i>Toitures attenant à des constructions plus élevées ou très proches d'elles</i>	71
6.	Effets locaux	72
6.1	Généralités	72
6.2	Accumulation au droit de saillies et d'obstacles	72
CHAPITRE 4.	Actions du vent sur les structures	75
1.	Généralités	75
3.	Modélisation des actions du vent	75
3.1	Nature	75
3.2	Représentations des actions du vent	75
3.3	Classification des actions du vent	76
3.4	Valeurs caractéristiques	76
3.5	Modèles	76
4.	Vitesse du vent et pression dynamique	76
4.1	Base de calcul	76
4.2	Valeurs de référence	77
4.3	Vent moyen	77
4.3.1	<i>Variation avec la hauteur</i>	77
4.3.2	<i>Rugosité du terrain</i>	78
4.5	Pression dynamique de pointe	79
5.	Actions du vent	80
5.1	Généralités	80
5.2	Pression aérodynamique sur les surfaces	80
5.3	Forces exercées par le vent	81
7.	Coefficients de pression et de force	82
7.1	Généralités	82

7.1.1	<i>Choix du coefficient aérodynamique</i>	82
7.2	Coefficients de pression pour les bâtiments	83
7.2.1	<i>Généralités</i>	83
7.2.2	<i>Murs verticaux des bâtiments à plan rectangulaire</i>	84
7.2.3	<i>Toitures-terrasses</i>	87
7.2.4	<i>Toitures à un seul versant</i>	88
7.2.5	<i>Toitures à deux versants</i>	90
7.2.7	<i>Toitures multiples (shed)</i>	93
7.2.8	<i>Toitures en voûte</i>	94
7.2.9	<i>Pression intérieure</i>	95
7.3	Toitures isolées	98
7.4	Murs isolés, acrotères, clôtures et panneaux de signalisation	103
7.4.1	<i>Murs isolés et acrotères</i>	103
7.5	Coefficients de frottement	104
Annexe 2. Lecture simplifiée de l'article 7.2.9 : « Pression intérieure »		110

PARTIE B

EUROCODE 3 – Calcul des structures en acier

CHAPITRE 5.	Règles générales et règles pour les bâtiments	115
1.	Généralités	115
1.1	Domaine d'application	115
1.1.1	<i>Domaine d'application de l'Eurocode 3</i>	115
1.1.2	<i>Domaine d'application de la partie 1-1</i>	115
1.2	Références normatives	116
1.2.1	<i>Normes de référence générales</i>	116
1.2.2	<i>Normes de référence pour l'acier de construction soudable</i>	116
1.3	Hypothèses	116
1.4	Distinction entre principes et règles d'application	116
1.5	Termes et définitions	116
1.6	Symboles	116
1.7	Conventions pour les axes des barres	116
	Caractéristiques géométriques des sections droites	117
2.	Bases de calcul	119
2.1	Exigences	119
2.1.1	<i>Exigences fondamentales</i>	119
2.1.2	<i>Gestion de la fiabilité</i>	119
2.1.3	<i>Durée de vie de calcul, durabilité et robustesse</i>	119
2.2	Principes de calcul aux états limites	119

2.3	Variables de base.....	119
2.3.1	<i>Actions et influences de l'environnement</i>	119
2.3.2	<i>Propriétés des matériaux et produits</i>	119
2.4	Vérification par la méthode des coefficients partiels	120
2.4.1	<i>Valeurs de calcul des propriétés des matériaux</i>	120
2.4.2	<i>Valeurs de calcul des données géométriques</i>	120
2.4.3	<i>Résistances de calcul</i>	120
2.4.4	<i>Vérification de l'équilibre statique</i>	120
2.5	Calcul assisté par des essais	120
3.	Matériaux	121
3.1	Généralités	121
3.2	Acier de construction	121
3.2.1	<i>Propriétés des matériaux</i>	121
3.2.2	<i>Exigences de ductilité</i>	122
3.2.3	<i>Ténacité à la rupture</i>	122
3.2.4	<i>Propriétés dans le sens de l'épaisseur</i>	123
3.2.5	<i>Tolérances</i>	123
3.2.6	<i>Valeurs de calcul des propriétés de matériau</i>	123
3.3	Dispositifs d'assemblage	123
3.3.1	<i>Fixations</i>	123
3.3.2	<i>Produits d'apport de soudage</i>	123
3.4	Autres produits préfabriqués utilisés dans les bâtiments	124
4.	Durabilité	124
5.	Analyse structurale	124
5.1	Modélisation structurale en vue de l'analyse	124
5.1.1	<i>Modélisation structurale et hypothèses fondamentales</i>	124
5.1.2	<i>Modélisation des assemblages</i>	124
5.1.3	<i>Interaction sol-structure</i>	124
5.2	Analyse globale	125
5.2.1	<i>Effets de la déformation géométrique de la structure</i>	125
5.2.2	<i>Stabilité structurale des ossatures</i>	126
5.3	Imperfections	128
5.3.1	<i>Bases</i>	128
5.3.2	<i>Imperfections pour l'analyse globale des ossatures</i>	128
5.3.2	<i>Imperfections pour l'analyse des systèmes de contreventement</i>	129
5.3.3	<i>Imperfections des éléments</i>	131
5.4	Méthodes d'analyse prenant en compte les non-linéarités de comportement du matériau	131
5.4.1	<i>Généralités</i>	131
5.4.2	<i>Analyse globale élastique</i>	131
5.4.3	<i>Analyse globale plastique</i>	131
5.5	Classification des sections transversales	132

5.5.1	<i>Bases</i>	132
5.5.2	<i>Classification</i>	132
5.6	Exigences relatives aux sections pour l'analyse globale plastique	133
6.	États limites ultimes	136
6.1	Généralités	136
6.2	Résistances des sections transversales	136
6.2.1	<i>Généralités</i>	136
6.2.2	<i>Propriétés des sections</i>	137
6.2.3	<i>Traction</i>	139
6.2.4	<i>Compression</i>	139
6.2.5	<i>Moment fléchissant</i>	139
6.2.6	<i>Cisaillement</i>	140
6.2.7	<i>Torsion</i>	142
6.2.8	<i>Flexion et cisaillement</i>	142
6.2.9	<i>Flexion et effort normal</i>	143
6.2.10	<i>Flexion, cisaillement et effort normal</i>	144
6.3	Résistance des barres aux instabilités	145
6.3.1	<i>Barres uniformes comprimées</i>	145
6.3.2	<i>Barres uniformes fléchies</i>	148
6.3.3	<i>Barres uniformes fléchies et comprimées</i>	150
Annexe A (informative).	Méthode 1 : Facteurs d'interaction k_{ij} pour la formule d'interaction donnée en 6.3.3 (4)	152
6.3.4	<i>Méthode générale de vérification du flambement latéral et du déversement de composants structuraux</i>	154
6.3.5	<i>Déversement des barres avec rotules plastiques</i>	154
6.4	Barres composées uniformes en compression	156
7.	États limites de service	156
7.1	Généralités	156
7.2	États limites de service pour les bâtiments	157
7.2.1	<i>Flèches verticales</i>	157
7.2.2	<i>Flèches horizontales</i>	158
7.2.3	<i>Effets dynamiques</i>	160
Annexe 1.	Classification des sections transversales des profilés laminés courants	161
Annexe 2.	Valeurs du coefficient de réduction χ pour les cinq courbes de flambement	171
Annexe 3.	Détermination des longueurs de flambement L_{cr}	177
Annexe E (informative).	Longueur de flambement d'un élément comprimé	178
E.1	Bases	178
E.2	Poteaux d'ossatures de bâtiment	178

Annexe 4. Annexe AX1 de l'annexe nationale de l'EN 1993-1-1.

Moment critique de déversement élastique	186
1. Objectif et domaine d'application	186
2. Formulation de M_{cr}	187
3. Coefficients C_1 et C_2	188
3.1 Généralités	188
3.2 Barre seulement soumise à des moments d'extrémité	189
3.3 Barre avec charge transversale	189
3.4 Barre avec moments d'extrémité et charge transversale (ponctuelle ou répartie uniforme)	190

PARTIE C**EUROCODE 3 – Calcul des assemblages**

CHAPITRE 6. Calcul des assemblages	203
1. Introduction	203
1.1 Objet	203
1.3 Termes et définitions	203
1.3.1 Composant de base (d'un assemblage)	203
1.3.2 Attache	203
1.3.3 Élément attaché	203
1.3.4 Assemblage	204
1.3.5 Configuration de l'assemblage	204
1.3.6 Capacité de rotation	204
1.3.7 Rigidité en rotation	204
1.3.8 Propriétés structurales (d'un assemblage)	204
1.3.9 Assemblage plan	204
2. Bases de calcul	205
2.1 Hypothèses	205
2.2 Exigences générales	205
2.3 Sollicitations	206
2.4 Résistance des assemblages	206
2.5 Hypothèses de calcul	206
2.6 Assemblages sollicités en cisaillement soumis à des chocs, à des vibrations et/ou à des charges alternées	207
2.7 Excentricité au niveau des intersections	207
2.8 Références	208

3. Attaches par boulons ou axes d'articulation	208
3.1 Boulons, vis, écrous et rondelles	208
3.1.1 <i>Généralités</i>	208
3.1.2 <i>Boulons précontraints</i>	209
3.3 Boulons d'ancrage	209
3.4 Catégories d'attaches boulonnées	210
3.4.1 <i>Attaches en cisaillement</i>	210
3.4.2 <i>Attaches tendues</i>	210
3.5 Positionnement des trous de boulons et de rivets	211
3.6 Résistance individuelle de calcul des fixations	214
3.6.1 <i>Boulons</i>	214
3.7 Groupe de fixations	217
3.8 Assemblages longs	217
3.9 Attaches résistant au glissement comportant des boulons précontraints de classe 8.8 ou 10.9	217
3.9.1 <i>Résistance au glissement</i>	217
3.9.2 <i>Traction et cisaillement combinés</i>	219
3.9.3 <i>Attaches hybrides</i>	219
3.10 Déductions pour les trous de fixations	219
3.10.1 <i>Généralités</i>	219
3.10.2 <i>Calcul du cisaillement de bloc</i>	219
3.10.3 <i>Cornières tendues attachées par une aile et autres barres tendues attachées de façon non symétrique</i>	220
3.11 Effet de levier	221
3.12 Distribution des efforts entre fixations à l'état limite ultime	222
3.13 Attaches par axes d'articulation	223
3.13.1 <i>Généralités</i>	223
3.13.2 <i>Calcul des axes d'articulation</i>	224
4. Attaches soudées	225
4.1 Généralités	225
4.2 Produits d'apport de soudage	225
4.3 Géométrie et dimensions	226
4.3.1 <i>Type de soudure</i>	226
4.3.2 <i>Soudures d'angle</i>	226
4.3.4 <i>Soudures bout à bout</i>	227
4.5 Résistance de calcul d'une soudure d'angle	227
4.5.1 <i>Longueur des soudures</i>	227
4.5.2 <i>Gorge utile</i>	227
4.5.3 <i>Résistance des soudures d'angle</i>	228
4.7 Résistance de calcul des soudures bout à bout	229
4.7.1 <i>Soudures bout à bout à pleine pénétration</i>	229
4.7.3 <i>Assemblages bout à bout en T</i>	229

4.9	Distribution des forces	230
4.10	Attaches sur des semelles non raidies	230
4.11	Assemblages longs	232
4.12	Cordons d'angle uniques ou soudures bout à bout d'un seul côté à pénétration partielle soumis à une charge excentrée	232
4.13	Cornières attachées par une seule aile	232
4.14	Soudage dans les zones formées à froid	233
6.	Assemblages structuraux de sections en I ou en H	235
6.1	Généralités	235
6.1.1	<i>Bases</i>	235
6.1.3	<i>Composants de base d'un assemblage</i>	235
6.2	Résistance	238
6.2.2	<i>Efforts tranchants</i>	238
6.2.3	<i>Moments fléchissants</i>	238
6.2.4	<i>Tronçon en T équivalent tendu</i>	238
6.2.6	<i>Résistance des composants de base</i>	241
6.2.8	<i>Résistance des pieds de poteaux par plaque d'assise</i>	246
7.	Assemblages de profils creux	247
7.3	Soudures	247
7.3.1	<i>Résistance de calcul</i>	247