

NF EN 1090-2+A1

OCTOBRE 2011

www.afnor.org



**DOCUMENT PROTÉGÉ
PAR LE DROIT D'AUTEUR**

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans accord formel.

Contact :
AFNOR – Norm'Info
11, rue Francis de Pressensé
93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél : 01 41 62 76 44
Fax : 01 49 17 92 02
E-mail : norminfo@afnor.org

afnor

Ce document est à usage exclusif et non collectif des clients Normes en ligne. Toute mise en réseau, reproduction et rediffusion, sous quelque forme que ce soit, même partielle, sont strictement interdites.

This document is intended for the exclusive and non collective use of AFNOR Webshop (Standards on line) customers. All network exploitation, reproduction and re-dissemination, even partial, whatever the form (hardcopy or other media), is strictly prohibited.

Normes en ligne

Pour : METALHOM

Client : 70040077

Commande : N20150114-164176-T

le : 14/01/2015 à 09:50

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher

norme européenne

norme française

NF EN 1090-2+A1
Octobre 2011

Indice de classement : **P 22-101-2**

ICS : 91.080.10

Exécution des structures en acier et des structures en aluminium

Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier

E : Execution of steel structures and aluminium structures —
Part 2: Technical requirements for steel structures
D : Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken —
Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken

Norme française homologuée

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 21 septembre 2011 pour prendre effet le 21 octobre 2011.

Remplace la norme homologuée NF EN 1090-2, de février 2009.

Correspondance

La Norme européenne EN 1090-2:2008+A1:2011 a le statut d'une norme française.

Analyse

La présente partie 2 de la NF EN 1090 énonce des règles d'exécution applicables à tout type de structure en acier. Elle est complétée par un avant-propos national. Elle doit être utilisée conjointement avec la norme française NF P 22-101-2/CN, qui la complète par des prescriptions sur des points spécifiques et des informations particulières destinées à aider l'utilisateur pour son application en France.

Descripteurs

Thésaurus International Technique : bâtiment, construction métallique, acier, acier de construction, acier inoxydable, nuance, définition, conditions d'exécution, dispositif de fixation, fabrication, assemblage, soudage, soudure, acceptabilité, montage, traitement de surface, tolérance géométrique, contrôle, essai, réparation, protection contre la corrosion.

Modifications

Par rapport au document remplacé, révision limitée portant sur les principaux points suivants :

- modification du domaine d'application,
- des articles 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12,
- des Annexes A, D, E, F, G, H, J, K,
- de la Bibliographie.

Corrections

Éditée et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensé — 93571 La Plaine Saint-Denis Cedex
Tél. : + 33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : + 33 (0)1 49 17 90 00 — www.afnor.org



Commission de normalisation de la construction métallique et mixte

BNCM CNC2M

Membres de la commission de normalisation

Président : M MAITRE

Secrétariat : MME LEMAIRE — CTICM

M	ANTROPIUS	CONSULTANT
M	ARIBERT	CONSULTANT
M	ASHTARI	APAVE
M	BEGUIN	CTICM
M	BITAR	CTICM
M	BUREAU	CTICM
MME	CAILLAT	AFNOR
M	CAUSSE	VINCI CONSTRUCTION GRANDS PROJETS
M	CHABROLIN	CTICM
M	CORTADE	CONSULTANT
M	COUCHAUX	CTICM
MME	DAVAINE	SNCF
MME	DUSSAUGEY	SYND. NATIONAL INDUSTRIES D'EQUIPEMENT
M	GAULIARD	SCMF
M	GENEREUX	SETRA
M	GINEYS	GFD
M	GOURMELON	IGPC
M	GREFF	GFD
M	HOORPAH	MIO
M	IZABEL	SNPPA
M	LAMADON	BUREAU VERITAS
M	LE CHAFFOTEC	CTICM
MME	LEMAIRE	BNCM
M	LEQUIEN	CETEN APAVE
M	LUKIC	CTICM
M	MAITRE	SOCOTEC
M	MARTIN	CTICM
M	MENIGAULT	BN ACIER
M	MOHEISSEN	ALGECO
MME	PALISSON	SP CONSULTANTS
M	PAMIES	INRS
MME	PECHENARD	AFFIX
M	PERNIER	MEEDDM / CGDD
M	RAOUL	CONSULTANT
M	ROBERT	SETRA
M	SEMIN	CTICM
M	SIFFERLIN	EDF/DIN/CNEPE
M	SOKOL	SOKOL CONSULTANTS
M	THOLLARD	CSTB
M	THONIER	EGF BTP
M	TRIQUET	SNCF — DPT IGOA — DIVISION ST1
M	VILLETTE	BAUDIN CHATEAUNEUF
M	ZHAO	CTICM

**NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM
EUROPEAN STANDARD**

EN 1090-2:2008+A1

Août 2011

ICS : 91.080.10

Remplace EN 1090-2:2008

Version française

**Exécution des structures en acier et des structures en aluminium —
Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier**

Ausführung von Stahltragwerken und
Aluminiumtragwerken — Teil 2: Technische Regeln
für die Ausführung von Stahltragwerken

Execution of steel structures and aluminium structures —
Part 2: Technical requirements for steel structures

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 11 avril 2008 et inclut l'Amendement A1 approuvé par le CEN le 25 juin 2011.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

CEN

COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

Europäisches Komitee für Normung
European Committee for Standardization

Centre de Gestion : 17 Avenue Marnix, B-1000 Bruxelles

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Sommaire

	Page
Avant-propos	9
Introduction	10
1 Domaine d'application	10
2 Références normatives	10
2.1 Généralités	10
2.2 Produits constitutifs	11
2.2.1 Aciers	11
2.2.2 Aciers moulés	13
2.2.3 Produits consommables pour soudage	13
2.2.4 Fixations mécaniques	14
2.2.5 Câbles à haute résistance	16
2.2.6 Appareils d'appui structuraux	16
2.3 Préparation	16
2.4 Soudage	16
2.5 Essais	18
2.6 Montage	19
2.7 Protection contre la corrosion	19
2.8 Tolérances	20
2.9 Divers	20
3 Termes et définitions	20
4 Cahiers des charges et dossier	22
4.1 Cahier des charges d'exécution	22
4.1.1 Généralités	22
4.1.2 Classes d'exécution	23
4.1.3 Degrés de préparation	23
4.1.4 Tolérances géométriques	23
4.2 Dossier du constructeur	23
4.2.1 Dossier qualité	23
4.2.2 Plan qualité	24
4.2.3 Sécurité des travaux de montage	24
4.2.4 Dossier d'exécution	24
5 Produits constitutifs	24
5.1 Généralités	24
5.2 Identification, documents de contrôle et traçabilité	24
5.3 Aciers de construction	25
5.3.1 Généralités	25
5.3.2 Tolérances d'épaisseur	27
5.3.3 États de surface	27
5.3.4 Caractéristiques particulières	27
5.4 Aciers moulés	28
5.5 Produits consommables pour le soudage	28
5.6 Éléments de fixation mécaniques	29
5.6.1 Généralités	29
5.6.2 Terminologie	29
5.6.3 Boulons de construction destinés à des applications non précontraintes	29
5.6.4 Boulons de construction aptes à la précontrainte	30
5.6.5 Indicateurs directs de précontrainte	30

Sommaire (suite)

	Page
5.6.6	Boulons résistant à la corrosion atmosphérique 30
5.6.7	Boulons d'ancrage 31
5.6.8	Dispositifs de blocage 31
5.6.9	A1 Rondelles A1 31
5.6.10	Rivets à chaud 31
5.6.11	Éléments de fixation pour éléments minces 31
5.6.12	Éléments de fixation particuliers 31
5.6.13	Livraison et identification 31
5.7	Goujons et connecteurs de cisaillement 32
5.8	Matériaux de scellement 32
5.9	Joints de dilatation pour ponts 32
5.10	Câbles à haute résistance, tirants et terminaisons 33
5.11	Appareils d'appui structuraux 33
6	Préparation et assemblage 33
6.1	Généralités 33
6.2	Identification 33
6.3	Manutention et stockage 34
6.4	Coupage 35
6.4.1	Généralités 35
6.4.2	Cisailage et grignotage 35
6.4.3	Coupage thermique 35
6.4.4	Dureté de surface des chants 36
6.5	Formage 37
6.5.1	Généralités 37
6.5.2	Formage à chaud 37
6.5.3	Chaudes de retrait 37
6.5.4	Formage à froid 38
6.6	Perçage 39
6.6.1	Dimensions des trous 39
6.6.2	Tolérances sur le diamètre de trou pour les boulons et les axes d'articulation 40
6.6.3	Exécution du perçage 40
6.7	Découpes 41
6.8	Surfaces d'appui pour contact direct 41
6.9	Assemblage 42
6.10	Essai de présentation 42
7	Soudage 42
7.1	Généralités 42
7.2	Programme de soudage 43
7.2.1	Exigences relatives à un programme de soudage 43
7.2.2	Contenu d'un programme de soudage 43
7.3	Procédés de soudage 43
7.4	Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel en soudage 44
7.4.1	Qualification des modes opératoires de soudage 44
7.4.2	Soudeurs et opérateurs soudeurs 46
7.4.3	Coordination en soudage 46
7.5	Préparation et exécution du soudage 48
7.5.1	Préparation des joints 48
7.5.2	Stockage et manutention des produits consommables pour le soudage 48
7.5.3	Protection contre les intempéries 49
7.5.4	Assemblage en vue du soudage 49
7.5.5	Préchauffage 50

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Sommaire (suite)

	Page
7.5.6 Fixations provisoires	50
7.5.7 Soudures de pointage	50
7.5.8 Soudures d'angle	50
7.5.9 Soudures bout à bout	51
7.5.10 Soudures sur aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique	51
7.5.11 Nœuds	52
7.5.12 Soudage des goujons	52
7.5.13 Soudures en entaille et en bouchon	52
7.5.14 Soudures par points des éléments minces	52
7.5.15 Autres types de soudures	53
7.5.16 Traitement thermique après soudage	53
7.5.17 Exécution du soudage	53
7.5.18 Soudage des tabliers de ponts	53
7.6 Critères d'acceptation	53
7.7 Soudage des aciers inoxydables	55
7.7.1 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-1	55
7.7.2 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-3	55
7.7.3 Soudage d'aciers différents	56
8 Fixations mécaniques	56
8.1 Généralités	56
8.2 Utilisation des boulons	56
8.2.1 Généralités	56
8.2.2 Vis	57
8.2.3 Écrous	57
8.2.4 Rondelles	57
8.3 Serrage des boulons non précontraints	58
8.4 Préparation des surfaces de contact dans les assemblages résistant au glissement	58
8.5 Serrage des boulons précontraints	59
8.5.1 Généralités	59
8.5.2 Valeurs de référence du couple	61
8.5.3 Méthode du couple	61
8.5.4 Méthode combinée	61
8.5.5 Méthode HRC	62
8.5.6 Méthode par indicateur direct de précontrainte	62
8.6 Boulons ajustés	63
8.7 Rivetage à chaud	63
8.7.1 Rivets	63
8.7.2 Mise en œuvre des rivets	63
8.7.3 Critères d'acceptation	64
8.8 Fixation des éléments minces	64
8.8.1 Généralités	64
8.8.2 Utilisation de vis autotaraudeuses et autoperceuses	64
8.8.3 Utilisation de rivets aveugles	65
8.8.4 Fixation aux recouvrements	65
8.9 Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières	65
8.10 Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables	66
9 Montage	66
9.1 Généralités	66
9.2 Conditions de chantier	66
9.3 Méthode de montage	67
9.3.1 Méthode de montage servant de base au projet	67
9.3.2 Méthode de montage du constructeur	68

Sommaire (suite)

	Page
9.4 Levé	68
9.4.1 Système de référence	68
9.4.2 Points de repère	69
9.5 Appuis, ancrages et appareils d'appui	69
9.5.1 Contrôle des appuis	69
9.5.2 Implantation et adéquation des appuis	69
9.5.3 Maintien de l'adéquation des appuis	69
9.5.4 Calages provisoires	69
9.5.5 Scellement et remplissage	70
9.5.6 Ancrage	71
9.6 Montage et travaux sur site	71
9.6.1 Plans de montage	71
9.6.2 Marquage	72
9.6.3 Manutention et stockage sur chantier	72
9.6.4 Montage à blanc	72
9.6.5 Méthodes de montage	72
10 Traitement des surfaces	74
10.1 Généralités	74
10.2 Préparation [A ₁] des subjectiles d'acier pour peintures et produits assimilés [A ₁]	74
10.3 Aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique	75
10.4 Compatibilité galvanique	75
10.5 Galvanisation	75
10.6 Étanchéité des espaces clos	76
10.7 Surfaces en contact avec du béton	76
10.8 Surfaces inaccessibles	76
10.9 Réparations après coupage ou soudage	76
10.10 Nettoyage après montage	77
10.10.1 Nettoyage des éléments minces	77
10.10.2 Nettoyage des éléments en aciers inoxydables	77
11 Tolérances géométriques	77
11.1 Types de tolérances	77
11.2 Tolérances essentielles	78
11.2.1 Généralités	78
11.2.2 Tolérances de fabrication	78
11.2.3 Tolérances de montage	78
11.3 Tolérances fonctionnelles	80
11.3.1 Généralités	80
11.3.2 Valeurs tabulées	80
11.3.3 Critères alternatifs	80
12 Contrôles, essais et réparations	80
12.1 Généralités	80
12.2 Produits constitutifs et éléments	80
12.2.1 Produits constitutifs	80
12.2.2 Éléments	81
12.2.3 Produits non conformes	81
12.3 Fabrication : dimensions géométriques des éléments fabriqués	81
12.4 Soudage	82
12.4.1 Contrôles avant et pendant le soudage	82
12.4.2 Contrôle après soudage	82
12.4.3 Contrôle et essais des goujons connecteurs soudés pour les structures mixtes acier-béton	85

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Sommaire (suite)

	Page
12.4.4	Essais de production relatifs au soudage 85
12.5	Fixations mécaniques 86
12.5.1	Contrôle des assemblages boulonnés non précontraints 86
12.5.2	Contrôle et essais des assemblages boulonnés précontraints 86
12.5.3	Contrôles, essais et réparations des rivets à chaud 89
12.5.4	Contrôle de la fixation des éléments et plaques formés à froid 89
12.5.5	Éléments de fixation particuliers et méthodes de fixation particulières 90
12.6	Traitement des surfaces et protection contre la corrosion 90
12.7	Montage 90
12.7.1	Contrôle du montage à blanc 90
12.7.2	Contrôle de la structure montée 90
12.7.3	Levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage 90
12.7.4	Autres essais d'acceptation 92
Annexe A	(normative) Informations supplémentaires, liste des options et exigences relatives aux classes d'exécution 93
A.1	Liste des informations supplémentaires requises 93
A.2	Liste d'options 96
A.3	Exigences relatives aux classes d'exécution 100
Annexe B	(informative) Guide pour la détermination des classes d'exécution 105
B.1	Introduction 105
B.2	Facteurs déterminants pour le choix d'une classe d'exécution 105
B.2.1	Classes de conséquences 105
B.2.2	Risques liés à l'exécution et à l'exploitation de la structure 105
B.3	Détermination des classes d'exécution 106
Annexe C	(informative) Liste de contrôle du contenu d'un plan qualité 108
C.1	Introduction 108
C.2	Contenu 108
C.2.1	Gestion 108
C.2.2	Revue des spécifications 108
C.2.3	Documentation 108
C.2.4	Procédures de contrôles et d'essais 109
Annexe D	(normative) Tolérances géométriques 110
D.1	Tolérances essentielles 110
D.1.1	Tolérances essentielles de fabrication — Profilés soudés 110
D.1.2	Tolérances essentielles de fabrication — Profilés formés à froid à la presse 112
D.1.3	Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de profilés soudés 113
D.1.4	Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de caissons soudés 114
D.1.5	Tolérances essentielles de fabrication — Raidisseurs d'âme de profilés ou de caissons soudés 115
D.1.6	Tolérances essentielles de fabrication — Plaques raidies 116
D.1.7	Tolérances essentielles de fabrication — Tôles profilées formées à froid 117
D.1.8	Tolérances essentielles de fabrication — Trous de fixation, grugeages et chants de coupe 118
D.1.9	Tolérances essentielles de fabrication — Coques cylindriques et coniques 118
D.1.10	Tolérances essentielles de fabrication — Éléments de treillis 120
D.1.11	Tolérances essentielles de montage —  Poteaux de bâtiments à un seul niveau  121
D.1.12	Tolérances essentielles de montage — Poteaux de structures à plusieurs niveaux 122
D.1.13	Tolérances essentielles de montage — Appuis par contact direct 123
D.1.14	Tolérances essentielles de montage — Tours et mâts 123
D.1.15	Tolérances essentielles de montage — Poutres en flexion et éléments en compression 124
D.2	Tolérances fonctionnelles 124

Sommaire (suite)

	Page
D.2.1 Tolérances fonctionnelles de fabrication — profilés soudés	125
D.2.2 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Profilés formés à froid à la presse	126
D.2.3 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Semelles de profilés soudés	127
D.2.4 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Caissons soudés	128
D.2.5 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Âmes de profilés ou de caissons soudés	129
D.2.6 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Raidisseurs d'âme de profilés ou sections de caisson soudés 131	129
D.2.7 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments	132
D.2.8 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Trous de fixation, grugeages et chants de coupe	133
D.2.9 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éclissages de poteaux et plaques d'assise	135
D.2.10 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments en treillis	135
D.2.11 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Plaques raidies	137
D.2.12 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tours et mâts	138
D.2.13 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tôles profilées formées à froid	139
D.2.14 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tabliers de ponts	140
D.2.15 Tolérances fonctionnelles de montage — Ponts	141
D.2.16 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 1/3)	142
D.2.17 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 2/3)	144
D.2.18 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 3/3)	146
D.2.19 Tolérances fonctionnelles de fabrication et de montage — Chemins de roulement et rails	147
D.2.20 Tolérances fonctionnelles — Fondations et appuis béton	148
D.2.21 Tolérances fonctionnelles de montage — Chemins de roulement de ponts roulants	149
D.2.22 Tolérances fonctionnelles de montage — Positions des poteaux	151
D.2.23 Tolérances fonctionnelles de montage — A1 Poteaux de bâtiments à un seul niveau A1	152
D.2.24 Tolérances fonctionnelles de montage — Poteaux dans une structure à plusieurs niveaux	153
D.2.25 Tolérances fonctionnelles de montage — Bâtiments	154
D.2.26 Tolérances fonctionnelles de montage — Poutres de bâtiments	155
D.2.27 Tolérances fonctionnelles de montage — Tôle de toiture pour collaboration des parois	157
D.2.28 Tolérances fonctionnelles de montage — Couverture en tôles d'acier profilées	157
Annexe E (informative) Assemblages soudés de profils creux	158
E.1 Généralités	158
E.2 Guide pour les positions de départ et d'arrêt	158
E.3 Préparation des bords à souder	158
E.4 Assemblage en vue du soudage	159
E.5 Assemblages par soudure d'angle	165
Annexe F (normative) Protection contre la corrosion	166
F.1 Généralités	166
F.1.1 Domaine d'application	166
F.1.2 Prescription de performance	166
F.1.3 Exigences	166
F.1.4 Méthode de travail	167
F.2 Préparation de surface des aciers au carbone	167
F.2.1 Préparation de surface des aciers au carbone avant peinture et métallisation	167
F.2.2 Préparation de surface des aciers au carbone avant galvanisation	168
F.3 Soudures et surfaces à souder	168
F.4 Surfaces des assemblages précontraints	168
F.5 Préparation des éléments de fixation	168
F.6 Méthodes de revêtement	169
F.6.1 Peinture	169
F.6.2 Métallisation	169
F.6.3 Galvanisation	169

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Sommaire (suite)

	Page
F.7 Contrôles et vérifications	170
F.7.1 Généralités	170
F.7.2 Vérification de routine	170
F.7.3 Surfaces de référence	170
F.7.4 Éléments galvanisés	170
Annexe G (normative) Essai pour déterminer le coefficient de frottement	171
G.1 Généralités	171
G.2 Variables significatives	171
G.3 Éprouvettes d'essai	171
G.4 Mode opératoire de l'essai de glissement et évaluation des résultats	172
G.5 Mode opératoire et évaluation de l'essai de fluage prolongé	173
G.6 Résultats d'essai	174
Annexe H (normative) Essai d'étalonnage pour boulons précontraints en conditions de chantier	175
H.1 Domaine d'application	175
H.2 Symboles and unités	175
H.3 Principe de l'essai	176
H.4 Appareillage d'essai	176
H.5 Ensembles pour essais	176
H.6 Montage d'essai	176
H.7 Mode opératoire d'essai	177
H.8 Évaluation des résultats d'essai	178
H.9 Rapport d'essais	179
Annexe J (normative) Utilisation d'indicateurs directs de précontrainte de type rondelles compressibles	180
J.1 Généralités	180
J.2 Installation	180
J.3 Vérification	182
Annexe K (informative) Boulons hexagonaux injectés	184
K.1 Généralités	184
K.2 Dimensions des trous	184
K.3 Vis	185
K.4 Rondelles	185
K.5 Écrous	186
K.6 Résine	186
K.7 Serrage	186
K.8 Mise en œuvre	186
Annexe L (informative) Guide pour l'organigramme de mise au point et d'utilisation d'un DMOS	187
Annexe M (normative) Méthode séquentielle de contrôle des éléments de fixation	188
M.1 Généralités	188
M.2 Application	189
Bibliographie	190

Avant-propos

Le présent document (EN 1090-2:2008+A1:2011) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 135 «Exécution des structures en acier et en aluminium», dont le secrétariat est tenu par SN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en février 2012, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en février 2012.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Ce document inclut l'amendement 1 approuvé par le CEN le 25 juin 2011.

Le début et la fin du texte ajouté ou modifié par l'amendement est indiqué dans le texte par des repères **A1** et **A1**.

Le présent document remplace **A1** l'EN 1090-2:2008 **A1**.

L'EN 1090 «Exécutions des structures en acier et des structures en aluminium » comprend les parties suivantes :

- Partie 1 : *Exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux* ;
- Partie 2 : *Exigences techniques pour les structures en acier* ;
- Partie 3 : *Exigences techniques pour l'exécution des structures en aluminium*.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède et Suisse.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Introduction

La présente Norme européenne fixe les prescriptions pour l'exécution des structures en acier, en vue d'assurer des niveaux appropriés de résistance mécanique et de stabilité, d'aptitude au service et de durabilité.

La présente Norme européenne fixe les prescriptions pour l'exécution des structures en acier, en particulier celles qui sont calculées selon toutes les parties de l'EN 1993 et des parties en acier des structures mixtes acier-béton calculées selon toutes les parties de l'EN 1994.

La présente Norme européenne présuppose que l'ouvrage est réalisé avec le savoir-faire nécessaire et les ressources et équipements appropriés pour exécuter les travaux conformément aux prescriptions et spécifications d'exécution de la présente Norme européenne.

1 Domaine d'application

La présente Norme européenne spécifie des exigences pour l'exécution des charpentes en acier considérées en tant que structures ou éléments de structure fabriqués à partir de :

- produits en acier de construction, laminés à chaud jusqu'à la nuance S690 incluse ;
- éléments et plaques formés à froid jusqu'à la nuance S700 incluse A1 *texte supprimé* A1 ;
- produits en acier inoxydable, austénitique, austéno-ferritique et ferritique, finis à chaud et formés à froid ;
- profils creux finis à chaud et formés à froid, y compris produits d'une gamme normalisée, produits laminés fabriqués à la demande et profils creux fabriqués par soudage.

La présente Norme européenne peut être utilisée également pour les nuances d'acier de construction jusqu'à S960 incluse, sous réserve que les conditions d'exécution soient vérifiées en regard des critères de fiabilité et que toutes les exigences supplémentaires nécessaires soient spécifiées.

La présente Norme européenne fixe des exigences indépendamment du type et de la forme de la structure en acier (par exemple, bâtiments, ponts, éléments en plaques ou en treillis, ...), y compris les structures soumises à la fatigue ou à des actions sismiques. Ces exigences sont exprimées en termes de classes d'exécution.

La présente Norme européenne s'applique aux structures calculées selon la partie appropriée de l'EN 1993.

La présente Norme européenne s'applique aux éléments et plaques structuraux tels que définis dans l'EN 1993-1-3.

La présente Norme européenne s'applique aux éléments en acier utilisés dans les structures mixtes acier-béton calculées selon la partie appropriée de l'EN 1994.

La présente Norme européenne peut être utilisée pour des structures calculées selon d'autres règles de calcul, sous réserve que les conditions d'exécution soient conformes à ces règles et que toutes les exigences supplémentaires nécessaires soient spécifiées.

La présente Norme européenne ne couvre pas les exigences relatives à l'étanchéité à l'eau ou à la résistance à la perméabilité à l'air des plaques.

2 Références normatives

2.1 Généralités

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

2.2 Produits constitutifs

2.2.1 Aciers

EN 10017, *Fil machine en acier destiné au tréfilage et/ou laminage à froid — Dimensions et tolérances.*

EN 10021, *Conditions générales techniques de livraison pour les produits en acier.*

EN 10024, *Poutrelles en I à ailes inclinées laminées à chaud — Tolérances de forme et de dimensions.*

EN 10025-1:2004, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 1 : Conditions générales de livraison.*

EN 10025-2, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 2 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction non alliés.*

EN 10025-3, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins à l'état normalisé/laminage normalisé.*

EN 10025-4, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 4 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction soudables à grains fins obtenus par laminage thermomécanique.*

EN 10025-5, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 5 : Conditions techniques de livraison pour les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique.*

EN 10025-6, *Produits laminés à chaud en aciers de construction — Partie 6 : Conditions techniques de livraison pour produits plats des aciers à haute limite d'élasticité à l'état trempé et revenu.*

EN 10029, *Tôles en acier laminées à chaud d'épaisseur égale ou supérieure à 3 mm — A_1 Tolérances sur les dimensions et la forme A_1 .*

EN 10034, *Poutrelles I et H en acier de construction — Tolérances de forme et de dimensions.*

EN 10048, *Feuillards laminés à chaud — Tolérances de dimensions et de forme.*

EN 10051, A_1 *Bandes laminées à chaud en continu, bandes et tôles issues de larges bandes laminées à chaud en aciers alliés et non alliés A_1 — Tolérances sur les dimensions et la forme.*

EN 10055, *Fers T en acier à ailes égales et à coins arrondis en acier laminés à chaud — Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.*

EN 10056-1, *Cornières à ailes égales et inégales en acier de construction — Partie 1 : Dimensions.*

EN 10056-2, *Cornières à ailes égales et inégales en acier de construction — Partie 2 : Tolérances de forme et de dimensions.*

EN 10058, *Plats en acier laminés à chaud pour usages généraux — Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.*

EN 10059, *Carrés en acier laminés à chaud pour usages généraux — Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.*

EN 10060, *Ronds en acier laminés à chaud — Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.*

EN 10061, *Hexagones en acier laminés à chaud — Dimensions et tolérances sur la forme et les dimensions.*

EN 10080, *Aciers pour l'armature du béton — Aciers soudables pour béton armé — Généralités.*

EN 10088-1, *Aciers inoxydables — Partie 1 : Liste des aciers inoxydables.*

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

EN 10088-2:2005, *Aciers inoxydables — Partie 2 : Conditions techniques de livraison des tôles et bandes en acier de résistance à la corrosion pour usage général.*

EN 10088-3:2005, *Aciers inoxydables — Partie 3 : Conditions techniques de livraison pour les demi-produits, barres, fils machines, fils tréfilés, profils et produits transformés à froid en acier résistant à la corrosion pour usage général.*

EN 10131, *Produits plats laminés à froid, non revêtus ou revêtus de zinc ou de zinc-nickel par voie électrolytique, en acier à bas carbone et en acier à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Tolérances sur les dimensions et sur la forme.*

EN 10139, *Feuillards non revêtus laminés à froid en aciers doux pour formage à froid — Conditions techniques de livraison.*

EN 10140, *Feuillards laminés à froid — Tolérances de dimensions et de forme.*

EN 10143, *Tôles et bandes en acier revêtues d'un métal en continu par immersion à chaud — Tolérances sur les dimensions et sur la forme.*

EN 10149-1, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 1 : Conditions générales de livraison.*

EN 10149-2, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 2 : Conditions de livraison des aciers obtenus par laminage thermomécanique.*



EN 10149-3, *Produits plats laminés à chaud en aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Partie 3 : Conditions de livraison des aciers à l'état normalisé ou laminage normalisant.*

EN 10160, *Contrôle ultrasonore des produits plats en acier d'épaisseur égale ou supérieure à 6 mm (méthode par réflexion).*

EN 10163-2, *Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles, larges plats et profilés en acier laminés à chaud — Partie 2 : Tôles et larges plats.*

EN 10163-3, *Conditions de livraison relatives à l'état de surface des tôles, larges plats et profilés en acier laminés à chaud — Partie 3 : Profilés.*

EN 10164, *Aciers de construction à caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface du produit — Conditions techniques de livraison.*

 EN 10169, *Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) — Conditions techniques de livraison.* 

EN 10204, *Produits métalliques — Types de documents de contrôle.*

EN 10210-1, *Profilés creux finis à chaud en aciers de construction non-alliés et à grains fins — Partie 1 : Conditions techniques de livraison.*

EN 10210-2, *Profilés creux finis à chaud en aciers de construction non-alliés et à grains fins — Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques du profil.*

EN 10219-1, *Profilés creux soudés pour la construction finis à froid en aciers de construction non alliés et à grains fins — Partie 1 : Conditions techniques de livraison.*

EN 10219-2, *Profilés creux de construction soudés, formés à froid en aciers non alliés et à grains fins — Partie 2 : Tolérances, dimensions et caractéristiques du profil.*

EN 10268, *Produits plats laminés à froid à haute limite d'élasticité pour formage à froid — Conditions techniques de livraison.*



EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

EN 10279, *Profilés en U en acier laminés à chaud — Tolérances sur la forme, les dimensions et la masse.*


 *texte supprimé* 


EN 10296-2:2005, *Tubes ronds soudés en acier pour la construction mécanique et la construction générale — Conditions techniques de livraison — Partie 2 : Tubes en aciers inoxydables.*

EN 10297-2:2005, *Tubes ronds sans soudure en acier pour la construction mécanique et la construction générale — Conditions techniques de livraison — Partie 2 : Tubes en aciers inoxydables.*

 EN 10346, *Produits plats en acier à bas carbone revêtus en continu par immersion à chaud — Conditions techniques de livraison.* 

EN ISO 1127, *Tubes en acier inoxydable — Dimensions, tolérances et masses linéiques conventionnelles (ISO 1127:1992).*

 EN ISO 9445-1, *Acier inoxydable laminé à froid en continu — Tolérances sur les dimensions et la forme — Partie 1 : Bandes étroites et feuillets coupés à longueur (ISO 9445-1:2009).*


EN ISO 9445-2, *Acier inoxydable laminé à froid en continu — Tolérances sur les dimensions et la forme — Partie 2 : Grandes bandes et tôles (ISO 9445-2:2009).* 

ISO 4997, *Tôles en acier au carbone laminées à froid, de qualité destinée à la construction.*

2.2.2 Aciers moulés

EN 10340:2007, *Aciers moulés pour construction.*

 EN 1559-1, *Fonderie — Conditions techniques de fourniture — Partie 1 : Généralités.*

EN 1559-2, *Fonderie — Conditions techniques de fourniture — Partie 2 : Spécifications complémentaires pour les pièces moulées en acier.* 

2.2.3 Produits consommables pour soudage

EN 756, *Produits consommables pour le soudage — Fils pleins, couples fils pleins-flux et fils fourrés-flux pour le soudage à l'arc sous flux des aciers non alliés et à grains fins — Classification.*

EN 757, *Produits consommables pour le soudage — Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers à haute résistance — Classification.*



EN 760, *Produits consommables pour le soudage — Flux pour le soudage à l'arc sous flux — Classification.*

EN 1600, *Produits consommables pour le soudage — Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers inoxydables et résistant aux températures élevées — Classification.*

EN 13479, *Produits consommables pour le soudage — Norme produit générale pour les métaux d'apport et les flux pour le soudage par fusion de matériaux métalliques.*

EN 14295, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes pleins et fils-électrodes fourrés et couples fils-flux pour le soudage sous flux des aciers à haute résistance — Classification.*

EN ISO 636, *Produits consommables pour le soudage — Baguettes et fils pour dépôts par soudage TIG des aciers non alliés et des aciers à grains fins — Classification (ISO 636:2004).*

EN ISO 2560, *Produits consommables pour le soudage — Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers non alliés et des aciers à grain fin — Classification*  (ISO 2560:2009) .

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

EN ISO 13918, *Soudage — Goujons et bagues en céramique pour le soudage à l'arc des goujons* (ISO 13918:1998).

EN ISO 14175, *Produits consommables pour le soudage — Gaz et mélanges gazeux pour le soudage par fusion et les techniques connexes* (ISO 14175:2008).

EN ISO 14341, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes et dépôts pour le soudage à l'arc sous protection gazeuse des aciers non alliés et à grains fins — Classification* (ISO 14341:2002).

EN ISO 14343, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes, fils d'apport et baguettes d'apport pour le soudage à l'arc des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées — Classification* A1 (ISO 14343:2009) A1 .

EN ISO 16834, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes, fils, baguettes et dépôts pour le soudage à l'arc sous flux gazeux des aciers à haute résistance — Classification* (ISO 16834:2006).

EN ISO 17632, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes fourrés pour soudage à l'arc avec ou sans gaz de protection des aciers non alliés et des aciers à grains fins — Classification* (ISO 17632:2004).

EN ISO 17633, *Produits consommables pour le soudage — Fils et baguettes fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans protection gazeuse des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées — Classification* A1 (ISO 17633:2010) A1 .

EN ISO 18276, *Produits consommables pour le soudage — Fils-électrodes fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans gaz de protection des aciers à haute résistance — Classification* (ISO 18276:2005).

2.2.4 Fixations mécaniques

EN 14399-1, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 1 : Généralités.*

EN 14399-2, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 2 : Essai d'aptitude à l'emploi pour la mise en précontrainte.*

EN 14399-3, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 3 : Système HR — Boulons à tête hexagonale (vis + écrou + rondelle).*

EN 14399-4, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 4 : Système HV — Boulons à tête hexagonale (vis + écrou + rondelle).*

EN 14399-5, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 5 : Rondelles plates pour systèmes HR.*

EN 14399-6, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 6 : Rondelles plates chanfreinées (pour systèmes HR et HV).*

EN 14399-7, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 7 : Système HR — Boulons à tête fraisée (vis + écrou).*

EN 14399-8, *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 8 : Système HV — Boulons ajustés à tête hexagonale (vis + écrou).*



A1 EN 14399-9 A1 , *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 9 : Système HR ou HV — Boulons avec rondelles indicatrices de précontrainte.*

A1 EN 14399-10 A1 , *Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte — Partie 10 : Système HRC — Boulons (vis + écrou + rondelle) à précontrainte calibrée.*

EN 15048-1, *Ensembles de boulonnerie de construction non précontraints — Partie 1 : Exigences générales.*



EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



EN 20898-2, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation — Partie 2 : Ecrous avec charges d'épreuve spécifiées ; filetage à pas gros* (ISO 898-2:1992).

EN ISO 898-1, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier au carbone et en acier allié — Partie 1 :  Vis, goujons et tiges filetées de classes de qualité spécifiées — Filetages à pas gros et filetages à pas fin* (ISO 898-1:2009) .

EN ISO 1479, *Vis à tôle à tête hexagonale* (ISO 1479:1983).

EN ISO 1481, *Vis à tôle à tête cylindrique large, fendue* (ISO 1481:1983).

EN ISO 3506-1, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion — Partie 1 : Vis et goujons  (ISO 3506-1:2009) .*

EN ISO 3506-2, *Caractéristiques mécaniques des éléments de fixation en acier inoxydable résistant à la corrosion — Partie 2 : Ecrous  (ISO 3506-2:2009) .*

 EN ISO 4042, *Éléments de fixation — Revêtements électrolytiques* (ISO 4042:1999). 

EN ISO 6789, *Outils de manœuvre pour vis et écrous — Outils dynamométriques à commande manuelle — Exigences et méthodes d'essai pour vérifier la conformité de conception, la conformité de qualité et la procédure de réétalonnage* (ISO 6789:2003).

EN ISO 7049, *Vis à tôle à tête cylindrique bombée large à empreinte cruciforme* (ISO 7049:1983).

 EN ISO 7089, *Rondelles plates — Série normale — Grade A* (ISO 7089:2000).


EN ISO 7090, *Rondelles plates, chanfreinées — Série normale — Grade A* (ISO 7090:2000).

EN ISO 7091, *Rondelles plates — Série normale — Grade C* (ISO 7091:2000).

EN ISO 7092, *Rondelles plates — Série étroite — Grade A* (ISO 7092:2000).

EN ISO 7093-1, *Rondelles plates — Série large — Partie 1 : Grade A* (ISO 7093-1:2000).

EN ISO 7093-2, *Rondelles plates — Série large — Partie 2 : Grade C* (ISO 7093-2:2000).

EN ISO 7094, *Rondelles plates — Série très large — Grade C* (ISO 7094:2000) (Rectificatif technique AC:2002 incorporé). 

EN ISO 10684, *Éléments de fixation — Revêtements de galvanisation à chaud* (ISO 10684:2004).

EN ISO 15480, *Vis autoperceuses à tête hexagonale à embase plate, avec filetage de vis à tôle* (ISO 15480:1999).

EN ISO 15976, *Rivets aveugles à rupture de tige à corps fermé, à tête bombée — St/St* (ISO 15976:2002).

EN ISO 15979, *Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée — St/St* (ISO 15979:2002).

EN ISO 15980, *Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête fraisée — St/St* (ISO 15980:2002).

EN ISO 15983, *Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert, à tête bombée — A2/A2* (ISO 15983:2002).

EN ISO 15984, *Rivets aveugles à rupture de tige à corps ouvert à tête fraisée — A2/A2* (ISO 15984:2002).

ISO 10509, *Vis à tôle à tête hexagonale à embase cylindro-tronconique*.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

2.2.5 Câbles à haute résistance

prEN 10138-3, *Armatures de précontrainte — Partie 3 : Torons.*

EN 10244-2, *Fils et produits tréfilés en acier — Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier — Partie 2 : Revêtements de zinc ou d'alliage de zinc.*

EN 10264-3, *Fils et produits tréfilés en acier — Fils pour câbles — Partie 3 : Fils écrouis par tréfilage et mise en forme à froid, en acier non allié, pour fortes sollicitations.*

EN 10264-4, *Fils et produits tréfilés en acier — Fils pour câbles — Partie 4 : Fils tréfilés en acier inoxydable.*

EN 12385-1, *Câbles en acier — Sécurité — Partie 1 : Prescriptions générales.*

EN 12385-10, *Câbles en acier — Sécurité — Partie 10 : Câbles spiraloïdaux pour applications générales de structures.*

EN 13411-4, *Terminaisons pour câbles en fils d'acier — Sécurité — Partie 4 : Manchonnage à l'aide de métal ou résine.*

2.2.6 Appareils d'appui structuraux

EN 1337-2, *Appareils d'appui structuraux — Partie 2 : Éléments de glissement.*

EN 1337-3, *Appareils d'appui structuraux — Partie 3 : Appareils d'appui en élastomère.*

EN 1337-4, *Appareils d'appui structuraux — Partie 4 : Appareils d'appui à rouleau.*

EN 1337-5, *Appareils d'appui structuraux — Partie 5 : Appareils d'appui à pot.*



EN 1337-6, *Appareils d'appui structuraux — Partie 6 : Appareils d'appui à balanciers.*

EN 1337-7, *Appareils d'appui structuraux — Partie 7 : Appareils d'appui cylindriques et sphériques comportant du PTFE.*

EN 1337-8, *Appareils d'appui structuraux — Partie 8 : Appareils d'appui guidés et appareils d'appui bloqués.*

2.3 Préparation

EN ISO 9013, *Coupage thermique — Classification des coupes thermiques — Spécification géométrique des produits et tolérances relatives à la qualité (ISO 9013:2002).*

ISO 286-2,  *Spécification géométrique des produits (GPS) — Système de codification ISO pour les tolérances sur les tailles linéaires — Partie 2 : Tableaux des classes de tolérance normalisées et des écarts limites des alésages et des arbres.* 

CEN/TR 10347, *Guide pour le formage des aciers de construction lors de leur mise en œuvre.*

2.4 Soudage

EN 287-1, *Épreuve de qualification des soudeurs — Soudage par fusion — Partie 1 : Aciers.*

EN 1011-1:1998, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 1 : Lignes directrices générales pour le soudage à l'arc.*



EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

EN 1011-2:2001, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 2 : Soudage à l'arc des aciers ferritiques.*

EN 1011-3, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 3 : Soudage à l'arc des aciers inoxydables.*

EN 1418, *Personnel en soudage — Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs pour le soudage par fusion et des régleurs en soudage par résistance pour le soudage totalement mécanisé et automatique des matériaux métalliques.*

EN ISO 3834 (toutes parties), *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques* (ISO 3834:2005).

EN ISO 4063, *Soudage et techniques connexes — Nomenclature et numérotation des procédés*  (ISO 4063:2009, version corrigée du 01-03-2010) .

EN ISO 5817, *Soudage — Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) — Niveaux de qualité par rapport aux défauts* (ISO 5817:2003, version corrigée:2005, inclus corrigendum technique 1:2006).

EN ISO 9692-1, *Soudage et techniques connexes — Recommandations pour la préparation de joints — Partie 1 : soudage manuel à l'arc avec électrode enrobée, soudage à l'arc avec électrode fusible sous protection gazeuse, soudage aux gaz, soudage TIG et soudage par faisceau des aciers* (ISO 9692-1:2003).

EN ISO 9692-2, *Soudage et techniques connexes — Préparation de joints — Partie 2 : Soudage à l'arc sous flux en poudre des aciers* (ISO 9692-2:1998).

EN ISO 13916, *Soudage — Lignes directrices pour le mesurage de la température de préchauffage, de la température entre passes et de la température de maintien du préchauffage* (ISO 13916:1996).



EN ISO 14373, *Soudage par résistance — Mode opératoire pour le soudage par points des aciers à bas carbone revêtus et non revêtus* (ISO 14373:2006).

EN ISO 14554 (toutes parties), *Exigences de qualité en soudage — Soudage par résistance des matériaux métalliques* (ISO 14554:2000).

EN ISO 14555, *Soudage — Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques* (ISO 14555:2006).

EN ISO 14731, *Coordination en soudage — Taches et responsabilités* (ISO 14731:2006).

EN ISO 15609-1, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 1 : Soudage à l'arc* (ISO 15609-1:2004).

EN ISO 15609-4, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 4 : Soudage par faisceau laser*  (ISO 15609-4:2009) .

EN ISO 15609-5, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Descriptif d'un mode opératoire de soudage — Partie 5 : Soudage par résistance* (ISO 15609-5:2004).

EN ISO 15610, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Qualification basée sur des produits consommables soumis à essais* (ISO 15610:2003).

EN ISO 15611, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Qualification sur la base de l'expérience en soudage* (ISO 15611:2003).

EN ISO 15612, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard* (ISO 15612:2004).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

EN ISO 15613, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Qualification sur la base d'un assemblage soudé de préproduction* (ISO 15613:2004).

EN ISO 15614-1, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage — Partie 1 : Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc des nickels et alliages de nickel* (ISO 15614-1:2004).

EN ISO 15614-11, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage — Partie 11 : Soudage par faisceau d'électrons et par faisceau laser* (ISO 15614-11:2002).

EN ISO 15614-13, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage — Partie 13 : Soudage en bout par résistance pure et soudage par étincelage* (ISO 15614-13:2005).

EN ISO 15620, *Soudage — Soudage par friction des matériaux métalliques* (ISO 15620:2000).

EN ISO 16432, *Soudage par résistance — Procédure pour le soudage par bossage(s) embouti(s) des aciers à bas carbone revêtus et non revêtus* (ISO 16432:2006).

EN ISO 16433, *Soudage par résistance — Mode opératoire pour le soudage à la molette des aciers à bas carbone revêtus et non revêtus* (ISO 16433:2006).

2.5 Essais

EN 473, *Essais non destructifs — Qualification et certification du personnel END — Principes généraux*.

EN 571-1, *Essais non destructifs — Examen par ressuage — Partie 1 : Principes généraux*.

EN 970, *Contrôle non destructif des assemblages soudés par fusion — Contrôle visual*.

EN 1290, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par magnétoscopie des assemblages soudés*.

EN 1435, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par radiographie des assemblages soudés + Corrigendums à l'EN 1435*.

EN 1713, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons — Caractérisation des indications de soudures*.

EN 1714, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Contrôle par ultrasons des assemblages soudés*.

EN 10160, *Contrôle ultrasonore des produits plats en acier d'épaisseur égale ou supérieure à 6 mm (méthode par réflexion)*.

EN 12062:1997, *Contrôle non destructif des assemblages soudés — Règles générales pour les matériaux métalliques*.

EN ISO 6507 (toutes parties), *Matériaux métalliques — Essai de dureté Vickers* (ISO 6507:2005).

EN ISO 9018, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de traction des assemblages en croix et à recouvrement* (ISO 9018:2003).

EN ISO 10447, *Soudage — Essais de pelage et de déboutonnage au burin appliqués aux soudures par résistance par points, par bossages et à la molette* (ISO 10447:2006).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

2.6 Montage

EN 1337-11, *Appareils d'appui structuraux — Partie 11 : Transport, entreposage intermédiaire et montage.*

ISO 4463-1, *Méthodes de mesurage pour la construction — Piquetage et mesurage — Partie 1 : Planification et organisation, procédures de mesurage et critères d'acceptation.*

ISO 7976-1, *Tolérances pour le bâtiment — Méthodes de mesure des bâtiments et des produits pour le bâtiment — Partie 1 : Méthodes et instruments.*

ISO 7976-2, *Tolérances pour le bâtiment — Méthodes de mesure des bâtiments et des produits pour le bâtiment — Partie 2 : Positions des points de mesure.*

ISO 17123 (toutes parties), *Optique et instruments d'optique — Méthodes d'essai sur site des instruments géodésiques et d'observation.*

2.7 Protection contre la corrosion

EN 14616, *Projection thermique — Recommandations pour la projection thermique.*

EN 15311, *Projection thermique — Éléments traités par projection thermique — Conditions techniques de livraison.*

EN ISO 1461:1999, *Revêtements par galvanisation à chaud sur produits finis ferreux — Spécifications et méthodes d'essai (ISO 1461:1999).*

EN ISO 2063, *Projection thermique — Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques — Zinc, aluminium et alliages de ces métaux (ISO 2063:2005).*

EN ISO 2808, *Peintures et vernis — Détermination de l'épaisseur du feuillet (ISO 2808:2007).*

EN ISO 8501 (toutes parties), *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés — Évaluation visuelle de la propreté d'un subjectile.*

EN ISO 8503-1, *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés. Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés — Partie 1 : Spécifications et définitions relatives aux échantillons de comparaison viso-tactile ISO pour caractériser les surfaces préparées par projection d'abrasif (ISO 8503-1:1988).*

EN ISO 8503-2, *Préparation des subjectiles d'acier avant application de peintures et de produits assimilés. Caractéristiques de rugosité des subjectiles d'acier décapés — Partie 2 : Méthode pour caractériser un profil de surface en acier décapé par projection d'abrasif. Utilisation d'échantillons de comparaison viso-tactile ISO (ISO 8503-2:1988).*

EN ISO 12944 (toutes parties), *Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture (ISO 12944:1998).*

A1 EN ISO 14713-1, *Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions — Partie 1 : Principes généraux de conception et de résistance à la corrosion (ISO 14713-1:2009).*

EN ISO 14713-2, *Revêtements de zinc — Lignes directrices et recommandations pour la protection contre la corrosion du fer et de l'acier dans les constructions — Partie 2 : Galvanisation à chaud (ISO 14713-2:2009).* **A1**

ISO 19840, *Peintures et vernis — Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture — Mesure et critères d'acceptation de l'épaisseur d'un feuillet sec sur des surfaces rugueuses.*

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

2.8 Tolérances

EN ISO 13920, *Soudage — Tolérances générales relatives aux constructions soudées — Dimensions des longueurs et angles — Formes et positions* (ISO 13920:1996).

2.9 Divers

EN 508-1, *Produits de couverture en tôle métallique — Spécification pour les plaques de couverture en tôle d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable — Partie 1 : Acier.*

EN 508-3, *Produits de couverture en tôle métallique — Spécification pour les plaques de couverture en tôle d'acier, d'aluminium ou d'acier inoxydable — Partie 3 : Acier inoxydable.*

EN 1993-1-6, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-6 : Résistance et stabilité des structures en coque.*

EN 1993-1-8, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-8 : Calcul des assemblages.*

EN 13670, *Exécution des structures en béton.*

ISO 2859-5, *Règles d'échantillonnage pour les contrôles par attributs — Partie 5 : Système de plans d'échantillonnage progressif pour le contrôle lot par lot, indexés d'après la limite d'acceptation de qualité (LAQ).*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente norme, les termes et définitions suivants s'appliquent :

3.1 construction

tout ce qui est construit ou résulte d'opérations de construction. Ce terme englobe à la fois les travaux de bâtiment et de génie civil. Il fait référence à la construction complète comprenant les éléments structuraux ou non

3.2 travaux

parties de la construction qui sont des charpentes en acier

3.3 charpente en acier

structures ou éléments de structure en acier utilisés dans les travaux de construction

3.4 constructeur

personne ou organisation réalisant l'exécution de l'ouvrage (dénommé fournisseur dans l'EN ISO 9000)

3.5 structure

voir l'EN 1990

3.6 fabrication

ensemble des activités requises pour produire et livrer un élément. Selon le cas, ceci comprend par exemple l'approvisionnement, la préparation et l'assemblage, le soudage, les fixations mécaniques, le transport, le traitement des surfaces ainsi que tous les contrôles et la documentation concernant ces opérations

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

3.7

exécution

ensemble des activités effectuées en vue de la réalisation physique de la construction, c'est-à-dire approvisionnement, fabrication, soudage, fixations mécaniques, transport, montage, traitement des surfaces ainsi que tous les contrôles et la documentation concernant ces opérations

3.7.1

cahier des charges d'exécution

jeu de documents couvrant les données techniques et les exigences pour l'exécution d'une structure particulière en acier y compris celles spécifiées pour compléter et modifier les règles de la présente Norme européenne

NOTE 1 Le cahier des charges d'exécution comporte des exigences là où la présente Norme européenne identifie des points à spécifier.

NOTE 2 Le cahier des charges d'exécution peut être considéré comme un ensemble complet d'exigences pour la fabrication et l'installation des éléments de construction en acier, les exigences pour la fabrication étant données en tant qu'ensemble de spécifications des éléments conformément à l'EN 1090-1.

3.7.2

classe d'exécution

ensemble classifié d'exigences requises pour l'exécution de l'ouvrage dans son ensemble, d'un élément particulier ou d'un détail d'un élément

3.8

catégorie de service

catégorie qui caractérise un élément en termes de conditions de son utilisation

3.9

catégorie de production

catégorie qui caractérise un élément en termes de méthodes utilisées pour son exécution

3.10

produit constitutif

matériau et produit utilisés pour fabriquer un élément et qui continue d'en faire partie, par exemple, produit en acier de construction, produit en acier inoxydable, fixation mécanique, produit consommable pour le soudage

3.11

élément

partie de la structure en acier, qui peut elle-même être un assemblage de plusieurs éléments de plus petites dimensions

3.11.1

élément formé à froid

voir les EN 10079 et EN 10131

3.12

préparation

ensemble des activités effectuées sur des produits constitutifs en acier pour les préparer en vue de leur assemblage et incorporation dans des éléments. Selon le cas, ceci comprend par exemple l'identification, la manutention et le stockage, le coupage, le formage et le perçage.

3.13

méthode de montage servant de base au projet

grandes lignes d'une méthode de montage sur laquelle est fondé le calcul de la structure, (également appelé séquence de montage de calcul)

3.13.1

programme de montage

dossier décrivant les procédures à utiliser pour le montage d'une structure

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

3.14

non-conformité

voir l'EN ISO 9000

3.15

END/CND (essai non destructif) supplémentaire

technique END/CND qui s'ajoute au contrôle visuel, par exemple, un contrôle par magnétoscopie, un contrôle par ressuage, un contrôle par courants de Foucault, un contrôle par ultrasons ou un contrôle par radiographie

3.16

tolérance

voir l'ISO 1803

3.16.1

tolérance essentielle

limites fondamentales des tolérances géométriques nécessaires à la conformité aux hypothèses de calcul pour les structures en termes de résistance mécanique et de stabilité

3.16.2

tolérance fonctionnelle

tolérance géométrique qui peut être requise pour remplir une fonction autre que la résistance mécanique et la stabilité, par exemple l'aspect ou la concordance

3.16.3

tolérance spéciale

tolérance géométrique qui n'est pas couverte par les types ou valeurs de tolérances fournis dans les tableaux dans la présente Norme européenne et qui doit être spécifiée dans un cas particulier

3.16.4

tolérance de fabrication

étendue autorisée dans la valeur d'une dimension d'un élément, résultant de la fabrication de l'élément

4 Cahiers des charges et dossier

4.1 Cahier des charges d'exécution

4.1.1 Généralités

Les exigences techniques et informations nécessaires à l'exécution de chaque partie de l'ouvrage doivent être agréées et complètes avant le commencement de l'exécution de cette partie de l'ouvrage. Il doit exister des procédures permettant d'apporter des modifications à un cahier des charges d'exécution préalablement agréé. Le cahier des charges d'exécution doit comporter les éléments suivants, selon les cas :

- a) des informations supplémentaires, telles qu'énumérées en A.1 ;
- b) des options, telles qu'énumérées en A.2 ;
- c) les classes d'exécution (voir 4.1.2) ;
- d) les degrés de préparation (voir 4.1.3) ;
- e) les classes de tolérance (voir 4.1.4) ;
- f) les exigences techniques concernant la sécurité des travaux (voir 4.2.3 et 9.2).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

4.1.2 Classes d'exécution

Quatre classes d'exécution 1 à 4, appelées EXC1 à EXC4, sont données, pour lesquelles la rigueur des exigences augmente de EXC1 à EXC4.

Les classes d'exécution peuvent s'appliquer à l'ensemble de la structure, à une partie de la structure ou à des détails spécifiques. Une structure peut comporter plusieurs classes d'exécution. Un détail ou un groupe de détails sera normalement affecté à une seule classe d'exécution. Toutefois, le choix d'une classe d'exécution n'est pas nécessairement le même pour toutes les exigences.

Si aucune classe d'exécution n'est spécifiée, EXC2 doit s'appliquer.

La liste des exigences liées aux classes d'exécution est donnée en A.3.

Des recommandations pour le choix des classes d'exécution sont fournies dans l'Annexe B.

NOTE Le choix des classes d'exécution dépend des catégories de production et aux catégories de service, en liaison avec les classes de conséquences telles que définies dans l'Annexe B de l'EN 1990.

4.1.3 Degrés de préparation

Trois degrés de préparation, appelés P1 à P3 selon l'ISO 8501-3, sont donnés, dont la rigueur des exigences augmente de P1 à P3.

NOTE Les degrés de préparation dépendent de la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et de la catégorie de corrosivité telle que définie à l'article 10.

Les degrés de préparation peuvent s'appliquer à l'ensemble de la structure, à une partie de la structure ou à des détails spécifiques. Une structure peut comporter plusieurs degrés de préparation. Un détail ou un groupe de détails sera normalement affecté à un seul degré de préparation.

4.1.4 Tolérances géométriques





Deux types de tolérances géométriques sont définis au 11.1 :

- a) tolérances essentielles
- b) tolérances fonctionnelles, avec deux classes pour lesquelles la rigueur des exigences augmente de la classe 1 à la classe 2.

4.2 Dossier du constructeur

4.2.1 Dossier qualité

Les points suivants doivent être documentés pour EXC2, EC3 et EXC4 :

- a)  l'organigramme et le personnel d'encadrement responsable de chaque aspect de l'exécution ; 
- b) les procédures, méthodes et instructions de travail devant être appliquées ;
- c) un plan de contrôle spécifique à l'ouvrage ;
- d) une procédure de traitement des changements et modifications ;
- e) une procédure de traitement des non-conformités, demandes de dérogation et litiges concernant la qualité ;
- f)  tous les points d'arrêt spécifiés  ou exigences concernant les contrôles ou essais par tierce personne, et toutes les exigences d'accès correspondantes.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

4.2.2 Plan qualité

Il doit être précisé si un plan qualité concernant l'exécution de l'ouvrage est requis.

NOTE L'EN ISO 9000 donne la définition d'un plan qualité.

Il doit comporter :

- a) un document d'organisation générale qui doit aborder les points suivants :
 - 1) une revue des exigences du cahier des charges comparées aux capacités d'exécution ;
 - 2) A1 l'attribution des tâches et de l'autorité au cours des diverses phases du projet ; A1
 - 3) les principes et modalités d'organisation du contrôle, y compris l'attribution des responsabilités pour chaque tâche de contrôle ;
- b) le dossier qualité préalable à l'exécution A1 *texte supprimé* A1. Ces documents doivent être produits avant tout début d'exécution de la phase de construction à laquelle ils se rapportent ;
- c) les documents de suivi d'exécution qui contiennent les enregistrements des contrôles et vérifications réalisés, ou qui démontrent les qualifications et certifications des moyens mis en œuvre. A1 Les documents de suivi d'exécution relatifs à tout point d'arrêt spécifié doivent être produits avant que le point d'arrêt ne soit levé. A1

L'Annexe C donne une liste de vérification du contenu d'un plan qualité recommandé pour l'exécution des charpentes en acier avec une référence aux lignes directrices générales données dans l'ISO 10005.

4.2.3 Sécurité des travaux de montage

Les déclarations de méthodes donnant des instructions de travail détaillées doivent répondre aux exigences techniques concernant la sécurité des travaux de montage, telles que spécifiées au 9.2 et au 9.3.

4.2.4 Dossier d'exécution

Un dossier suffisant décrivant l'état de la structure telle que construite doit être préparé pendant les travaux pour démontrer que les travaux ont été réalisés conformément au cahier des charges d'exécution.

5 Produits constitutifs

5.1 Généralités

En général, les produits constitutifs devant être utilisés pour l'exécution des structures en acier doivent être choisis dans les Normes européennes applicables indiquées dans les articles suivants. Si des produits constitutifs non couverts par les normes répertoriées doivent être utilisés, leurs propriétés doivent être spécifiées.

Les définitions et prescriptions de l'EN 10021 doivent s'appliquer avec celles de la Norme européenne de produit applicable.

5.2 Identification, documents de contrôle et traçabilité

Les propriétés des produits constitutifs fournis doivent être indiquées dans des documents de façon à pouvoir les comparer aux propriétés spécifiées. Leur conformité à la norme de produit applicable doit être vérifiée conformément au 12.2.

Pour les produits métalliques, les documents de contrôle selon l'EN 10204 doivent être tels qu'énumérés au Tableau 1.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 1 — Documents de contrôle pour les produits métalliques

Produit constitutif	Documents de contrôle
Aciers de construction (Tableaux 2 et 3)	selon Tableau B.1 de l'EN 10025-1:2004 a), b)
Aciers inoxydables (Tableau 4)	3.1
Aciers moulés	selon Tableau B.1 de l'EN 10340:2007
Produits consommables pour le soudage (Tableau 5)	2.2
Boulonnerie de construction	2.1 ^{c)}
Rivets à chaud	2.1 ^{c)}
Vis autotaraudeuses et autoperceuses et rivets aveugles	2.1
Goujons pour soudage à l'arc	2.1 ^{c)}
Joints de dilatation pour ponts	3.1
Câbles à haute résistance	3.1
Appareils d'appui structuraux	3.1
<p>a) Pour les aciers S355JR et J0, un certificat de réception 3.1 est exigé pour les classes EXC2, EXC3 et EXC4.</p> <p>b) L'EN 10025-1 requiert que les éléments inclus dans la formule CEV soient consignés dans le document de contrôle. Il convient d'inclure Al, Nb et Ti dans le rapport relatif aux autres éléments ajoutés requis par l'EN 10025-2.</p> <p>c) Si un certificat 3.1 est requis, il peut être remplacé par une marque d'identification du lot de fabrication.</p>	

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la traçabilité des produits constitutifs doit être assurée à toutes les étapes, depuis l'approvisionnement jusqu'à la réception après incorporation dans l'ouvrage.

Cette traçabilité peut être basée sur des enregistrements concernant des lots de produit destinés à une gamme de fabrication commune, à moins qu'une traçabilité individuelle ne soit requise.

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, si différentes nuances et/ou qualités de produits constitutifs se trouvent ensemble en circulation, chaque article doit être pourvu d'un marquage identifiant sa nuance.

Les méthodes de marquage doivent être conformes à celles utilisées pour le marquage des éléments comme indiqué au 6.2.

Si un marquage est exigé, les produits constitutifs non marqués doivent être traités comme des produits non conformes.

5.3 Aciers de construction

5.3.1 Généralités

Sauf spécification contraire, les produits en acier de construction doivent être conformes aux exigences des normes de produit européennes applicables énumérées dans les Tableaux 2, 3 et 4. Les nuances, qualités et, si nécessaire, les masses de revêtement et finitions, doivent être spécifiées, ainsi que les options requises autorisées par la norme de produit, y compris celles se rapportant à l'aptitude au zingage par immersion à chaud, si nécessaire.

Les produits en acier devant être utilisés pour la fabrication d'éléments formés à froid doivent présenter des caractéristiques qui sont conformes à l'aptitude requise pour le formage à froid. Le Tableau 3 énumère les aciers au carbone aptes au formage à froid.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 2 — Normes de produit pour les aciers de construction au carbone

Produits	Conditions techniques de livraison	Dimensions	Tolérances
Profilés I et H	EN 10025-1 et EN 10025-2 EN 10025-3 EN 10025-4 EN 10025-5 EN 10025-6 selon le cas	Non disponible	EN 10034
Profilés en I à ailes inclinées laminés à chaud		Non disponible	EN 10024
Profilés en U		Non disponible	EN 10279
Cornières à ailes égales et inégales		EN 10056-1	EN 10056-2
Fers T		EN 10055	EN 10055
Tôles, plats, larges plats		Sans objet	EN 10029 EN 10051
Barres et profils		EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
Profils creux finis à chaud	EN 10210-1	EN 10210-2	EN 10210-2
Profils creux formés à froid	EN 10219-1	EN 10219-2	EN 10219-2

NOTE L'EN 10020 donne les définitions et la classification des nuances d'acier. Les désignations symboliques et les désignations numériques des aciers sont respectivement données dans les EN 10027-1 et EN 10027-2.

Tableau 3 — Normes de produit pour tôles et bandes aptes au formage à froid

Produits	Conditions techniques de livraison	Tolérances
Aciers de construction non alliés	EN 10025-2	EN 10051
Aciers de construction soudables à grains fins	EN 10025-3, EN 10025-4	EN 10051
Aciers à haute limite d'élasticité pour formage à froid	EN 10149 A1, EN 10268	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN 10131, EN 10140 A1
Aciers laminés à froid	ISO 4997	EN 10131
Aciers revêtus en continu par immersion à chaud	EN 10346 A1	EN 10143
Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques	EN 10169 A1	EN 10169 A1
Feuillards	EN 10139	EN 10048 EN 10140

Tableau 4 — Normes de produit pour les aciers inoxydables

Produits	Conditions techniques de livraison	Tolérances
Tôles, plaques et bandes	EN 10088-2	EN 10029, EN 10048, EN 10051, EN ISO 9445
Tubes (soudés)	EN 10296-2	EN ISO 1127
Tubes (sans soudure)	EN 10297-2	
Barres, fils-machine et profils	EN 10088-3	EN 10017, EN 10058, EN 10059, EN 10060, EN 10061
NOTE Les désignations symboliques et numériques des aciers sont données dans l'EN 10088-1.		

5.3.2 Tolérances d'épaisseur

Sauf spécification contraire, et conformément à l'EN 10029, les tolérances d'épaisseur pour les tôles d'acier de construction doivent être les suivantes :

EXC4 : Classe B.

Pour les autres produits en acier de construction et acier inoxydable, la classe d'épaisseur A doit être utilisée, sauf spécification contraire.

5.3.3 États de surface

Pour les aciers au carbone, les exigences relatives à l'état de surface sont les suivantes :

- a) classe A2 pour les plaques et les larges plats conformes aux exigences de l'EN 10163-2 ;
- b) classe C1 pour les profilés conformes aux exigences de l'EN 10163-3. Le cahier des charges d'exécution doit spécifier si les imperfections telles que les fissures, écailles et criques doivent être réparées.

Si des états de surfaces plus restrictifs sont requis pour les plaques des classes d'exécution EXC3 et EXC4, ils doivent être spécifiés.

Les exigences relatives aux finitions de surface des aciers inoxydables doivent être les suivantes :

- a) tôles, larges bandes et larges bandes refendues : conformément aux prescriptions de l'EN 10088-2 ;
- b) barres, fils machine et profils : conformément aux prescriptions de l'EN 10088-3.



Les exigences supplémentaires relatives aux points suivants : restrictions particulières concernant les imperfections de surface ou réparation des défauts superficiels par meulage conformément à l'EN 10163, ou à l'EN 10088 pour l'acier inoxydable, doivent être spécifiées.

Pour les autres produits, les exigences relatives aux finitions de surface doivent être spécifiées en termes de spécifications européennes et internationales.

Si la spécification applicable ne définit pas avec précision les finitions de surface décoratives ou particulières, le type de finition doit être spécifié.

L'état de surface des produits constitutifs doit être tel que les exigences applicables pour le degré de préparation des surfaces conformément au 10.2 puissent être satisfaites.

5.3.4 Caractéristiques particulières

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la classe de qualité S1 de discontinuités interne selon l'EN 10160 doit être  utilisée  pour les assemblages soudés en croix transmettant des contraintes principales de traction dans l'épaisseur de la tôle, sur une bande dont la largeur est quatre fois l'épaisseur de la tôle de chaque côté de la liaison proposée.

Il doit être spécifié s'il convient de rechercher l'existence de discontinuités internes dans les zones situées à proximité de diaphragmes ou de raidisseurs d'appui. Dans ce cas, la classe de qualité S1 de l'EN 10160 doit s'appliquer à une bande de semelle ou d'âme dont la largeur est 25 fois l'épaisseur de la tôle de chaque côté du diaphragme ou du raidisseur d'appui, si l'assemblage est réalisé par soudage.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

De plus, les exigences liées aux points suivants doivent être spécifiées, le cas échéant :

- essais effectués sur les produits constitutifs, autres qu'en aciers inoxydables, en vue d'identifier les discontinuités internes ou fissures dans les zones à souder ;
- caractéristiques de déformation améliorées dans le sens perpendiculaire à la surface des produits constitutifs, autres qu'en aciers inoxydables, conformément à l'EN 10164 ;
- conditions particulières de livraison des aciers inoxydables, par exemple essai de résistance à la corrosion par piqures en milieu azoté (PRE(N)) ou essai de corrosion accéléré. Sauf spécification contraire, le PRE(N) doit être donné par (Cr + 3,3 Mo + 16 N), les éléments étant en pourcentage de leur masse ;
- conditions de traitement si les produits constitutifs doivent être traités avant la livraison.

NOTE Ces traitements sont, par exemple, un traitement thermique, un cintrage et un pliage.

5.4 Aciers moulés

Les aciers moulés doivent être conformes aux exigences de l'EN 10340. Les nuances, qualités et, si nécessaire, les finitions doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la [A1] norme de produit contenant les informations et options nécessaires telles que requises dans l'EN 1559-1 et l'EN 1559-2 [A1].

5.5 Produits consommables pour le soudage

Tous les produits consommables pour le soudage doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 13479 et de la norme de produit appropriée, tel qu'indiqué dans le Tableau 5.

Tableau 5 — Normes de produit relatives aux produits consommables pour le soudage

Produits consommables pour le soudage	Normes de produit
Gaz de protection pour le soudage et le coupage à l'arc	EN ISO 14175
Fils-électrodes et dépôts pour le soudage à l'arc sous gaz des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 14341
Fils pleins, fils fourrés et couples fils-flux pour le soudage à l'arc sous flux des aciers non alliés et à grains fins	EN 756
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers à haute résistance	EN 757
Fils fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans protection gazeuse des aciers non alliés et à grains fins	EN ISO 17632
Flux pour le soudage à l'arc sous flux	EN 760
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN 1600
Baguettes, fils d'apport et dépôts pour le soudage sous atmosphère inerte avec électrode réfractaire des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 636
Électrodes enrobées pour le soudage manuel à l'arc des aciers non alliés et des aciers à grains fins	EN ISO 2560
Fils-électrodes, fils d'apport et baguettes d'apport pour le soudage à l'arc des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN ISO 14343
Fils-électrodes, fils, baguettes et dépôts en soudage à l'arc sous protection gazeuse des aciers à haute résistance	EN ISO 16834
Fils-électrodes pleins et fils-électrodes fourrés et couples fils-flux pour le soudage sous flux des aciers à haute résistance	EN 14295
Fils fourrés pour le soudage à l'arc avec ou sans protection gazeuse des aciers inoxydables et des aciers résistant aux températures élevées	EN ISO 17633
Fils fourrés pour le soudage à l'arc sous protection gazeuse des aciers à haute résistance	EN ISO 18276

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Le type de produits consommables pour le soudage doit être approprié au procédé de soudage, au matériau à souder et au mode opératoire de soudage.

Pour les nuances d'acier supérieures à S355, l'utilisation de produits consommables et de flux ayant un indice de basicité moyen à élevé est recommandée pour les procédés de soudage : 111, 114, 121, 122, 136, 137 (voir les définitions des procédés de soudage en 7.3).

Pour le soudage d'un acier conforme à l'EN 10025-5, on doit utiliser des produits consommables permettant de garantir que les soudures finies auront une résistance à la corrosion atmosphérique au moins équivalente à celle du métal de base. Sauf spécification contraire, l'une des options proposées dans le Tableau 6 doit être utilisée.

**Tableau 6 — Produits consommables pour le soudage
à utiliser avec les aciers conformes à l'EN 10025-5**

Procédé	Option 1	Option 2	Option 3
111	Adéquation	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
135	Adéquation	2,5 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
121,122	Adéquation	2 % Ni	1 % Cr 0,5 % Mo
Adéquation : 0,5 % Cu et autres éléments d'alliage.			
NOTE Voir aussi 7.5.10.			

Pour le soudage des aciers inoxydables, on doit utiliser des produits consommables donnant des dépôts de soudure ayant une résistance à la corrosion au moins équivalente à celle du métal de base.

5.6 Éléments de fixation mécaniques

5.6.1 Généralités

La résistance à la corrosion des connecteurs, éléments de fixation et rondelles d'étanchéité doit être comparable à celle spécifiée pour les éléments fixés.

Les revêtements de galvanisation à chaud des éléments de fixation doivent être conformes à l'EN ISO 10684.

A1 Les revêtements électrolytiques des éléments de fixation doivent être conformes à l'EN ISO 4042. **A1**

Les revêtements de protection des composants des éléments de fixation doivent satisfaire aux exigences de la norme de produit pertinente ou, à défaut, aux recommandations du fabricant.

NOTE **A1** Il convient d'attirer l'attention sur le risque de fragilisation par l'hydrogène pendant le dépôt électrolytique ou la galvanisation par immersion à chaud des boulons 10.9. **A1**

5.6.2 Terminologie

Dans le corps du texte, on utilise la terminologie suivante :

- a) «rondelle» signifie : «rondelle plate ou rondelle plate chanfreinée» ;
- b) «boulon» signifie : «une vis avec un écrou et rondelle(s) si nécessaire(s)».

5.6.3 Boulons de construction destinés à des applications non précontraintes

Les boulons de construction destinés à des applications non précontraintes en acier au carbone ou allié et en acier inoxydable austénitique doivent être conformes à l'EN 15048-1.

Les boulons conformes à l'EN 14399-1 peuvent aussi être utilisés pour des applications non précontraintes.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

Les caractéristiques mécaniques doivent être précisées pour :

- a) les boulons en acier au carbone ou allié dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans l'EN ISO 898-1 et l'EN 20898-2 ;
- b) les boulons en acier inoxydable austénitique dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans l'EN ISO 3506-1 et l'EN 3506-2 ;
- c) les $\boxed{A_1}$ boulons $\langle A_1 \rangle$ en acier austéno-ferritique.

Sauf spécification contraire, les éléments de fixation conformes à l'EN ISO 898-1 et à l'EN 20898-2 ne doivent pas être utilisés pour assembler des aciers inoxydables conformes à l'EN 10088. Si des kits d'isolation doivent être utilisés, tous les détails concernant leur utilisation doivent être spécifiés.

5.6.4 Boulons de construction aptes à la précontrainte

Les boulons de construction à haute résistance aptes à la précontrainte comprennent les boulons du système HR, du système HV, et les boulons HRC. Ils doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 14399-1 et de la Norme européenne appropriée, tel qu'indiqué dans le Tableau 7.

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

Tableau 7 — Normes de produit pour les boulons de construction à haute résistance aptes à la précontrainte

Vis et écrous	Rondelles
EN 14399-3	EN 14399-5 EN 14399-6
EN 14399-4	
EN 14399-7	
EN 14399-8	
$\boxed{A_1}$ EN 14399-10 $\langle A_1 \rangle$	

Sauf spécification contraire, les vis en acier inoxydable ne doivent pas être utilisées dans les applications précontraintes. Si elles sont utilisées, elles doivent être traitées comme des éléments de fixation particuliers.

5.6.5 Indicateurs directs de précontrainte

Les indicateurs directs de précontrainte, ainsi que les rondelles durcies associées à placer sous l'écrou et la tête de la vis, doivent être conformes $\boxed{A_1}$ à l'EN 14399-9 $\langle A_1 \rangle$.

Les indicateurs directs de précontrainte ne doivent pas être utilisés avec les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique, ni avec les aciers inoxydables.

5.6.6 Boulons résistant à la corrosion atmosphérique

Les boulons résistant à la corrosion atmosphérique doivent être fabriqués à partir d'un matériau à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique dont la composition chimique doit être spécifiée.

NOTE Les éléments de fixation de nuance A type 3 conformes à la norme ASTM A325 conviennent $\boxed{A_1}$ [51] $\langle A_1 \rangle$.

Leurs caractéristiques mécaniques, performances et conditions de livraison doivent être conformes aux exigences de l'EN 14399-1 ou de l'EN 15048-1 selon le cas.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

5.6.7 Boulons d'ancrage

Les boulons d'ancrage doivent avoir des caractéristiques mécaniques conformes à l'EN ISO 898-1 ou être fabriqués à partir d'un acier laminé à chaud conforme aux EN 10025-2 à EN 10025-4. Si spécifié, il est permis d'utiliser des aciers pour béton armé. Dans ce cas, ils doivent être conformes à l'EN 10080 et la nuance d'acier doit être spécifiée.

5.6.8 Dispositifs de blocage

Si requis, les dispositifs de blocage, tels que les écrous autofreinés ou autres types de boulons qui empêchent efficacement tout desserrage de l'assemblage en cas d'impact ou de vibration importante, doivent être spécifiés.

Sauf indication contraire, il est permis d'utiliser les produits conformes aux EN ISO 2320, EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719, EN ISO 10511, EN ISO 10512 et EN ISO 10513.

5.6.9 Rondelles

5.6.9.1 Rondelles plates

Les rondelles spécifiées dans l'EN ISO 7089, l'EN ISO 7090, l'EN ISO 7091, l'EN ISO 7092, l'EN ISO 7093 ou l'EN ISO 7094 peuvent être utilisées pour les aciers au carbone. Les rondelles spécifiées dans l'EN ISO 7089, l'EN ISO 7090, l'EN ISO 7092 ou l'EN ISO 7093-1 peuvent être utilisées pour les aciers inoxydables. La dureté des rondelles doit être conforme aux exigences de l'EN 15048-1.

5.6.9.2 Rondelles biaises

Les rondelles biaises doivent être conformes à la norme de produit applicable. 

5.6.10 Rivets à chaud

Les rivets à chaud doivent être conformes à la norme de produit applicable.

5.6.11 Éléments de fixation pour éléments minces

Les vis autoperceuses doivent être conformes à l'EN ISO 15480 et les vis autotaraudeuses à l'EN ISO 1481, EN ISO 7049, EN ISO 1479 ou ISO 10509.

Les rivets aveugles doivent être conformes à l'EN ISO 15976, EN ISO 15979, EN ISO 15980, EN ISO 15983 ou EN ISO 15984.

Les clous pour pistoscellement par charge explosive et par air comprimé doivent être classés comme des éléments de fixation particuliers.

Les éléments de fixation mécaniques destinés à être utilisés dans des applications avec collaboration des parois doivent être d'un type spécifié pour une telle application.

5.6.12 Éléments de fixation particuliers

Les éléments de fixation particuliers sont des éléments de fixation qui ne sont pas couverts dans des normes européennes ou internationales. Ils doivent être spécifiés, tout comme les essais nécessaires.

NOTE L'utilisation d'éléments de fixation particuliers est traitée au 8.9.





Les boulons hexagonaux injectés doivent être classés comme éléments de fixation particuliers.

5.6.13 Livraison et identification

Les éléments de fixation selon 5.6.3 à 5.6.5 doivent être livrés et identifiés conformément aux exigences de la norme de produit pertinente.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les éléments de fixation selon 5.6.7 à 5.6.12 doivent être livrés et identifiés comme suit :

- a) Ils doivent être livrés dans un emballage durable et étiqueté afin que le contenu soit facilement identifiable.
- b)  l'étiquetage et les documents d'accompagnement doivent être conformes à la norme de produit et il convient qu'ils comportent  les informations suivantes sous une forme lisible et durable :
- l'identification du fabricant et, s'il y a lieu, les numéros de lot ;
 - le type d'élément de fixation et de matériau et, si nécessaire, son assemblage ;
 - le revêtement de protection ;
 - les dimensions en mm, s'il y a lieu pour le diamètre nominal et la longueur, et si nécessaire, le diamètre de la rondelle, l'épaisseur et la plage de compression efficace de la partie élastomère ;
 - la dimension du perçage, si nécessaire ;
 - pour les vis : les détails des valeurs limites de couple de serrage ;
 - pour les clous pour pistoscellement par charge explosive ou air comprimé : les informations concernant la puissance de tir ou la pression à utiliser, selon le cas.
- c)  Le marquage des éléments de fixation doit être conforme à la norme de produit. 

5.7 Goujons et connecteurs de cisaillement

Les goujons pour soudage à l'arc, y compris les connecteurs de cisaillement pour la construction mixte acier/béton, doivent être conformes aux exigences de l'EN ISO 13918.

Les connecteurs de cisaillement autres que du type goujon doivent être classés comme éléments de fixation particuliers et être conformes au 5.6.12.

5.8 Matériaux de scellement

Les matériaux de scellement à utiliser doivent être spécifiés. Ce doit être un coulis à base de ciment, un coulis spécial ou un béton fin.

Les coulis à base de ciment utilisés entre les platines métalliques ou plaques d'appui et les fondations en béton doivent être comme suit :

- a) pour une épaisseur nominale n'excédant pas 25 mm : ciment Portland pur ;
- b) pour une épaisseur nominale de 25 à 50 mm : mortier de ciment Portland fluide dont la teneur en ciment mélangé avec un granulat fin ne doit pas être inférieure à 1:1 ;
- c) pour une épaisseur nominale de 50 mm et plus : mortier de ciment Portland aussi sec que possible dont la teneur en ciment mélangé avec un granulat fin ne doit pas être inférieure à 1:2.

Les coulis spéciaux comprennent des produits à base de ciment contenant des adjuvants, des produits expansifs et des produits à base de résine. Les produits présentant un faible retrait sont recommandés.

Les coulis spéciaux doivent être accompagnés d'instructions détaillées de mise en œuvre attestées par le fabricant.

Le béton fin ne doit être utilisé qu'entre des platines métalliques ou plaques d'appui et des fondations en béton présentant un espace d'une épaisseur nominale de 50 mm et plus.

5.9 Joints de dilatation pour ponts

Les exigences relatives au type et aux caractéristiques des joints de dilatation doivent être spécifiées.

5.10 Câbles à haute résistance, tirants et terminaisons

Les fils pour câbles à haute résistance doivent être des fils en acier étirés à froid ou laminés à froid, conformes aux exigences de l'EN 10264-3 ou EN 10264-4. La valeur de la résistance à la traction doit être spécifiée ainsi que, si nécessaire, la classe de revêtement selon l'EN 10244-2.

Les torons de câbles à haute résistance doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 10138-3. La désignation et la classe du toron doivent être spécifiées.

Les câbles en acier doivent être conformes aux prescriptions de l'EN 12385-1 et de l'EN 12385-10. Les valeurs minimales de charge de rupture et de diamètre du câble en acier doivent être spécifiées ainsi que, si nécessaire, les exigences concernant la protection contre la corrosion.

Le matériau de remplissage des culots doit être conforme aux prescriptions de l'EN 13411-4. Il doit être choisi en tenant compte de la température de service et des actions de manière à éviter le fluage prolongé du toron en charge dans le culot.

5.11 Appareils d'appui structuraux

Les appareils d'appui structuraux doivent être conformes aux exigences de l'EN 1337-2, EN 1337-3, EN 1337-4, EN 1337-5, EN 1337-6, EN 1337-7 ou EN 1337-8 selon le cas.

6 Préparation et assemblage

6.1 Généralités

Le présent article spécifie les exigences pour le coupage, le formage, le perçage et l'assemblage d'éléments constitutifs en acier en vue d'une incorporation dans des ensembles.

NOTE Le soudage et la fixation mécanique sont traités aux articles 7 et au 8.

Les charpentes en acier doivent être fabriquées en respectant les prescriptions de l'article 10 et les tolérances spécifiées à l'article 11.

Les équipements utilisés dans le procédé de fabrication doivent être entretenus afin de s'assurer que l'utilisation, l'usure et la défaillance ne provoqueront pas d'irrégularité significative dans le procédé de fabrication.

6.2 Identification

À toutes les étapes de la fabrication, chaque pièce ou chaque ensemble de pièces similaires d'éléments en acier doit être identifiable au moyen d'un système approprié. Pour EXC3 et EXC4, les éléments terminés doivent être identifiés par rapport aux documents de contrôle.

L'identification peut être réalisée, selon le cas, par une mise en lots, par la forme et les dimensions de l'élément ou par l'utilisation de marques distinctes et durables appliquées de manière à ne provoquer aucune dégradation. Les encoches pratiquées au burin ne sont pas autorisées.

Sauf spécification contraire, les prescriptions suivantes s'appliquent aux marques frappées à froid, poinçonnées ou forées utilisés pour marquer des éléments isolés ou des ensembles de pièces similaires :

- a) ces marquages sont permis seulement pour les nuances d'acier jusqu'à S355 compris ;
- b) ils ne doivent pas être utilisés pour les aciers inoxydables ;
- c) ils ne doivent pas être utilisés sur les aciers revêtus pour éléments formés à froid ;
- d) ils doivent être utilisés uniquement dans les zones spécifiées où la méthode de marquage n'aurait aucun effet sur la résistance à la fatigue.

Si la frappe à froid ou des marques poinçonnées ou forées ne doivent pas être utilisées, on doit spécifier s'il est permis d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Sauf spécification contraire, il est permis d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis pour les aciers inoxydables.

Toutes les zones dans lesquelles les marques d'identification ne sont pas autorisées ou ne doivent pas être visibles une fois l'exécution terminée, doivent être spécifiées.

6.3 Manutention et stockage

Les produits constitutifs doivent être manutentionnés et stockés dans des conditions conformes aux recommandations du fabricant.

Un produit constitutif ne doit pas être utilisé au-delà de la durée de stockage spécifiée par le fabricant. Les produits qui ont été manipulés ou stockés d'une manière ou pendant une durée qui a pu entraîner une dégradation significative doivent être vérifiés avant utilisation afin de s'assurer qu'ils demeurent conformes à la norme de produit applicable.

Les éléments de construction en acier doivent être colisés, manipulés et transportés en toute sécurité de façon à éviter les déformations permanentes et à minimiser les dommages de surface. Les mesures préventives relatives à la manutention et au stockage spécifiées au Tableau 8 s'appliquent en tant que de besoin.

Tableau 8 — Liste des mesures préventives relatives à la manutention et au stockage

Levage	
1	Protéger les éléments contre les dommages aux points de levage
2	Éviter le levage en un seul point d'éléments longs par l'utilisation de palonniers, si nécessaire
3	Regrouper les éléments légers particulièrement sensibles aux dommages sur les rives, à la torsion et à la déformation quand ils sont manipulés individuellement. Prendre soin d'éviter toute détérioration localisée où les éléments se touchent les uns les autres, aux rives non renforcées au niveau des points de levage ou d'autres zones où une part significative du poids total du fardeau est supportée par une seule rive non renforcée
Stockage	
4	Empiler les éléments fabriqués, stockés avant transport ou montage, en les isolant du sol
5	Fournir les supports nécessaires pour éviter les déformations permanentes
6	Stocker, conformément aux exigences des normes applicables, les tôles nervurées et autres produits fournis avec des surfaces décoratives préfinies
Protection contre la corrosion	
7	Éviter l'accumulation d'eau
8	Prendre des précautions pour éviter la pénétration d'humidité dans les fardeaux de profilés ayant un revêtement primaire métallique NOTE En cas de stockage prolongé à l'air libre sur le chantier, il convient d'ouvrir les fardeaux de profilés et de séparer les profilés pour éviter l'apparition de rouille noire ou blanche.
9	Procéder avant le départ de l'usine de fabrication des éléments en acier formés à froid de moins de 4 mm d'épaisseur à un traitement approprié de protection contre la corrosion au moins suffisant pour résister à l'exposition pouvant se produire pendant le transport, le stockage et le montage initial
Aciers inoxydables	
10	Manipuler et stocker les aciers inoxydables de façon à garantir l'absence de contamination par les supports ou dispositifs de manutention, etc. Stocker tous les aciers inoxydables avec précaution de façon à protéger les surfaces des détériorations ou contaminations
11	Utiliser un film de protection ou autre revêtement, à laisser en place aussi longtemps que possible
12	Éviter le stockage en milieu salin humide

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



Tableau 8 — Liste des mesures préventives relatives à la manutention et au stockage (suite)

13	Protéger les râteliers de stockage par des tasseaux ou doublages en bois, en caoutchouc ou en matière plastique pour éviter tout frottement avec des surfaces en acier au carbone, contenant du cuivre, du plomb, etc.
14	Interdire l'utilisation de marqueurs contenant du chlorure ou du sulfure NOTE Une alternative consiste à utiliser un film protecteur et apposer tous les marquages sur ce film uniquement.
15	Protéger l'acier inoxydable de tout contact direct avec le mouflage de levage ou l'équipement de manutention en acier au carbone, par exemple chaînes, crochets, sangles et galets, ou avec les fourches de chariots élévateurs, par l'utilisation de matériaux isolants, de contreplaqué en bois de résineux ou de ventouses. Utiliser les outils de montage appropriés pour éviter toute contamination de surface
16	Éviter tout contact avec des produits chimiques, notamment colorants, colles, bande adhésive, quantités excessives d'huile et de graisse NOTE Si leur utilisation est nécessaire, leur aptitude à l'emploi est vérifiée avec le fabricant.
17	Utiliser des zones de fabrication séparées pour l'acier au carbone et l'acier inoxydable afin d'éviter la contamination par l'acier au carbone. Utiliser des outils distincts exclusivement pour l'acier inoxydable, meules et brosses métalliques en particulier. Utiliser des brosses métalliques et de la paille de fer en acier inoxydable, de préférence austénitique
Transport	
18	Prendre des mesures particulières nécessaires pour la protection des éléments fabriqués pendant leur transport

6.4 Coupage

6.4.1 Généralités

Le coupage doit être réalisé de manière à satisfaire aux exigences en matière de tolérances géométriques, dureté maximale et régularité des chants, telles que spécifiées dans la présente Norme européenne.

NOTE Les procédés de coupage connus ou reconnus comprennent le sciage, le cisailage, le tronçonnage, les techniques de coupage par jet d'eau, et le coupage thermique. Il convient de n'utiliser le coupage thermique manuel que lorsque l'utilisation d'un procédé mécanique n'est pas réalisable en pratique.  Certains procédés de coupage peuvent être inappropriés pour les éléments soumis à la fatigue. 

Si le procédé n'est pas conforme, il ne doit pas être utilisé avant correction et nouvel essai. Il peut toutefois être utilisé sur une gamme limitée de produits constitutifs présentant des résultats conformes.

Si des produits revêtus sont utilisés, le procédé de coupage doit être choisi de manière à réduire au minimum les dommages au revêtement

Les bavures susceptibles de provoquer des blessures ou d'empêcher un alignement ou une pose correcte des profils ou tôles doivent être éliminées.

6.4.2 Cisailage et grignotage

La surface des chants doit être vérifiée et lissée, si nécessaire, pour éliminer les défauts significatifs. Si un meulage ou un usinage est pratiqué après cisailage ou grignotage, la profondeur minimale de meulage ou d'usinage doit être de 0,5 mm.

6.4.3 Coupage thermique

La validité des procédés de coupage thermique doit être vérifiée périodiquement comme indiqué ci-dessous.

Quatre échantillons doivent être découpés dans le produit constitutif par le procédé devant être utilisé :

- 1) une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus forte épaisseur ;
- 2) une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus faible épaisseur ;
- 3) un angle vif dans une épaisseur représentative ;
- 4) un arc de cercle dans une épaisseur représentative.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Des mesures doivent être effectuées sur chacun des échantillons droits sur une longueur d'au moins 200 mm, et comparées à la classe de qualité prescrite. Les échantillons avec angle vif et arc de cercle doivent être contrôlés pour vérifier que leurs bords présentent une qualité équivalente à ceux des échantillons droits.

La qualité des surfaces de coupe définie selon l'EN ISO 9013 doit être la suivante :

- a) pour la classe d'exécution EXC1, les chants qui ne présentent pas d'irrégularité importante sont acceptables à condition que toute scorie soit éliminée. En ce qui concerne la tolérance de perpendicularité ou d'angularité, u , la plage 5 peut être utilisée ;
- b) le Tableau 9 spécifie les exigences relatives aux autres classes d'exécution.

Tableau 9 — Qualité des surfaces de coupe

	Tolérance de perpendicularité ou d'angularité, u	Hauteur moyenne du profil, $Rz5$
EXC2	Plage 4	Plage 4
EXC3	Plage 4	Plage 4
EXC4	Plage 3	Plage 3

6.4.4 Dureté de surface des chants

Pour les aciers au carbone, si spécifiée, la dureté de surface des chants doit être conforme au Tableau 10. Dans ce cas, la validité des procédés susceptibles d'entraîner un durcissement local (coupage thermique, cisailage, poinçonnage) doit être vérifiée. Pour respecter la dureté requise pour la surface des chants, un préchauffage du matériau doit, si nécessaire, être appliqué.

Tableau 10 — Valeurs de dureté maximale autorisées (HV 10)

Normes de produit	Nuances d'acier	Valeurs de dureté
EN 10025-2 à 5	S235 à S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 et 3	S260 à S700	450
EN 10025-6	S460 à S690	
NOTE Ces valeurs sont en conformité avec l'EN ISO 15614-1 appliqué aux nuances d'acier énumérées dans l'ISO/TR 20172.		

Sauf spécification contraire, la validité des procédés doit être vérifiée comme suit :

- a) quatre échantillons couvrant la gamme des produits constitutifs traités les plus susceptibles de subir un écrouissage local doivent être réalisés à partir d'essais de qualification de mode opératoire sur un produit constitutif ;
- b) quatre essais de dureté locale doivent être effectués sur chaque échantillon en des emplacements susceptibles d'être affectés. Les essais doivent être conformes aux prescriptions de l'EN ISO 6507.

NOTE Les exigences relatives à la vérification de la dureté après soudage sont incluses dans les essais de procédure (voir 7.4.1).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

6.5 Formage

6.5.1 Généralités

Les formes requises peuvent être obtenues par pliage, pressage ou forgeage de l'acier à l'aide de procédés à chaud ou à froid, à condition que les propriétés du matériau ne soient pas diminuées en deçà des limites prescrites.

NOTE Des exigences et des recommandations relatives au formage à chaud et à froid ainsi qu'aux chaudes de retrait des aciers sont données dans les normes de produit applicables et dans le CEN/TR 10347.

Le formage par chauffe contrôlée peut être utilisé dans les conditions spécifiées aux 6.5.2 et 6.5.3.

Les éléments formés qui présentent des fissures, un arrachement lamellaire ou des revêtements superficiels endommagés, doivent être traités comme des produits non conformes.

6.5.2 Formage à chaud

Le formage à chaud doit être conforme aux prescriptions relatives au formage à chaud de la norme de produit applicable et aux recommandations du fabricant de l'acier.

A1 Pour les aciers conformes à l'EN 10025-4 et à l'état de livraison +M selon l'EN 10025-2, le formage à chaud n'est pas autorisé. **A1**

Le formage à chaud des aciers trempés et revenus n'est pas autorisé, sauf si les prescriptions de l'EN 10025-6 sont satisfaites.

Le formage à chaud ($T > 580\text{ °C}$) de plaques et éléments minces formés à froid n'est pas autorisé si la limite d'élasticité nominale est obtenue par le formage à froid.

Pour les nuances d'acier jusqu'à S355 compris, le procédé de formage à chaud doit avoir lieu **A1** dans la plage de température rouge (600 °C à 650 °C) **A1** et la température, le temps et la vitesse de refroidissement doivent être adaptés au type d'acier utilisé. Le pliage et le formage dans la plage de température bleue (250 °C à 380 °C) ne sont pas autorisés.

Pour les nuances d'acier S450+N (ou +AR) selon l'EN 10025-2, S420 et S460 selon l'EN 10025-3, le procédé de formage à chaud doit avoir lieu dans la plage de température de 960 °C à 750 °C et être suivi d'un refroidissement à température ambiante. Il convient que la vitesse de refroidissement soit adaptée pour éviter un durcissement ainsi qu'un grossissement excessif des grains. Si cela est impossible, un traitement ultérieur de normalisation doit être réalisé.

Le formage à froid n'est pas autorisé pour la nuance S450 selon l'EN 10025-2 si aucune condition de livraison n'est indiquée.

NOTE Si aucune condition de livraison n'est indiquée, les produits en acier S450 pourraient être livrés dans la condition de livraison de laminage thermomécanique.

6.5.3 Chaudes de retrait

Si une déformation doit être corrigée par chaudes de retrait, ceci doit être obtenu par une application localisée de la chaleur, en s'assurant que la température maximale de l'acier et la procédure de refroidissement sont contrôlées.

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, un mode opératoire approprié doit être mis au point. Le mode opératoire doit comprendre au moins :

- la température maximale de l'acier et la procédure de refroidissement autorisée ;
- la méthode de chauffage ;
- la méthode utilisée pour les mesures de température ;
- les résultats des essais mécaniques réalisés pour la qualification du procédé ;
- l'identification des personnels habilités à appliquer le procédé.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

6.5.4 Formage à froid

Le formage à froid, obtenu par profilage, pressage ou pliage, doit être conforme aux prescriptions relatives à l'aptitude au formage à froid indiquées dans la norme de produit applicable. Le martelage ne doit pas être utilisé.

NOTE Le formage à froid entraîne une réduction de la ductilité. Par ailleurs, il convient d'attirer l'attention sur le risque de fragilisation par l'hydrogène associé à des traitements ultérieurs tels qu'un traitement acide pendant le procédé de revêtement ou la galvanisation par immersion à chaud.

- a) Pour les nuances d'acier supérieures à S355, lorsqu'un traitement thermique de relaxation des contraintes est réalisé après un formage à froid, les deux conditions suivantes doivent être satisfaites :

- 1) plage de température : 530 °C à 580 °C ;
- 2) temps de maintien : 2 min/mm d'épaisseur de matériau, avec une durée minimale de 30 minutes.

Un traitement thermique de relaxation des contraintes réalisé à plus de 580 °C, ou pendant plus d'une heure, peut entraîner une dégradation des caractéristiques mécaniques. S'il est prévu de réaliser un traitement thermique de relaxation des contraintes sur des nuances d'acier S420 à S700 à des températures plus élevées ou pendant des durées plus longues, les valeurs minimales requises pour les caractéristiques mécaniques doivent être convenues à l'avance avec le fabricant du produit.

- b) Sauf spécification contraire, pour les aciers inoxydables, les rayons intérieurs de pliage minimaux devant être formés doivent être de :

- 1) 2 t pour les nuances austénitiques 1.4301, 1.4401, 1.4404, 1.4541 et 1.4571 ;
- 2) 2,5 t pour la nuance austéno-ferritique 1.4462 ;

où t est l'épaisseur du matériau.

- c) Pour les autres nuances d'aciers inoxydables, les rayons intérieurs de pliage minimaux doivent être spécifiés.

Des rayons intérieurs plus petits peuvent être autorisés à condition que la spécification de l'acier, son état et son épaisseur, la direction de pliage par rapport à la direction de laminage, fassent l'objet d'une attention particulière.

Pour compenser les effets du retour élastique, le degré de correction du pliage de l'acier inoxydable est légèrement plus élevé que pour l'acier au carbone.

NOTE En raison de l'écrouissage, la puissance requise pour plier un acier inoxydable est plus élevée que celle requise pour plier des éléments en acier au carbone de géométrie similaire (de l'ordre de 50 % dans le cas des aciers austénitiques et même plus dans le cas d'un acier austéno-ferritique 1.4462).

- d) Les profils et tôles formés à froid peuvent être formés par croquage, cintrage léger ou gaufrage, en fonction des matériaux utilisés.

Pour les éléments et tôles formés à froid utilisés comme éléments structuraux, le formage à froid doit satisfaire aux deux conditions suivantes :





- 1) les revêtements de surface et l'exactitude du profil ne doivent pas être dégradés ;
- 2) il doit être spécifié si les produits constitutifs nécessitent l'application de films de protection avant formage.

NOTE 1 Certains revêtements et finitions sont particulièrement sensibles aux dommages par abrasion, aussi bien pendant le formage qu'ultérieurement pendant le montage. Pour plus d'informations, se reporter à l'EN 508-1 et à l'EN 508-3.

Le cintrage par formage à froid des éléments en profil creux peut être utilisé à condition que la dureté et la géométrie du produit constitutif après cintrage soient vérifiées.

NOTE 2 Le cintrage par formage à froid peut entraîner une modification des caractéristiques du profil (par exemple, concavité, ovalisation et amincissement des parois) et un écrouissage.

- e) Sauf spécification contraire, le cintrage par formage à froid des tubes circulaires doit être conforme aux trois conditions suivantes :

- 1) le rapport du diamètre extérieur du tube à l'épaisseur de la paroi ne doit pas être supérieur à 15 ;
- 2) le rayon de courbure (au niveau de l'axe longitudinal du tube) ne doit pas être inférieur à la plus grande des deux valeurs suivantes, 1,5d ou $d + 100$ mm, où d est le diamètre extérieur du tube ;
- 3)  la soudure longitudinale  dans la section transversale doit être  positionnée  à proximité de l'axe neutre afin de réduire les contraintes de flexion au droit de la soudure.

6.6 Perçage

6.6.1 Dimensions des trous

Les dispositions du présent article s'appliquent aux perçages réalisés pour des assemblages par éléments de fixations mécaniques et axes d'articulation.

La définition du diamètre nominal du trou combinée au diamètre nominal du boulon devant être utilisée dans ce trou détermine l'appellation «normal» ou «surdimensionné» pour ce trou. Les termes «court» et «long» appliqués aux trous oblongs font référence à deux natures de trous utilisées dans les calculs des boulons précontraints. Ces termes peuvent également être employés pour désigner les jeux dans le cas de boulons non précontraints. Il convient que les dimensions spéciales des assemblages glissants soient spécifiées.

Les jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation non prévus pour fonctionner dans des conditions ajustées doivent être tels que spécifiés au Tableau 11. Le jeu nominal est défini comme étant :

- la différence entre le diamètre nominal du trou et le diamètre nominal du boulon pour les trous ronds ;
- la différence entre respectivement la longueur ou la largeur du trou et le diamètre nominal du boulon, pour les trous oblongs.

Tableau 11 — Jeux nominaux pour les boulons et les axes d'articulation (mm)

Diamètre nominal d du boulon ou de l'axe d'articulation (mm)	12	14	16	18	20	22	24	27 et plus
Trous ronds normaux a)	1 b), c)		2					3
Trous ronds surdimensionnés	3		4				6	8
Trous oblongs courts (sur la longueur) d)	4		6				8	10
Trous oblongs longs (sur la longueur) d)	1,5 d							

a) Pour des applications telles que les tours et les mâts, le jeu nominal pour les trous ronds normaux doit être réduit de 0,5 mm, sauf spécification contraire.

b) Le jeu nominal de 1 mm peut être augmenté de l'épaisseur du revêtement des éléments de fixation comportant un revêtement.

c) Il est possible d'utiliser dans les conditions données dans l'EN 1993-1-8 des boulons ayant un diamètre nominal de 12 mm et de 14 mm ou des boulons à tête fraisée dans des trous présentant un jeu de 2 mm.

d) Les valeurs nominales de jeu dans le sens transversal des boulons utilisés dans des trous oblongs doivent être identiques aux valeurs de jeu spécifiées pour les trous ronds normaux.

Pour les boulons ajustés, le diamètre nominal du trou doit être égal au diamètre de la partie lisse de la tige du boulon.

NOTE Pour les boulons ajustés conformes à l'EN 14399-8, le diamètre nominal de la partie lisse de la tige est supérieur de 1 mm au diamètre nominal de la partie filetée.

Pour les rivets à chaud, le diamètre nominal du trou doit être spécifié.

Pour les vis ou rivets à tête fraisée, les dimensions nominales de la fraisure et les tolérances sur ces dimensions doivent être telles que, après mise en place; la vis ou le rivet affleure la face externe du matériau extérieur. Les dimensions de la fraisure doivent être spécifiées en conséquence. Si la fraisure est pratiquée au travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, ces matériaux doivent être maintenus fermement jointifs pendant l'opération de fraisage.

Lorsque des vis à tête fraisée sont utilisées en traction ou dans des applications précontraintes, la profondeur nominale de la fraisure doit être inférieure d'au moins 2 mm à l'épaisseur nominale du matériau extérieur.

NOTE Ces 2 mm sont destinés à pallier les tolérances défavorables.

Pour les rivets aveugles utilisés pour la fixation des tôles profilées, le diamètre du trou de passage (d_h) doit satisfaire à la condition suivante selon les normes pour rivets données au 5.6.11 :

$$d_{\text{nom}} + 0,1 \text{ mm} \leq d_h \leq d_{\text{nom}} + 0,2 \text{ mm} \quad \text{où } d_{\text{nom}} = \text{diamètre nominal du rivet.}$$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

6.6.2 Tolérances sur le diamètre de trou pour les boulons et les axes d'articulation

Sauf spécification contraire, les diamètres de trou doivent satisfaire aux conditions suivantes :

- a) trous pour boulons et axes d'articulation ajustés : classe H11 selon l'ISO 286-2 ;
- b) autres trous : $\pm 0,5$ mm, le diamètre de trou retenu étant la moyenne des diamètres d'entrée et de sortie (voir Figure 1).

6.6.3 Exécution du perçage

Les trous destinés aux éléments de fixation ou aux axes d'articulation peuvent être formés par n'importe quel procédé (forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage thermique) à condition que celui-ci laisse un trou fini tel que :

- a) les exigences de coupage se rapportant à la dureté locale et à la qualité de la surface de coupe, conformément au 6.4, soient satisfaites ;
- b) tous les trous appariés destinés à des éléments de fixation ou axes d'articulation coïncident exactement les uns avec les autres de telle manière que les éléments de fixation puissent être insérés librement dans les éléments assemblés dans une direction perpendiculaire aux faces en contact.

Le poinçonnage est autorisé à condition que l'épaisseur nominale de l'élément ne soit pas supérieure au diamètre nominal du trou ou, pour un trou non circulaire, à sa dimension minimale.

Sauf spécification contraire, pour les classes d'exécution EXC1 et EXC2, les trous peuvent être formés par poinçonnage sans alésage.

[A1] Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le poinçonnage sans alésage n'est pas autorisé si l'épaisseur de la tôle est supérieure à 3 mm. Pour une épaisseur de tôle supérieure à 3 mm, les trous doivent être poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 2 mm au diamètre définitif. Pour une épaisseur de tôle inférieure ou égale à 3 mm, les trous peuvent être poinçonnés directement à la dimension finale.

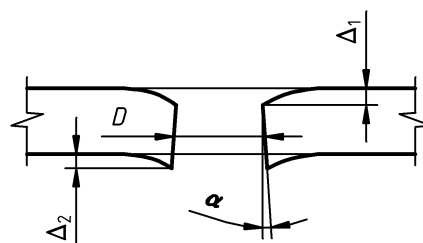
La validité des procédés de perçage doit être vérifiée périodiquement comme suit : **[A1]**

- a) huit échantillons couvrant la gamme des diamètres de trous, les épaisseurs de produits constitutifs et les nuances d'acier traités doivent être réalisés à partir d'essais de qualification de mode opératoire sur un produit constitutif ;
- b) les dimensions des trous doivent être contrôlées aux deux extrémités de chaque trou à l'aide de calibres tout-ou-rien. Les trous doivent respecter la classe de tolérances spécifiée au 6.6.2.

Si le procédé n'est pas conforme, il ne doit pas être utilisé avant correction. Il peut toutefois être utilisé sur une gamme limitée de produits constitutifs et de dimensions de trous présentant des résultats conformes.

Les trous doivent également respecter les prescriptions suivantes :

- a) l'angle de dépouille (α) ne doit pas être supérieur à celui indiqué dans la Figure 1 ;
- b) les bavures (Δ) ne doivent pas être supérieures à celles indiquées dans la Figure 1 ;
- c) au niveau des éclisses/couvre-joints, les trous des surfaces de contact doivent être poinçonnés dans la même direction pour tous les éléments.



$$D = \frac{(d_{\max} + d_{\min})}{2}$$

$$\max(\Delta_1 \text{ ou } \Delta_2) \leq \text{[A1]} D/10 \text{ [A1]}$$

$$\alpha \leq 4^\circ \text{ (i.e. 7 \%)}$$

Figure 1 — Déformations autorisées pour les trous poinçonnés et les découpes au plasma

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les trous destinés aux boulons ajustés et axes d'articulation ajustés peuvent être forés à la dimension finale ou être alésés in situ. Si les trous doivent être alésés in situ, ils doivent être forés ou poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 3 mm au diamètre définitif. Lorsque l'élément de fixation doit s'ajuster au travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, les différents éléments doivent être maintenus fermement jointifs pendant l'opération de forage ou d'alésage. L'alésage doit être réalisé à l'aide d'une machine à broche fixe. L'utilisation de lubrifiant acide est interdite.

La fraisure des trous ronds normaux destinés aux vis ou rivets à tête fraisée doit être réalisée après le perçage.

Les trous oblongs longs doivent être soit poinçonnés en une seule opération, soit formés de deux trous forés ou poinçonnés et terminés par oxycoupage manuel, sauf spécification contraire.

Les trous oblongs dans les éléments et tôles formés à froid peuvent être formés par poinçonnage en une seule opération, poinçonnage consécutif ou jonction des deux trous poinçonnés ou forés à l'aide d'une scie sauteuse.

Les bavures doivent être éliminées des trous avant assemblage. Lorsque des trous sont forés en une seule opération au travers d'éléments bridés ensemble ne devant pas être séparés après le forage, l'élimination des bavures n'est nécessaire que sur les trous extérieurs.

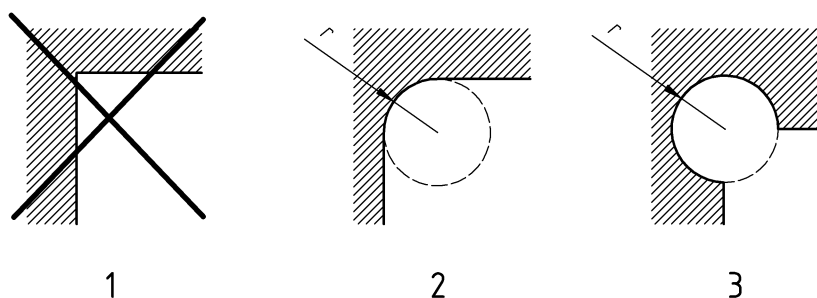
6.7 Découpes

Une surcoupe dans un angle rentrant n'est pas autorisée. Les angles rentrants sont ceux dans lesquels l'angle ouvert formé par les faces de coupe est inférieur à 180°.

Les angles rentrants et les grugeages doivent être arrondis avec un rayon minimal de :

- 5 mm pour EXC2 et EXC3
- 10 mm pour EXC4.

Des exemples sont donnés dans la Figure 2.



Légende

- 1 Non autorisée
- 2 Forme A (recommandée pour le coupage complètement mécanisé ou automatique)
- 3 Forme B (autorisée)

Figure 2 — Exemple de découpes

Lorsque des découpes sont obtenues par poinçonnage dans des plaques d'épaisseur supérieure à 16 mm, les matériaux déformés doivent être éliminés par meulage. Les découpes obtenues par poinçonnage ne sont pas autorisées pour la classe d'exécution EXC4.

Pour les plaques et éléments minces, les emplacements où des angles rentrants vifs ne sont pas autorisés doivent être spécifiés ainsi que les rayons minimaux acceptables.

6.8 Surfaces d'appui pour contact direct

Si des surfaces d'appui pour contact direct sont requises, la longueur de coupe, l'équerrage des extrémités et la planéité de surface doivent être conformes aux tolérances spécifiées à l'article 11.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

6.9 Assemblage

L'assemblage des éléments doit être réalisé de sorte à satisfaire aux tolérances spécifiées.

Des précautions doivent être prises pour éviter la corrosion galvanique produite par contact entre des matériaux métalliques différents.

Il convient d'éviter toute contamination de l'acier inoxydable par contact avec l'acier de construction.

L'alignement des trous par brochage doit être réalisé de manière à éviter une ovalisation supérieure aux valeurs données au D.2.8 n° 6 comme suit :

- EXC1 et EXC2 : Classe 1 ;
- EXC3 et EXC4 : Classe 2.

Lorsque ces valeurs sont dépassées, les trous doivent être corrigés par alésage.

Les trous dont l'ovalisation n'est pas permise doivent être identifiés et ne pas être utilisés pour l'alignement (par exemple pour les boulons ajustés).

NOTE Dans de tels cas, des trous d'alignement spécifiques peuvent être prévus.

Tous les assemblages d'éléments provisoires servant pour la fabrication doivent satisfaire aux exigences de la présente Norme européenne et à toutes les exigences particulières, notamment celles qui se rapportent à la fatigue qui doivent être spécifiées.

Les exigences concernant les contreflèches ou les préréglages des éléments doivent être vérifiées après assemblage.

6.10 Essai de présentation



La concordance entre éléments connectés en plusieurs points doit être vérifiée au moyen de gabarits dimensionnels, de mesurages tridimensionnels précis ou par un montage à blanc. Les prescriptions relatives à l'adéquation et à l'étendue de l'essai de présentation doivent être spécifiées.

Montage à blanc signifie assemblage d'un nombre suffisant d'éléments d'une structure complète pour vérifier qu'ils s'ajustent bien. Il convient d'envisager son utilisation pour s'assurer du bon accostage d'éléments lorsque ceci n'est pas faisable par gabarits ou mesurage.

7 Soudage

7.1 Généralités

Le soudage doit être réalisé conformément aux prescriptions de la partie applicable de l'EN ISO 3834 ou de l'EN ISO 14554, selon le cas.

NOTE Des lignes directrices pour la mise en œuvre de l'EN ISO 3834 concernant les exigences de qualité relatives au soudage par fusion des matériaux métalliques, sont données dans le CEN/ISO TR 3834-6.  [31] .

Selon la classe d'exécution, les parties suivantes de l'EN ISO 3834 s'appliquent :

- EXC1 : Partie 4 «Exigences de qualité élémentaire» ;
- EXC2 : Partie 3 «Exigences de qualité normale» ;
- EXC3 et EXC4 : Partie 2 «Exigences de qualité complète».

Il convient que le soudage à l'arc des aciers ferritiques et des aciers inoxydables soit réalisé en suivant les exigences et les recommandations des EN 1011-1, EN 1011-2, EN 1011-3, telle que modifiées en 7.7.

7.2 Programme de soudage

7.2.1 Exigences relatives à un programme de soudage

Un programme de soudage doit être fourni comme partie intégrante de la planification de la production requise par la partie applicable de l'EN ISO 3834.

7.2.2 Contenu d'un programme de soudage

A1 Le **A1** programme de soudage doit inclure, selon le cas :

- a) les descriptifs de modes opératoires de soudage, y compris les exigences concernant les produits consommables pour le soudage, tout préchauffage, les températures entre passes ainsi que les exigences relatives à un traitement thermique après soudage ;
- b) les mesures à prendre pour éviter toute déformation pendant et après le soudage ;
- c) la séquence de soudage avec les restrictions éventuelles ou les emplacements acceptables pour les positions de départ et d'arrêt, y compris les positions intermédiaires de départ et d'arrêt lorsque la géométrie d'assemblage est telle que le soudage ne peut pas être réalisé en continu ;

NOTE Des recommandations relatives aux assemblages de profils creux sont données à l'Annexe E.

- d) les exigences concernant les vérifications intermédiaires ;
- e) tout retournement d'éléments à effectuer au cours du processus de soudage, en relation avec la séquence de soudage ;
- f) les détails de tout bridage à effectuer ;
- g) les mesures à prendre pour éviter l'arrachement lamellaire ;
- h) l'équipement spécial concernant les produits consommables pour le soudage (basse teneur en hydrogène, conditionnement, etc.) ;
- i) la forme du cordon et le fini des soudures pour les aciers inoxydables ;
- j) les exigences concernant les critères d'acceptation des soudures conformément au 7.6 ;
- k) la correspondance avec le 12.4 pour le plan de contrôle et d'essais ;
- l) les exigences concernant l'identification des soudures ;
- m) les exigences concernant le traitement des surfaces selon l'article 10.

Lorsque le soudage ou l'assemblage recouvre ou masque des soudures précédentes, une attention particulière doit être portée à la détermination des soudures à exécuter en premier et à l'éventuelle nécessité de procéder à des contrôles/essais de ces soudures avant l'exécution des soudures suivantes ou avant l'assemblage des éléments qui les cachent.

7.3 Procédés de soudage

Le soudage peut être réalisé par les procédés de soudage suivants définis dans l'EN ISO 4063.

- 111 : soudage manuel à l'arc (soudage à l'arc avec électrode enrobée) ;
- 114 : soudage à l'arc avec fil fourré auto-protecteur ;
- 121 : soudage à l'arc sous flux avec un fil-électrode ;
- 122 : soudage à l'arc sous flux avec électrode en feuillard ;
- 123 : soudage à l'arc sous flux avec fils-électrodes multiples ;
- 124 : soudage à l'arc sous flux avec addition de poudre métallique ;
- 125 : soudage à l'arc sous flux avec fil fourré ;
- 131 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible ; soudage MIG ;
- 135 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fusible ; soudage MAG ;

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- 136 : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré ;
- 137 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fourré ;
- 141 : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène ; soudage TIG ;
- 21 : soudage par résistance par points ;
- 22 : soudage à la molette ;
- 23 : soudage par bossages ;
- 24 : soudage par étincelage ;
- 42 : soudage par friction ;
- 52 : soudage laser ;
- 783 : soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection ;
- 784 : soudage à l'arc des goujons avec cycle court.

Les procédés de soudage par résistance 21, 22 et 23 ne doivent être employés que pour exécuter le soudage d'éléments en acier de faible épaisseur. Des informations complémentaires sont données :

- dans l'EN ISO 14373 pour le procédé 21 (soudage par résistance par points),
- dans l'EN ISO 16433 pour le procédé 22 (soudage à la molette),
- dans l'EN ISO 16432 pour le procédé 23 (soudage par bossages).

Le diamètre des soudures par points et par bossages doit être vérifié en cours de production par un essai de pelage ou de déboutonnage au burin conformément à l'EN ISO 10447.

Les autres procédés de soudage ne doivent être utilisés que s'ils sont explicitement spécifiés.

7.4 Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel en soudage

7.4.1 Qualification des modes opératoires de soudage

7.4.1.1 Généralités

Le soudage doit être réalisé avec des modes opératoires de soudage qualifiés utilisant un descriptif de modes opératoires de soudage (DMOS) selon la partie applicable de l'EN ISO 15609, de l'EN ISO 14555 ou de l'EN ISO 15620, selon le cas. Si spécifiées, les conditions particulières de réalisation des soudures de pointage doivent être incluses dans le DMOS. Les DMOS utilisés pour les assemblages dans des structures en treillis de profils creux doivent définir les zones de départ et d'arrêt, ainsi que la méthode à utiliser pour traiter les endroits où le type de soudure passe d'une soudure d'angle à une soudure bout à bout sur le périmètre du joint.

7.4.1.2 Qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 111, 114, 12, 13 et 14

- a) La qualification du mode opératoire de soudage dépend de la classe d'exécution, du métal de base et du degré de mécanisation selon le Tableau 12 ;
- b) Lorsque des modes opératoires de qualification selon l'EN ISO 15613 ou l'EN ISO 15614-1 sont utilisés, les conditions suivantes s'appliquent :
 - 1) Si des essais de résistance à la flexion par choc sont spécifiés, ils doivent être réalisés $\overline{A_1}$ à la plus basse température requise pour les essais de flexion par choc des qualités de matériaux assemblés $\overline{A_1}$.
 - 2) Pour les aciers conformes à l'EN 10025-6, une éprouvette pour contrôle micrographique est requise. Des macrographies du métal fondu, de la zone de la ligne de fusion et de la ZAT doivent être enregistrées. Les microfissures ne sont pas permises.
 - 3) Dans le cas de soudage sur peintures primaires appliquées en usine, les essais doivent être effectués sur l'épaisseur de couche maximale acceptée (nominale + tolérance).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- c) Si une qualification de mode opératoire doit être appliquée à des soudures d'angle soumises à des contraintes transversales sur des nuances d'acier supérieures à S275, l'épreuve doit être complétée par un essai de traction sur un assemblage en croix conformément à l'EN ISO 9018. Seules les éprouvettes où $a \leq 0,5 t$ doivent être évaluées. Trois éprouvettes de traction doivent être essayées. Si la rupture se produit dans le métal de base, la résistance nominale minimale à la traction du métal de base doit être atteinte. Si la rupture se produit dans le métal d'apport, la résistance à la rupture de la section transversale de la soudure réelle doit être déterminée. Pour les procédés à forte pénétration, la pénétration réelle à la racine doit être prise en compte. La résistance moyenne à la rupture déterminée doit être $\geq 0,8 R_m$ (où R_m = résistance nominale à la traction du métal de base utilisé).

Tableau 12 — Méthodes de qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 111, 114, 12, 13 et 14

Méthode de qualification		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage	EN ISO 15614-1	X	X	X
Qualification sur la base d'un assemblage soudé de pré-production	EN ISO 15613	X	X	X
Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard	EN ISO 15612	X ^{a)}	—	—
Qualification sur la base de l'expérience de soudage	EN ISO 15611	X ^{b)}	—	—
Produits consommables pour le soudage soumis à essais	EN ISO 15610			
X autorisé — non autorisé				
a) Seulement pour les matériaux ≤ S 355 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé. b) Seulement pour les matériaux ≤ S 275 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé.				

7.4.1.3 Qualification des modes opératoires de soudage pour les autres procédés de soudage

La qualification des modes opératoires de soudage qui ne sont pas couverts au 7.4.1.2 doit être réalisée conformément au Tableau 13.

Tableau 13 — Qualification des modes opératoires de soudage pour les procédés 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783 et 784

Procédés de soudage (selon l'EN ISO 4063)		Descriptif du mode opératoire de soudage (DMOS)	Qualification du mode opératoire de soudage
Numéro de référence	Nomenclature		
21 22 23	Soudage par points Soudage à la molette Soudage par bossages	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
24	Soudage par étincelage	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Soudage par friction	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Soudage laser	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783 784	Soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection. Soudage à l'arc des goujons avec cycle court	EN ISO 14555	EN ISO 14555 ^{a)}

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

**Tableau 13 — Qualification des modes opératoires de soudage
pour les procédés 21, 22, 23, 24, 42, 52, 783 et 784**

Procédés de soudage (selon l'EN ISO 4063)		Descriptif du mode opératoire de soudage (DMOS)	Qualification du mode opératoire de soudage
Numéro de référence	Nomenclature		
a) Pour EXC2, une qualification du mode opératoire de soudage par référence à l'expérience acquise est autorisée. Pour EXC3 et EXC4, la qualification du mode opératoire de soudage doit être effectuée par une épreuve de qualification du mode opératoire de soudage ou une épreuve de qualification préalable à la production.			

7.4.1.4 Validité d'une qualification de mode opératoire de soudage

La validité d'un mode opératoire de soudage dépend des exigences de la norme utilisée pour la qualification. Si spécifié, les essais de production relatifs au soudage doivent être réalisés conformément à la norme de qualification applicable, par exemple l'EN ISO 14555.

Les essais complémentaires suivants sont requis pour un mode opératoire de soudage qualifié conformément à l'EN ISO 15614-1 qui est réalisé à l'aide d'un procédé de soudage qui n'a pas été utilisé :

- pendant une durée comprise entre un et trois ans, un essai de soudage en production doit être réalisé pour les nuances d'acier supérieures à S355. L'examen et les essais doivent comprendre un contrôle visuel, un contrôle par radiographie ou par ultrasons (non requis pour les soudures d'angle), une détection des fissures de surface par un contrôle de magnétoscopie ou de ressuage, un examen macroscopique et un essai de dureté ;
- pendant une durée de plus de trois ans,
 - pour les nuances d'aciers jusqu'à S355 inclus, un contrôle macrographique doit être effectué sur une éprouvette prélevée sur un essai de production afin d'établir son acceptabilité, ou
 - de nouveaux essais de qualification de mode opératoire de soudage appropriés doivent être réalisés pour les nuances d'acier supérieures à S355.

Pour le soudage par résistance, les paramètres de soudage peuvent être déterminés en utilisant les essais selon l'EN ISO 10447.

7.4.2 Soudeurs et opérateurs soudeurs

Les soudeurs doivent être qualifiés conformément à l'EN 287-1 et les opérateurs soudeurs conformément à l'EN 1418.

[A1] Pour le soudage de nœuds en profils creux dont les angles sont inférieurs à 60°, tels que définis dans l'EN 1993-1-8, les soudeurs doivent être qualifiés». **[A1]**

Les procès-verbaux de toutes les épreuves de qualification des soudeurs et opérateurs soudeurs doivent être conservés et produits sur demande.

7.4.3 Coordination en soudage

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, une coordination en soudage doit être assurée pendant l'exécution du soudage par des coordinateurs en soudage convenablement qualifiés et expérimentés pour les opérations qu'ils supervisent, selon les prescriptions de l'EN ISO 14731.

Selon les opérations de soudage qu'ils supervisent, les coordinateurs en soudage doivent avoir les connaissances techniques selon les Tableaux 14 et 15.

NOTE 1 Les groupes d'acier sont ceux qui sont définis dans l'ISO/TR 15608. La correspondance avec les nuances d'acier et les normes de référence peut être trouvée dans l'ISO/TR 20172.

NOTE 2 B, S et C correspondent respectivement aux connaissances de base, spécifiques et complètes, comme spécifié dans l'EN ISO 14731.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 14 — Connaissances techniques des coordinateurs — Aciers de construction au carbone

EXC	Aciers (groupe d'aciers)	Normes de référence	Épaisseur (mm)		
			$t \leq 25$ ^{a)}	$25 < t \leq 50$ ^{b)}	$t > 50$
EXC2	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^{c)}
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^{d)}	C
EXC3	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Toutes	Toutes	C	C	C
<p><i>a) Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 50 mm.</i></p> <p><i>b) Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 75 mm.</i></p> <p><i>c) Pour les nuances d'acier jusqu'à S275 inclus, le niveau S suffit.</i></p> <p><i>d) Pour les aciers N, NL, M et ML, le niveau S suffit.</i></p>					

Tableau 15 — Connaissances techniques des coordinateurs — Aciers inoxydables

EXC	Aciers (groupe d'aciers)	Normes de référence	Épaisseur (mm)		
			$t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$t > 50$
EXC2	Austénitiques (8)	EN 10088-2:2005, Tableau 3 EN 10088-3:2005, Tableau 4 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 2	B	S	C
	Austéno-ferritiques (10)	EN 10088-2:2005, Tableau 4 EN 10088-3:2005, Tableau 5 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 3	S	C	C
EXC3	Austénitiques (8)	EN 10088-2:2005, Tableau 3 EN 10088-3:2005, Tableau 4 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 2	S	C	C
	Austéno-ferritiques (10)	EN 10088-2:2005, Tableau 4 EN 10088-3:2005, Tableau 5 EN 10296-2:2005, Tableau 1 EN 10297-2:2005, Tableau 3	C	C	C
EXC4	Tous	Toutes	C	C	C

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

7.5 Préparation et exécution du soudage

7.5.1 Préparation des joints

7.5.1.1 Généralités

La préparation des joints doit être appropriée au procédé de soudage. Lorsque la qualification des modes opératoires de soudage est réalisée selon l'EN ISO 15614-1, l'EN ISO 15612 ou l'EN ISO 15613, la préparation des joints doit être conforme au type de préparation utilisé lors de l'épreuve de qualification du mode opératoire de soudage. Les tolérances pour les préparations des joints et leur ajustage doivent être données dans les DMOS.

NOTE 1 Les EN ISO 9692-1 et EN ISO 9692-2 donnent un certain nombre de détails recommandés concernant la préparation des joints soudés. Pour les détails concernant la préparation des joints soudés des tabliers de ponts, voir l'Annexe C de l'EN 1993-2:2005.

La préparation des joints doit être exempte de toutes fissures visibles. Pour les nuances d'acier supérieures à S460, les zones de coupe doivent être décalaminées par meulage et l'absence de fissures doit être vérifiée par un contrôle visuel, par ressuage ou par magnétoscopie. Les fissures visibles doivent être éliminées par meulages et la géométrie du joint doit être corrigée si nécessaire.

Lorsque des entailles de grandes dimensions ou autres défauts dans la géométrie du joint sont corrigés par rechargement, un mode opératoire qualifié doit être utilisé, et les surfaces rechargées doivent ensuite être lissées et égalisées à la meule de façon à rattraper la surface adjacente.

Toutes les surfaces à souder doivent être sèches et exemptes de toute substance susceptible d'altérer la qualité des soudures ou de perturber les opérations de soudage (rouille, matériau organique ou couche de zinc).

Les peintures primaires appliquées en usine peuvent être laissées sur les bords à souder uniquement si elles n'ont pas d'effet préjudiciable sur le déroulement du soudage. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, les peintures primaires appliquées en usine ne doivent pas être laissées sur les bords à souder, à moins que des essais de modes opératoires de soudage selon l'EN ISO 15614-1 ou l'EN ISO 15613 aient été réalisés avec de telles peintures primaires appliquées en usine.

NOTE 2 L'EN ISO 17652-2 décrit des essais permettant d'évaluer l'influence sur la soudabilité des peintures primaires appliquées en usine.

7.5.1.2 Profils creux

La découpe de profils creux circulaires utilisés comme éléments de nœud avec assemblage par soudure d'angle peut être réalisée en segments droits pour les assemblages en gueule de loup, à condition que l'ajustage de la géométrie du joint soit adapté aux exigences du DMOS.

Pour les joints entre profils creux soudés d'un seul côté, les préparations de joints appropriées données dans les EN ISO 9692-1 et EN ISO 9692-2 doivent être utilisées. L'Annexe E illustre l'application donnée dans les EN ISO 9692-1 et EN ISO 9692-2 aux joints entre profils creux.

Pour les nœuds de structures en treillis de profils creux, toute correction de défaut d'ajustage par rechargement doit être couverte par un mode opératoire de soudage approprié.

7.5.2 Stockage et manutention des produits consommables pour le soudage

Les produits consommables pour le soudage doivent être stockés, manipulés et utilisés conformément aux recommandations du fabricant.

Si des électrodes et des flux doivent être séchés et stockés, les niveaux de température et de temps appropriés doivent être respectés conformément aux recommandations du fabricant ou, en leur absence, conformément aux prescriptions du Tableau 16.

Tableau 16 — Température et durée de séchage et de stockage de produits consommables pour le soudage

	Niveau de température (T)	Temps (t)
Séchage ^{a)}	300 °C < T ≤ 400 °C	2 h < t ≤ 4 h
Stockage ^{a)}	≥ 150 °C	avant le soudage
Stockage ^{b)}	≥ 100 °C	pendant le soudage
<i>a) Armoire chauffante.</i> <i>b) Carquois chauffant.</i>		

Les produits consommables inutilisés à la fin du poste de travail de soudage doivent être à nouveau séchés conformément aux prescriptions ci-dessus. Pour les électrodes, le séchage ne doit pas être réalisé plus de deux fois. Les produits consommables restants doivent être mis au rebut.

Les produits consommables pour le soudage présentant des signes de dommage ou de dégradation doivent être mis au rebut.

NOTE Les dommages ou dégradations comprennent, par exemple, des revêtements fissurés ou écaillés sur les électrodes enrobées, des fils-électrodes rouillés ou sales et des fils-électrodes présentant des revêtements de cuivre écaillés ou endommagés.

7.5.3 Protection contre les intempéries

Le soudeur comme la zone de travail doivent être efficacement protégés contre les effets du vent, de la pluie et de la neige.

NOTE Les procédés de soudage avec protection gazeuse sont particulièrement sensibles aux effets du vent.

Les surfaces à souder doivent être maintenues sèches et exemptes de condensation.

Lorsque la température du matériau à souder est inférieure à 5 °C, un chauffage approprié peut s'avérer nécessaire.

Pour les nuances d'acier supérieures à S355, un chauffage approprié doit être prévu si la température du matériau à souder est inférieure à 5 °C.

7.5.4 Assemblage en vue du soudage

Les éléments à souder doivent être correctement alignés et maintenus en position par pointage ou dispositifs externes, et bloqués pendant le soudage initial. L'assemblage doit être réalisé de façon à ce que la préparation des joints et les dimensions finales des éléments respectent les tolérances requises. Des mesures appropriées doivent être prises en ce qui concerne les déformations et retraits.

Les éléments à souder doivent être assemblés et maintenus en position de façon à ce que les joints à souder soient facilement accessibles et aisément visibles pour le soudeur.

Sauf spécification contraire, il convient que l'assemblage d'éléments à profils creux à souder soit conforme aux lignes directrices indiquées à l'Annexe E.

Aucune soudure supplémentaire ne doit être introduite, et les emplacements des soudures spécifiées ne doivent pas être modifiés sans s'assurer de leur conformité aux spécifications. Il convient que les procédés de renforcement localisé d'un assemblage soudé dans une structure en treillis de profils creux facilitent le contrôle d'intégrité de l'assemblage tel que soudé. Il convient également d'envisager la possibilité d'épaissir l'élément.

NOTE Les détails types comprennent les étriers, les diaphragmes, les plaques de séparation, les couvre-joints, les contre-plaques et les plaques enfourchées.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

7.5.5 Préchauffage

Le préchauffage doit être réalisé conformément aux EN ISO 13916 et EN 1011-2.

Le préchauffage doit être mis en œuvre conformément au DMOS approprié et doit être appliqué pendant toute la durée du soudage, y compris le pointage et le soudage de fixations provisoires

7.5.6 Fixations provisoires

Lorsque la procédure d'assemblage ou de montage requiert l'utilisation d'éléments fixés provisoirement par soudage, ces éléments doivent être positionnés de façon à pouvoir être aisément retirés sans endommager la structure en acier définitive. Toutes les soudures d'éléments provisoires doivent être effectuées conformément au DMOS. Les zones où le soudage de fixations provisoires n'est pas autorisé doivent être spécifiées.

L'utilisation de fixations provisoires doit être spécifiée pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4.

Lorsque des fixations provisoires soudées doivent être retirées par découpage ou burinage, la surface du métal de base doit ensuite être soigneusement lissée à la meule. Sauf spécification contraire, le découpage et le burinage ne sont pas autorisés pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4.

Un contrôle approprié doit permettre de s'assurer que le produit constitutif ne comporte pas de fissure de surface à l'emplacement de la soudure provisoire.

7.5.7 Soudures de pointage

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, les soudures de pointage doivent être réalisées en utilisant un mode opératoire de soudage qualifié. La longueur d'un point de soudure ne doit pas être inférieure à quatre fois l'épaisseur de la partie la plus épaisse de l'assemblage ou à 50 mm, à moins qu'un essai ait permis de démontrer qu'une longueur plus courte est satisfaisante.

Toutes les soudures de pointage qui ne sont pas incorporées dans les soudures finales doivent être éliminées. Les soudures de pointage devant être incorporées dans la soudure finale doivent présenter une géométrie adaptée et être réalisées par des soudeurs qualifiés. Ces soudures de pointage doivent être exemptes de défauts d'exécution et doivent être soigneusement nettoyées avant le soudage final. Les soudures de pointage fissurées doivent être éliminées.

7.5.8 Soudures d'angle

7.5.8.1 Généralités

Une soudure d'angle terminée ne doit pas être inférieure aux dimensions spécifiées pour la gorge et/ou le côté selon le cas, en considérant :

- a) la gorge totale démontrée réalisable par des DMOS pour les procédés de soudage à forte pénétration ou à pénétration partielle ;
- b) que si un écart h dépasse la limite d'imperfection, il peut être compensé par une augmentation de la gorge $a = a_{nom} + 0,7h$ où a_{nom} est la gorge nominale spécifiée. Pour un «ajustement incorrect» (617), les niveaux de qualité s'appliquent sous réserve que la gorge soit conservée conformément à (5213) ;
- c) que, pour les tabliers de ponts, des exigences de fabrication particulières s'appliquent, par exemple pour la gorge des soudures d'angle (voir 7.5.18 et D.2.16).

7.5.8.2 Soudures d'angle pour les éléments minces

Les soudures d'angle se terminant aux extrémités ou sur les côtés d'éléments minces doivent être poursuivies de façon continue en retour le long des angles sur une distance au moins égale à deux fois le côté de la soudure, sauf si l'accès ou la configuration rend cette opération impossible. Sauf spécification contraire, les retours d'extrémité des soudures d'angle doivent être réalisés.

La longueur minimale d'une passe de soudure d'angle, en excluant les retours d'extrémité, doit être d'au moins quatre fois le côté de la soudure.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Une soudure d'angle discontinue ne doit pas être utilisée lorsqu'un phénomène capillaire est susceptible de donner lieu à la formation de poches de rouille. Les cordons aux extrémités d'un élément assemblé par soudures d'angle doivent s'étendre jusqu'à l'extrémité de l'élément assemblé.

Le recouvrement minimal dans les assemblages à recouvrement, ne doit pas être inférieur à quatre fois l'épaisseur de l'élément assemblé le plus mince. Le soudage par soudure d'angle d'un seul côté ne doit pas être utilisé si les éléments ne sont pas maintenus de manière à empêcher l'ouverture du joint.

Si l'extrémité d'un élément n'est assemblée que par des soudures d'angle longitudinales, la longueur de chaque soudure ne doit pas être inférieure à la distance transversale qui les sépare.

7.5.9 Soudures bout à bout

7.5.9.1 Généralités

A1 Les spécifications d'exécution doivent préciser l'emplacement des soudures bout à bout destinées à adapter par raboutage des longueurs disponibles de produits constitutifs. **A1**

Les extrémités des soudures bout à bout doivent être réalisées de manière à assurer des soudures saines sur toute l'épaisseur de l'assemblage.

La pose d'appendices en début ou en fin de cordon doit être utilisée pour assurer une soudure saine jusqu'aux extrémités pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, et pour EXC2 si cela est spécifié. La soudabilité de ces appendices ne doit pas être inférieure à celle du métal de base.

Après achèvement des soudures, tous les appendices ou témoins supplémentaires éventuels doivent être ôtés et cette opération doit être effectuée conformément au 7.5.6.

Lorsqu'une surface arasée est exigée, l'excès de métal déposé doit être éliminé de manière à satisfaire aux exigences de qualité.

7.5.9.2 Soudures exécutées d'un seul côté

Les soudures à pleine pénétration exécutées d'un seul côté peuvent être réalisées avec ou sans support envers métalliques ou non métalliques.

Un support envers permanent en acier peut être utilisé, sauf spécification contraire. Les exigences relatives à son utilisation doivent figurer dans le DMOS.

Si un support envers en acier est utilisé, il doit présenter une valeur de carbone équivalent (CEV) ne dépassant pas 0,43 % ou être du même matériau que le métal de base le plus soudable de l'assemblage à souder.

Les supports envers doivent être positionnés au contact du métal de base et il convient généralement qu'ils soient continus sur toute la longueur du joint. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le métal du support envers permanent doit être rendu continu par des soudures bout à bout à pleine pénétration. Il convient d'inclure des soudures de pointage dans les soudures en bout.

Sauf spécification contraire, l'arasement par meulage de soudures bout à bout des assemblages entre profils creux exécutées d'un seul côté sans support envers n'est pas autorisé ; si ces soudures sont totalement exécutées avec support envers, elles peuvent être meulées à fleur de surface du profil général du métal de base.

7.5.9.3 Gougeage avant reprise envers

Le gougeage avant reprise envers doit être effectué sur une profondeur suffisante pour assurer une pleine pénétration dans le métal d'apport déposé précédemment.

Le gougeage avant reprise envers doit produire un sillon en forme de U dont les bords doivent être facilement accessibles pour le soudage.

7.5.10 Soudures sur aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique

Les soudures sur aciers à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique doivent être exécutées en utilisant les produits consommables pour le soudage appropriés (voir Tableau 6). En option, des produits consommables au C-Mn peuvent être utilisés pour les passes de remplissage d'une soudure bout à bout ou d'angle, à condition que les passes terminales soient exécutées en utilisant des produits consommables adéquats.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

7.5.11 Nœuds

Les nœuds de structures en treillis tubulaires, réalisés par assemblages soudés combinés (soudure d'angle et soudure bout à bout exécutée d'un seul côté), peuvent être soudés sans support envers.

Si l'angle de raccordement au nœud de l'entretoise en profil creux est inférieur à 60°, le raccordement doit être chanfreiné pour permettre la réalisation d'une soudure bout à bout.

NOTE Des recommandations relatives à l'exécution des nœuds sont données dans l'Annexe E.

7.5.12 Soudage des goujons

Le soudage des goujons doit être réalisé conformément à l'EN ISO 14555.

A1 Les essais de modes opératoires effectués conformément à l'EN ISO 14555 doivent être compatibles avec l'application.

NOTE Par exemple, l'essai de mode opératoire peut nécessiter le soudage de goujons à travers des éléments de tôles galvanisés. **A1**

7.5.13 Soudures en entaille et en bouchon

Les trous destinés aux soudures en entaille et en bouchon doivent être dimensionnés de manière à ménager un accès approprié pour le soudage. Les dimensions doivent être spécifiées.

NOTE Les dimensions convenables sont les suivantes :

- a) largeur : au moins 8 mm de plus que l'épaisseur de la pièce contenant le trou ;
- b) longueur de trou oblong : 70 mm ou cinq fois l'épaisseur de tôle (la plus petite de ces valeurs).

Les soudures en bouchon ne doivent être réalisées que sur des soudures en entaille après avoir vérifié que la soudure d'angle dans l'entaille est satisfaisante. Sauf spécification contraire, les soudures en bouchon sans soudure en entaille préalable ne sont pas autorisées.

7.5.14 Soudures par points des éléments minces

7.5.14.1 Soudures à l'arc par points

Il convient que les rondelles de soudage aient une épaisseur de 1,2 mm à 2,0 mm et présentent un trou poinçonné de 10 mm de diamètre.

Pour les aciers inoxydables, les rondelles de soudage ne sont acceptées que si elles sont spécifiées et conformes aux conditions de service.

NOTE 1 Les rondelles de soudage peuvent introduire des crevasses dans le joint ; l'acceptabilité de ces crevasses dépend des conditions de service.

La largeur visible minimale, d_w , d'une soudure à l'arc par points circulaires ou d'une soudure à l'arc par points oblongs, doit être spécifiée.

NOTE 2 Des recommandations concernant la relation entre la dimension de l'interface et la largeur visible d'une soudure à l'arc par points circulaires ou d'une soudure à l'arc par points oblongs, sont données dans l'EN 1993-1-3.

7.5.14.2 Soudures par résistance par points

Il convient que le diamètre d'une soudure par résistance par points corresponde aussi étroitement que possible au diamètre recommandé de la pointe de l'électrode d_r (en mm), donné par $d_r = 5 t^{1/2}$

où :

t est l'épaisseur de la tôle en contact avec la pointe de l'électrode (en mm).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

7.5.15 Autres types de soudures

Les exigences concernant d'autres types de soudures, par exemple les soudures d'étanchéité, doivent être spécifiées et doivent être soumises aux mêmes exigences de soudage que celles prescrites dans la présente Norme européenne.

7.5.16 Traitement thermique après soudage

Lorsque des éléments soudés doivent subir un traitement thermique, on doit démontrer que les modes opératoires utilisés sont appropriés.

NOTE Des recommandations concernant les exigences de qualité relatives au traitement thermique sont données dans l'ISO/TR 17663.

7.5.17 Exécution du soudage

Des précautions doivent être prises pour éviter les amorçages d'arc accidentels, et, s'il s'en produit, la surface de l'acier doit être légèrement meulée et contrôlée. Il convient de compléter le contrôle visuel par un contrôle par ressuage ou magnétoscopie.

Des précautions doivent être prises pour éviter les projections de soudure. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, elles doivent être éliminées.

Les défauts visibles tels que les fissures, cavités et autres défauts non autorisés, doivent être éliminés de chaque passe avant le dépôt de la passe suivante.

La totalité du laitier doit être éliminée de la surface de chaque passe avant l'exécution de la passe suivante, ainsi que de la surface de la soudure finie. Les jonctions entre le métal fondu et le métal de base doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Les exigences éventuelles concernant le meulage et l'arasage de la surface des soudures finies doivent être spécifiées.

7.5.18 Soudage des tabliers de ponts

Des essais de production doivent être réalisés conformément au 12.4.4 c). Les essais de production ne sont pas requis pour l'assemblage raidisseur-tôle de platelage à l'extérieur de la chaussée (bordures) qui ne subit pas de chargement par les véhicules.

Pour les assemblages raidisseur-tôle de platelage et les soudures locales, par exemple au droit des assemblages raidisseur-raideur avec plats de raboutage, les départs et les arrêts doivent être éliminés.

Pour les assemblages raidisseur-poutre transversale dans lesquelles les raidisseurs traversent la poutre transversale avec ou sans trous de souris, il convient d'abord de souder les raidisseurs à la tôle de platelage et ensuite d'assembler et souder les poutres transversales.

7.6 Critères d'acceptation

Les éléments soudés doivent répondre aux exigences spécifiées aux articles 10 et 11.

Les critères d'acceptation relatifs aux défauts des soudures doivent être les suivants, avec référence à l'EN ISO 5817, à l'exception de «Défaut de raccordement» (505) et «Micro manque de fusion» (401) qui n'ont pas à être pris en compte. Toutes les exigences complémentaires concernant la géométrie et le profil de la soudure doivent être prises en compte.

- EXC1 Niveau de qualité D
- EXC2 Niveau de qualité C en général sauf niveau de qualité D pour «Caniveau» (5011, 5012), «Débordement» (506), «Amorçage accidentel» (601) et «Retassure ouverte de cratère» (2025)
- EXC3 Niveau de qualité B
- EXC4 Niveau de qualité B+ qui est le niveau de qualité B avec les exigences complémentaires données dans le Tableau 17.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 17 — Exigences complémentaires pour le niveau de qualité B+

Désignation des défauts		Limites des imperfections ^{a)}
Caniveau (5011, 5012)		non autorisé
Soufflures (2011 à 2014)	Soudures bout à bout	$d \leq 0,1 s$, mais max. 2 mm
	Soudures d'angle	$d \leq 0,1 a$, mais max. 2 mm
Inclusions solides (300)	Soudures bout à bout	$h \leq 0,1 s$, mais max. 1 mm $l \leq s$, mais max. 10 mm
	Soudures d'angle	$h \leq 0,1 a$, mais max. 1 mm $l \leq a$, mais max. 10 mm
Défaut d'alignement (507)		$h < 0,05 t$, mais max. 2 mm
Retassure à la racine (515)		non autorisée
Exigences supplémentaires pour les tabliers de ponts ^{a), b)}		
Porosité et soufflures (2011, 2012 et 2014)		Seuls les petites soufflures isolées sont acceptables.
Nid de soufflures (localisé) (2013)		Total des soufflures : 2 %
Soufflure allongée, soufflure vermiculaire (2015 et 2016)		Pas de soufflures allongées
Mauvais assemblage en soudure d'angle (617)		Les soudures transversales doivent être contrôlées en totalité, léger réajustage à la racine seulement acceptable localement. $h \leq 0,3 \text{ mm} + 0,1 a$, mais max. 1 mm
Caniveau (5011)		a) soudures bout à bout : seulement acceptable localement $h \leq 0,5 \text{ mm}$ b) soudures d'angle : inacceptable si transversal à la direction de la contrainte. Les caniveaux doivent être éliminés par meulage.
Défauts multiples dans une coupe transversale quelconque (n° 4.1)		non autorisés
Inclusions solides (300)		non autorisées
a) Les symboles sont définis dans l'EN ISO 5817. b) Ces exigences sont supplémentaires à B+.		

En cas de non-conformité aux critères ci-dessus, il convient de juger chaque cas individuellement. Il convient qu'une telle évaluation soit basée sur la fonction de l'élément et les caractéristiques des imperfections (type, dimensions, localisation) afin de décider si la soudure est acceptable ou doit être réparée.

NOTE Les EN 1993-1-1, EN 1993-1-9 et EN 1993-2 peuvent être utilisées pour évaluer l'acceptabilité des imperfections.

7.7 Soudage des aciers inoxydables

7.7.1 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-1

- Article 13, paragraphe 1 — Ajout :

Des pyromètres de contact doivent être utilisés pour mesurer la température, sauf si d'autres méthodes sont spécifiées. Les crayons thermométriques ne doivent pas être utilisés.



- Article 19 — Ajout :

Les procès-verbaux des épreuves de qualification de modes opératoires de soudage et les DMOS associés qui n'intègrent pas un facteur de rendement thermique dans le calcul de l'énergie de soudage peuvent être utilisés à condition que l'énergie de soudage soit réglée conformément au facteur de rendement thermique approprié.

7.7.2 Modifications apportées aux exigences de l'EN 1011-3

- 7.1, alinéa 4 — Modification :

Le type de finition de surface requis pour les zones de soudure doit être spécifié. Il doit être spécifié si les couches d'oxyde coloré formées pendant le soudage doivent être éliminées. Il convient de porter l'attention requise à la résistance à la corrosion, l'environnement, l'esthétique et aux conséquences de l'arasage et du nettoyage de la zone de soudure. Sauf spécification contraire, la totalité du laitier associé au soudage doit être éliminée.

NOTE La décoloration de la zone de soudure après soudage est influencée par la quantité d'oxygène contenue dans le «gaz de protection» pendant le soudage. Des échelles de couleur de référence photographique sont disponibles pour faciliter la spécification d'une décoloration acceptable  [52] .

- 7.1, alinéa 5 — Modification :

Après la préparation des bords à souder, il peut être nécessaire d'éliminer par un usinage mécanique sur une profondeur suffisante par rapport à la coupe toute trace d'oxydation, d'écrouissage et de contamination en général par les procédés de coupage thermique. Lors du cisailage, des fissures peuvent se produire ; ces fissures doivent être éliminées avant soudage.

- 7.3, alinéa 3 — Ajout en début de l'alinéa:

Sauf spécification contraire, il ne doit pas être utilisé de support envers en cuivre.

- Article 10 — Ajout :

L'élimination de tous les produits de nettoyage employés après le soudage doit faire l'objet d'une attention particulière.

- A.1.2, alinéa 1 — Modification de la dernière phrase :

La microstructure approximative qui se formera dans le métal fondu peut être indiquée à partir de l'équilibre entre les éléments stabilisant la ferrite et ceux stabilisant l'austénite en utilisant un diagramme de Schaeffler, DeLong, W.R.C. ou Espy. Lorsqu'il est utilisé, le diagramme approprié doit être spécifié.

- A.2.2, alinéa 4 — Modification :

Les diagrammes de Schaeffler, DeLong, W.R.C. ou Espy peuvent être utilisés pour indiquer si le produit consommable fournira une teneur en ferrite appropriée, en tenant compte des effets de dilution. Lorsqu'il est utilisé, le diagramme approprié doit être spécifié.

- A.4.1 – Ajout :

Les assemblages soudés ne doivent pas être soumis à un traitement thermique après soudage, sauf si ce traitement est explicitement autorisé par le cahier des charges.

- C.4 – Ajout :

Les assemblages soudés ne doivent pas être soumis à un traitement thermique après soudage, sauf si ce traitement est explicitement autorisé par le cahier des charges.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

7.7.3 Soudage d'aciers différents

Les exigences relatives au soudage de différents types d'aciers inoxydables entre eux ou à d'autres aciers, par exemple aciers au carbone, doivent être spécifiées.

Le coordinateur en soudage doit tenir compte des techniques de soudage, procédés de soudage et produits consommables pour le soudage appropriés. Il convient d'étudier attentivement les questions associées à la contamination de l'acier inoxydable et à la corrosion galvanique.

8 Fixations mécaniques

8.1 Généralités

Le présent article couvre les exigences relatives aux fixations réalisées en usine et sur chantier, y compris la fixation de tôles nervurées.

Les épaisseurs des divers éléments faisant partie d'un même assemblage ne doivent pas différer de plus de D , ou D est de 2 mm en règle générale et de 1 mm dans les applications avec précontrainte (voir Figure 3). Lorsque des fourrures métalliques sont fournies pour que la différence d'épaisseur ne soit pas supérieure à la limite spécifiée ci-dessus, leur épaisseur ne doit pas être inférieure à 2 mm.

En conditions d'exposition sévère, un jeu plus réduit peut être nécessaire pour éviter une corrosion caverneuse.

L'épaisseur des plaques doit être choisie de manière à limiter le nombre de fourrures à un maximum de trois.

Ⓐ

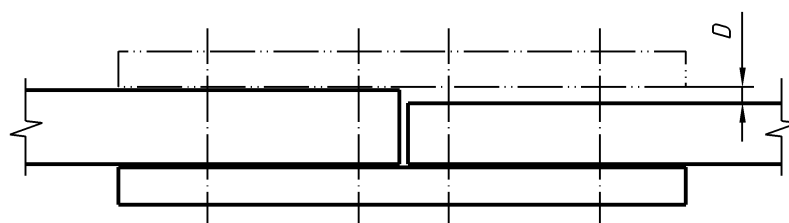


Figure 3 — Différence d'épaisseur entre éléments d'un même assemblage

Ⓐ

Les fourrures en plat doivent avoir un comportement à la corrosion et une résistance mécanique compatibles avec ceux des éléments adjacents de l'assemblage. Une attention particulière doit être portée au risque et conséquences de la corrosion galvanique résultant du contact entre des métaux différents.

8.2 Utilisation des boulons

8.2.1 Généralités

Ce paragraphe se rapporte aux boulons spécifiés au 5.6, constitués de vis, d'écrous et de rondelles (le cas échéant) appariés.

Il doit être spécifié si, en plus du serrage, d'autres mesures ou moyens seront utilisés pour immobiliser les écrous.

Les assemblages boulonnés présentant de faibles longueurs de serrage utilisés dans des éléments de faible épaisseur soumis à des vibrations importantes, par exemple râteliers de stockage, doivent utiliser un dispositif d'immobilisation.

Ⓐ Sauf spécification contraire, les boulons précontraints ne doivent pas être utilisés avec des dispositifs d'immobilisation supplémentaires. Ⓐ

Sauf spécification contraire, les vis et écrous ne doivent pas être soudés.

NOTE Cette exigence ne s'applique pas aux écrous à souder spéciaux selon, par exemple, l'EN ISO 21670, ni aux goujons à souder.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

8.2.2 Vis

Le diamètre nominal des fixations utilisées pour le boulonnage des éléments structuraux doit être au moins M12, sauf spécification contraire comprenant les exigences associées. Pour les plaques et éléments minces, le diamètre minimal doit être spécifié pour chaque type de fixation.

La longueur des vis doit être choisie de manière à satisfaire, après serrage, aux exigences suivantes concernant le dépassement de l'extrémité de la vis au-delà de la face de l'écrou et la longueur du filetage.

La longueur de dépassement doit être au moins égale à la longueur d'un pas de filetage mesurée entre la face extérieure de l'écrou et $\boxed{A_1}$ extrémité de la vis pour des assemblages précontraints et non précontraints. $\boxed{A_1}$

S'il est prévu que l'assemblage utilise la capacité de résistance au cisaillement de la partie lisse des vis, les dimensions des vis doivent être spécifiées pour tenir compte des tolérances relatives à la longueur de la partie non filetée.

NOTE La longueur de la partie lisse à pleine section de la vis est inférieure (par exemple jusqu'à 12 mm pour une vis M20) à la longueur non filetée nominale.

Pour les boulons non précontraints, au moins un filet complet (autre l'amorce de filetage) doit rester libre entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

Pour les boulons précontraints selon l' $\boxed{A_1}$ EN 14399-3, EN 14399-7 et EN 14399-10, $\boxed{A_1}$ au moins quatre filets complets (autre l'amorce de filetage) doivent rester libres entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

Pour les boulons précontraints selon l'EN 14399-4 et l'EN 14399-8, les longueurs de serrage doivent être conformes à celles spécifiées dans le Tableau A.1 de l'EN 14399-4.

8.2.3 Écrous

Les écrous doivent tourner librement sur leurs vis associées, ce qui est facile à vérifier au moment du montage manuel. Tout boulon dont l'écrou ne tourne pas librement doit être mis au rebut. Si un outil électrique est utilisé, l'un ou l'autre des deux contrôles suivants peut être utilisé :

- a) pour chaque nouveau lot d'écrous ou de vis, leur compatibilité peut être vérifiée par un assemblage à la main avant l'installation ;
- b) pour les boulons montés, mais avant le serrage, il est permis de vérifier manuellement sur un échantillonnage d'écrous la libre rotation après desserrage initial.

Les écrous doivent être montés de telle sorte que leurs repères de désignation soient visibles en vue d'un contrôle après montage.

8.2.4 Rondelles

En général, l'usage des rondelles n'est pas indispensable avec des boulons non précontraints utilisés dans des trous ronds normaux. Si elles sont requises, il doit être spécifié si les rondelles doivent être placées sous la tête de vis ou l'écrou, selon celui qui tourne au serrage, ou sous les deux. Pour les assemblages à recouvrement ne comportant qu'une seule rangée de boulons, des rondelles doivent être placées à la fois sous la tête de vis et sous l'écrou.

NOTE La présence de rondelles peut réduire les détériorations localement occasionnées aux revêtements métalliques, en particulier lorsqu'il s'agit de revêtements épais.

Les rondelles utilisées sous les têtes de vis précontraintes doivent être chanfreinées conformément à l'EN 14399-6 et positionnées avec le chanfrein orienté vers la tête de la vis. Les rondelles conformes à l'EN 14399-5 ne doivent être utilisées que sous les écrous.

Des rondelles plates (ou, si nécessaire, des rondelles biaises trempées) doivent être utilisées pour les boulons précontraints, de la manière suivante :

- a) pour les boulons 8.8, une rondelle doit être placée sous l'élément qui tourne au serrage, tête de vis ou écrou ;
- b) pour les boulons 10.9, des rondelles doivent être placées à la fois sous la tête de la vis et sous l'écrou.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Des rondelles en plat doivent être utilisées pour des assemblages avec les trous A_1 oblongs A_1 et les trous surdimensionnés. A_1 Pour ajuster la longueur de serrage des boulons, il est permis d'utiliser une rondelle en plat supplémentaire ou jusqu'à trois rondelles supplémentaires avec une épaisseur combinée maximale de 12 mm. A_1 A_1 Pour les boulons précontraints serrés par la méthode de contrôle du couple (y compris un système HRC), une seule rondelle plate supplémentaire peut être utilisée du côté qui tourne au serrage, ou bien une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées du côté qui ne tourne pas au serrage. Dans les autres cas d'applications précontraintes et non précontraintes, une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées soit du côté qui tourne au serrage soit du côté qui ne tourne pas au serrage. A_1

NOTE A_1 Toute utilisation de rondelles ou de rondelles plates supplémentaires peut provoquer un déplacement du plan de cisaillement des boulons avec guidage et il convient par conséquent de vérifier que cette utilisation est conforme aux hypothèses de conception et de calcul. A_1

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles en plat doivent être spécifiées. L'épaisseur des rondelles en plat ne doit pas être inférieure à 4 mm.

Des rondelles biaises doivent être utilisées si la surface du produit constitutif est inclinée par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de la vis d'un angle de plus de:

- a) 1/20 (3°) pour les vis avec $d \leq 20$ mm,
- b) 1/30 (2°) pour les vis avec $d > 20$ mm,

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles biaises doivent être spécifiées.

8.3 Serrage des boulons non précontraints

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à obtenir un contact ferme. Des fourrures peuvent être utilisées pour ajuster l'assemblage. Pour un élément épais avec $t \geq 4$ mm pour les plaques et tôles et $t \geq 8$ mm pour les profils, à moins qu'un appui par contact direct n'ait été spécifié, des jeux résiduels n'excédant pas 4 mm peuvent être laissés en rive à condition que le contact soit assuré dans la partie centrale de l'assemblage.

Chaque boulon doit être au moins serré jusqu'au refus, en veillant spécialement à éviter tout surserrage des boulons particulièrement courts et les M12. Le serrage doit être effectué boulon par boulon dans un groupe, en commençant par la partie la plus rigide de l'assemblage et en se déplaçant progressivement vers la partie la moins rigide. Pour obtenir un serrage uniforme jusqu'au refus des boulons, plusieurs cycles de serrage peuvent s'avérer nécessaires.

NOTE 1 La partie la plus rigide d'un assemblage avec couvre-joints d'une section en I se situe généralement au centre du groupe de boulons. Les parties les plus rigides des assemblages avec platines d'about des sections en I se situent habituellement près des semelles.

NOTE 2 Le «serrage jusqu'au refus» peut généralement être compris comme pouvant être obtenu par l'effort d'un homme seul utilisant une clé de dimension normale sans rallonge, et peut être fixé comme le point où une clé à chocs commence à frapper.

A_1 texte supprimé A_1

8.4 Préparation des surfaces de contact dans les assemblages résistant au glissement

Le présent article n'est pas applicable aux aciers inoxydables pour lesquels les exigences éventuelles concernant les surfaces de contact doivent être spécifiées.

Le présent article ne traite pas de la protection contre la corrosion pour laquelle les exigences sont spécifiées à l'article 10 et à l'Annexe F.

L'aire des surfaces de contact dans des assemblages précontraints doit être spécifiée.

Les surfaces de contact doivent être préparées de manière à produire le coefficient de frottement requis qui doit en général être déterminé par des essais tels que spécifiés à l'Annexe G.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les précautions suivantes doivent être prises avant assemblage :

- les surfaces de contact doivent être exemptes de toute souillure, par exemple, huile, saleté ou peinture ; les bavures susceptibles d'empêcher l'accostage précis des parties assemblées doivent être éliminées ;
- les surfaces non revêtues doivent être débarrassées de rouille ou d'autre matériau non adhérent. On doit veiller à ne pas endommager ou polir la surface rugueuse. Les zones non traitées autour du périmètre de l'assemblage serré ne doivent pas être traitées avant la fin du contrôle de l'assemblage.

Le Tableau 18 donne les traitements de surfaces qui peuvent être considérés comme fournissant le coefficient de frottement minimal selon la classe spécifiée de surface de frottement, sans essai.

Tableau 18 — Classifications pouvant être envisagées pour les surfaces de frottement

Traitement de surface	Classe	Coefficient de frottement μ
Surfaces grenaillées ou sablées, débarrassées de toute rouille non adhérente, exemptes de piquûres.	A	0,50
Surfaces grenaillées ou sablées : — métallisées par projection d'un produit à base d'aluminium ou de zinc ; — avec une peinture au zinc silicate inorganique d'une épaisseur de 50 μm à 80 μm .	B	0,40
Surfaces nettoyées à la brosse métallique ou au chalumeau, débarrassées de toute rouille non adhérente.	C	0,30
Surfaces brutes de laminage.	D	0,20

Ces exigences s'appliquent aussi aux fourrures placées pour compenser les différences d'épaisseur comme spécifié au 8.1.

8.5 Serrage des boulons précontraints

8.5.1 Généralités

Sauf spécification contraire, la précontrainte minimale nominale $F_{p,C}$ doit être prise comme suit :

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

où :

f_{ub} est la résistance nominale ultime du matériau de la vis et A_s est l'aire résistante de la vis.

telle que définie dans l'EN 1993-1-8 et spécifiée dans le Tableau 19. Ce niveau de précontrainte doit être utilisé pour tous les assemblages précontraints résistant au glissement et pour tous les autres assemblages précontraints à moins qu'un niveau de précontrainte inférieur n'ait été spécifié. Dans le dernier cas, les boulons, la méthode de serrage, les paramètres de serrage et les exigences relatives à l'inspection doivent aussi être spécifiés.

NOTE La précontrainte peut être utilisée pour la résistance au glissement, pour les assemblages sismiques, pour la résistance à la fatigue, à des fins d'exécution ou comme mesure de qualité (par exemple pour la durabilité).

Tableau 19 — Valeurs de $F_{p,C}$ en [kN]

Classe de qualité	Diamètre du boulon en mm							
	12	16	20	22	24	27	30	36
8.8	47	88	137	170	198	257	314	458
10.9	59	110	172	212	247	321	393	572

N'importe laquelle des méthodes de serrage figurant au Tableau 20 peut être utilisée à moins que des restrictions d'utilisation ne soient spécifiées. La classe k (état de calibrage tel que livré) du boulon doit être conforme au Tableau 20 pour la méthode utilisée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 20 — Classes *k* pour les méthodes de serrage

Méthode de serrage	Classes <i>k</i>
Méthode du couple	K2
Méthode combinée	K2 ou K1
Méthode pour HRC	K0 avec écrou HRD seulement ou K2
Méthode pour indicateur direct de précontrainte (DTI)	K2, K1 ou K0

En variante, un calibrage conforme à l'Annexe H peut être utilisé, sauf pour la méthode du couple à moins que ce ne soit autorisé dans le cahier des charges d'exécution.

L'état de calibrage tel que livré est valide pour un serrage par rotation de l'écrou. Si le serrage est effectué par rotation de la tête de vis, le calibrage doit être réalisé conformément à l'Annexe H ou par des essais complémentaires effectués par le fabricant de l'élément de fixation conformément à l'EN 14399-2.

Les bavures, les matériaux non adhérents ou une surépaisseur de peinture susceptibles d'empêcher l'accostage précis des parties assemblées doivent être éliminées avant l'assemblage.

Avant l'application de la précontrainte, les éléments assemblés doivent être positionnés et les boulons d'un même groupe de boulons doivent être serrés conformément au 8.3, mais le jeu résiduel doit être limité à 2 mm avec les actions correctives nécessaires sur les éléments en acier.

Le serrage doit être effectué par rotation de l'écrou, sauf lorsque l'accès du côté écrou du boulon est inadapté. Des précautions particulières, selon la méthode de serrage adoptée, peuvent se révéler nécessaires lorsque les vis sont serrées par rotation de la tête de vis.

A1 Lors de la première étape et de la dernière étape du serrage, le serrage **A1** doit être réalisé progressivement de la partie la plus rigide de l'assemblage vers la partie la moins rigide. Pour obtenir une précontrainte uniforme, plusieurs cycles de serrage peuvent être nécessaires.

Les clés dynamométriques utilisées dans toutes les phases de la méthode du couple doivent avoir une précision de $\pm 4 \%$ conformément à l'EN ISO 6789. **A1** La précision de chaque clé doit être maintenue conformément à l'EN ISO 6789 et, dans le cas des clés pneumatiques, à chaque changement **A1** de longueur du flexible d'alimentation en air. Pour les clés dynamométriques utilisées dans la première phase de la méthode combinée; les prescriptions sont portés à $\pm 10 \%$ pour la précision et à une année pour la périodicité.

Un contrôle doit être effectué après tout incident se produisant en cours d'utilisation (choc violent, chute, surcharge, ...) et affectant la clé.

Les autres méthodes de serrage (par exemple, précontrainte axiale par des dispositifs hydrauliques ou mise en tension avec contrôle par ultrasons) doivent être calibrées conformément aux recommandations du fabricant de l'équipement.

Les boulons à haute résistance aptes à la précontrainte doivent être utilisés sans modification de l'état de la lubrification tel que livré, à moins de choisir la méthode pour DTI ou le mode opératoire de l'Annexe H.

Lorsqu'un boulon a été serré jusqu'à la précontrainte minimale puis est ensuite desserré il doit être enlevé et mis au rebut.

Les boulons utilisés pour l'accostage initial n'ont normalement pas besoin d'être serrés jusqu'à la précontrainte minimale ou desserrés ; ils sont, par conséquent, encore utilisables tels quels pour le serrage final.

NOTE Si le processus de serrage est retardé dans des conditions d'exposition non contrôlées, les performances de la lubrification peuvent être affectées et il convient de les vérifier.

La perte potentielle de force de précontrainte par rapport à sa valeur initiale en fonction de différents facteurs, par exemple relaxation, fluage des revêtements de surface (voir Annexe F.4 et Tableau 18), est prise en compte dans les méthodes de serrage spécifiées ci-après. Dans le cas de revêtements de surface épais, il doit être précisé si des mesures doivent être prises pour compenser la perte ultérieure de précontrainte éventuelle.

NOTE Quand la méthode du couple est utilisée, ceci peut être fait par resserrage après quelques jours.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

8.5.2 Valeurs de référence du couple

Les valeurs de référence du couple M_r à utiliser pour une force de précontrainte nominale minimale $F_{p,C}$ sont déterminées pour chaque type de combinaison vis-écrou utilisée selon l'une des options suivantes :

a) valeurs fondées sur la classe k déclarée par le fabricant de l'élément de fixation conformément aux parties concernées de l'EN 14399 :

1) $M_{r,2} = k_m d F_{p,C}$ avec k_m pour la classe K2.

2) $M_{r,1} = k_m d F_{p,C}$ avec k_m pour la classe K1.

b) valeurs déterminées conformément à l'Annexe H :

$M_{r,\text{test}} = M_m$ avec M_m déterminé conformément à la procédure appropriée à la méthode de serrage utilisée.

8.5.3 Méthode du couple

Les boulons doivent être serrés à l'aide d'une clé dynamométrique offrant une plage de fonctionnement appropriée. Des clés manuelles ou automatiques peuvent être utilisées. Les clés à chocs peuvent être utilisées dans la première phase du serrage de chaque boulon.

Le couple de serrage doit être appliqué de manière continue et sans à-coups.

Le serrage par la méthode du couple comprend au moins les deux phases suivantes :

a) une première phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple d'environ $0,75 M_{r,i}$ avec $M_{r,i} = M_{r,2}$ ou $M_{r,\text{test}}$. Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase.

b) une seconde phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple de $1,10 M_{r,i}$ avec $M_r = M_{r,2}$ ou $M_{r,\text{test}}$.

NOTE L'utilisation du coefficient 1,10 avec $M_{r,2}$ est équivalent à $(1 + 1,65 V_k)$ avec $V_k = 0,06$ pour la classe-k, K2.

8.5.4 Méthode combinée

Le serrage par la méthode combinée comprend deux phases :

a) une première phase de serrage, à l'aide d'une clé dynamométrique offrant une plage de fonctionnement appropriée. La clé doit être réglée sur une valeur de couple d'environ $0,75 M_{r,i}$ avec $M_{r,i} = M_{r,2}$ ou $M_{r,1}$ ou $M_{r,\text{test}}$. Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase.

Quand on utilise $M_{r,1}$, par simplification, on peut utiliser $M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$, sauf spécification contraire.

b) une seconde phase de serrage dans laquelle une rotation spécifiée est appliquée à la partie de l'assemblage qui tourne. La position de l'écrou par rapport aux filets de la vis doit être repérée immédiatement après la première phase, en utilisant un marqueur ou une marque de peinture, de manière à pouvoir facilement déterminer la rotation finale de l'écrou par rapport aux filets dans cette seconde phase.

Sauf spécification contraire, la seconde phase doit être conforme aux valeurs données dans le Tableau 21.

Tableau 21 — Méthode combinée : rotation supplémentaire (vis 8.8 et 10.9)

Épaisseur nominale totale « <i>t</i> » des pièces à assembler (y compris toutes fourrures et rondelles)	Rotation supplémentaire à appliquer, au cours de la seconde phase de serrage	
	Degrés	Fraction de tour
$d = \text{diamètre de la vis}$		
$t < 2 d$	60	1/6
$2 d \leq t < 6 d$	90	1/4
$6 d \leq t \leq 10 d$	120	1/3
NOTE Lorsque la surface sous la tête de vis (en tenant compte des rondelles biaises, le cas échéant) n'est pas perpendiculaire à l'axe de la vis, il convient de déterminer par des essais l'angle de rotation requis.		

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

8.5.5 Méthode HRC

Les boulons HRC doivent être serrés à l'aide d'une visseuse spécifique équipée de deux douilles coaxiales qui réagissent par couple l'une contre l'autre. La douille extérieure qui se prend sur l'écrou tourne dans le sens horaire. La douille intérieure qui s'engage sur l'extrémité cannelée de la vis tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

NOTE 1 La visseuse spécifique fonctionne de la manière suivante :

- au cours du serrage d'un boulon, la douille en rotation est celle qui rencontre le moins de résistance ;
- du début jusqu'à la dernière A_1 étape A_1 de serrage, la douille extérieure sur l'écrou tourne dans le sens horaire alors que la douille intérieure maintient l'extrémité cannelée sans tourner, ce qui entraîne le serrage progressif du boulon par le couple croissant appliqué à l'écrou ;
- lors de la dernière A_1 étape A_1 de serrage, c'est-à-dire lorsque le plateau de résistance à la torsion de la gorge de rupture est atteinte, la douille intérieure tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une montre alors que la douille extérieure sur l'écrou fournit la réaction sans tourner ;
- la pose du boulon est terminée lorsque l'extrémité cannelée se cisaille au droit de la gorge de rupture.

Le niveau requis de précontrainte spécifiée est contrôlé par la vis HRC elle-même au moyen des caractéristiques géométriques et des caractéristiques mécaniques en torsion conjointement aux conditions de lubrification. L'équipement ne nécessite pas de calibrage.

Afin de s'assurer que les précontraintes dans les boulons définitivement posés dans les assemblages répondent à l'exigence de précontrainte minimale spécifiée, le processus d'installation des boulons comporte généralement deux phases de serrage.

La première phase de serrage est terminée au plus tard lorsque la douille extérieure de la visseuse arrête de tourner. Si spécifié, cette première phase est répétée aussi souvent que nécessaire. Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase.

NOTE 2 Les conseils du fabricant de l'équipement peuvent porter sur des informations complémentaires indiquant comment identifier si le préserrage a bien eu lieu (par exemple le changement du son produit par la visseuse spécifique ou si d'autres méthodes de préserrage sont appropriées.

La seconde phase de serrage est terminée lorsque l'extrémité cannelée du boulon se cisaille au niveau de la gorge de rupture.

Si les conditions d'assemblage sont telles qu'il n'est pas possible d'utiliser une visseuse spécifique sur le boulon HRC, par exemple par manque de place, le serrage A_1 doit être effectué en utilisant un mode opératoire conforme à la méthode du couple A_1 (voir 8.5.3), en s'appuyant sur les informations de la classe K2 ou en utilisant un indicateur direct de précontrainte (voir 8.5.6).

8.5.6 Méthode par indicateur direct de précontrainte

Le présent paragraphe s'applique aux rondelles compressibles, telles que les indicateurs directs de précontrainte conformes au A_1 EN 14399-9 A_1 , qui indiquent qu'au moins la contrainte minimale requise a été atteinte, en contrôlant la force dans le boulon. Il ne couvre pas les indicateurs qui s'appuient sur la torsion. Il ne s'applique pas à la mesure directe de la précontrainte des boulons à l'aide d'instruments hydrauliques.

Les indicateurs directs de précontrainte et leurs rondelles associées doivent être assemblés comme spécifié dans l'Annexe J.

La première phase de serrage pour atteindre l'état «serré jusqu'au refus» d'un assemblage d'élément doit correspondre au moment où la déformation initiale des protubérances des DTI commence. Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase.

La seconde phase du serrage doit être conforme au A_1 EN 14399-9 A_1 et à l'Annexe J. Les valeurs d'interstices mesurés sur la rondelle indicatrice peuvent être moyennées pour établir l'acceptabilité du boulon.

8.6 Boulons ajustés

Les boulons ajustés peuvent être utilisés dans des applications précontraintes ou non précontraintes, et 8.1 à 8.5 s'appliquent si nécessaire en supplément des exigences ci-après.

Il convient que la longueur de la portion filetée de la tige du boulon ajusté (y compris l'amorce de filetage) incluse dans la longueur d'appui ne dépasse pas le 1/3 de l'épaisseur de la plaque sauf spécification contraire (voir Figure 4).

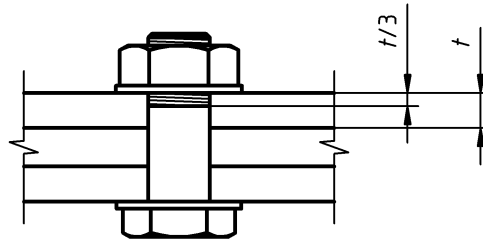


Figure 4 — Portion filetée de la tige incluse dans la longueur d'appui pour des boulons ajustés

Les boulons ajustés doivent être mis en place sans appliquer un effort excessif, et de telle façon que leurs filetages ne soient pas endommagés.

8.7 Rivetage à chaud

8.7.1 Rivets

Chaque rivet doit avoir une longueur suffisante pour obtenir une tête de dimensions uniformes, un remplissage intégral du trou et pour éviter l'empreinte superficielle de la bouterolle sur les faces extérieures des éléments.

8.7.2 Mise en œuvre des rivets

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à être maintenus fermement en contact pendant le rivetage.

L'excentricité maximale entre les trous relatifs à un même rivet dans un assemblage ne doit pas être supérieure à 1 mm. Pour répondre à cette exigence, un alésage est autorisé. Après alésage, il peut être nécessaire de mettre en place un rivet de plus grand diamètre.

Pour les assemblages à plusieurs rivets, un boulon provisoire doit être mis en place et serré dans au moins un trou sur quatre avant le rivetage qui doit débiter au centre du groupe de rivets. Des mesures particulières doivent être prises pour maintenir des éléments assemblés avec un seul rivet (par exemple serrage).

Chaque fois que cela est possible, le rivetage doit être effectué à l'aide de machines de type à pression constante. Une fois le refoulement terminé, la pression de pose doit être maintenue sur le rivet pendant un court instant, de façon qu'au dégagement de la machine, la tête soit noire.

Chaque rivet doit être chauffé uniformément sur toute sa longueur, sans brûlure ni calaminage excessif. Il doit être porté au rouge vif de la tête à la pointe au moment de son insertion, et refoulé sur la totalité de sa longueur tant qu'il est brûlant, de façon à remplir complètement le trou. Un soin particulier doit être apporté à la chauffe et à la pose des rivets longs.

Chaque rivet doit être débarrassé de sa calamine en le frappant alors qu'il est brûlant contre une surface dure, après la chauffe et avant l'insertion dans le trou.

Un rivet brûlé ne doit pas être utilisé. Un rivet chauffé qui n'est pas utilisé immédiatement ne doit pas être réchauffé en vue d'une utilisation ultérieure.

Lorsqu'une surface affleurante est spécifiée pour des rivets à tête fraisée, toute partie de métal saillante doit être burinée ou meulée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

8.7.3 Critères d'acceptation

Les têtes de rivets doivent être centrées. Le décentrage de la tête par rapport à l'axe de la tige ne doit pas être supérieur à $0,15 d_0$, où d_0 est le diamètre du trou.

Les têtes de rivets doivent être bien formées et ne doivent présenter ni gerçures, ni cratères.

Les rivets doivent présenter un contact satisfaisant avec les pièces assemblées, aussi bien au niveau de la face extérieure des pièces que dans le trou. Il ne doit être détecté ni mouvement ni vibration lorsque la tête du rivet est tapotée légèrement à l'aide d'un marteau.

Une légère collerette régulière et bien centrée ne peut être acceptée que si un nombre restreint de rivets du groupe est concerné.

Les faces extérieures des pièces qui ne doivent pas présenter de marque causée par la bouterolle peuvent être spécifiées.

Lorsque des rivets à tête fraisée sont exigés, les têtes doivent remplir complètement les fraises après rivetage. En cas de manque de matière, le rivet doit être remplacé.

Tout rivet ne répondant pas aux critères d'acceptation doit être ôté et remplacé par un rivet neuf.

8.8 Fixation des éléments minces

8.8.1 Généralités

Le présent paragraphe s'applique aux éléments minces ayant une épaisseur de 4 mm au maximum.

Le comportement des éléments de fixation dépendra de la méthodologie de chantier qui peut être déterminée par essais de mode opératoire. Les essais de mode opératoire peuvent être utilisés pour démontrer que les assemblages requis peuvent être réalisés dans les conditions du chantier. Il convient de tenir compte des aspects suivants :

- a) aptitude à réaliser des trous de dimensions correctes pour les vis autotaraudeuses et les rivets ;
- b) aptitude à régler correctement les visseuses aux valeurs correctes de couple de serrage/niveau d'enfoncement ;
- c) aptitude à poser les vis autotaraudeuses perpendiculairement à la surface assemblée et à poser les rondelles d'étanchéité à la compression correcte dans les limites recommandées par le fabricant de rondelles ;
- d) aptitude à choisir et utiliser des goujons pour pistoscellement par charge explosive ;
- e) aptitude à former un assemblage structural acceptable et à reconnaître un assemblage inacceptable.

Les éléments de fixation doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit.

L'utilisation d'éléments de fixation spéciaux et de méthodes particulières de fixation est traitée au 8.9.

8.8.2 Utilisation de vis autotaraudeuses et autoperceuses

La longueur et la forme du filetage des vis doivent être choisies en fonction de l'application spécifique et de l'épaisseur du matériau à fixer. La longueur effective du filetage doit être telle que la partie filetée s'engage dans l'élément support.

Pour certaines applications, les vis nécessitent un filetage interrompu. Lorsqu'une rondelle d'étanchéité est utilisée, il convient que l'épaisseur de la rondelle soit prise en compte pour le calcul de la longueur de filetage.

Les éléments de fixation doivent être positionnés en creux d'onde, sauf spécification contraire.

Lorsque des vis sont fixées en sommet d'onde d'une plaque de couverture, il faut prendre soin d'éviter tout enfoncement dans la tôle au niveau du point de pénétration.

Les outils électriques employés pour poser des vis doivent posséder un dispositif de contrôle de profondeur et/ou de limitation du couple qui doit être réglé conformément aux recommandations du fabricant de l'équipement. Si des visseuses électriques sont utilisées, les vitesses de perçage et de vissage (nombre de tours par minute) doivent être conformes aux recommandations du fabricant d'éléments de fixation.

Lorsque des rondelles d'étanchéité sont utilisées, les vis doivent être mises en œuvre de manière à obtenir la compression appropriée, comme illustré dans la Figure 5.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

La jauge de profondeur d'une visseuse électrique doit être réglée de manière à comprimer la rondelle en élastomère dans les limites fixées par le fabricant du produit.

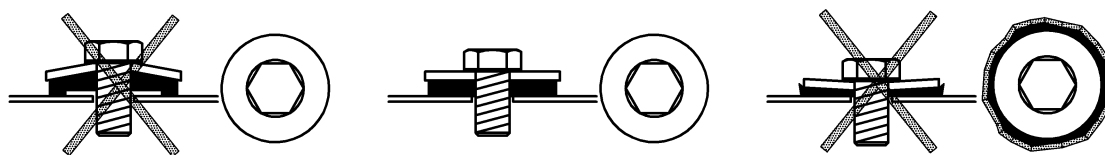


Figure 5 — Guide sur la compression des rondelles d'étanchéité

Les vis sans rondelles d'étanchéité doivent être posées à l'aide d'un dispositif approprié de contrôle de couple ou de profondeur pour éviter le surserrage.

Le limiteur de couple doit être réglé de manière à ce que le couple de taraudage soit obtenu sans dépasser le couple de cisaillement de la tête, ni le couple d'arrachement du filet.

8.8.3 Utilisation de rivets aveugles

Le choix de la longueur du rivet aveugle doit être fait en fonction de l'épaisseur totale à assembler.

NOTE 1 La longueur de rivet recommandée par le fabricant du produit tient généralement compte d'un certain rapprochement des tôles à assembler.

NOTE 2 La plupart des fabricants proposent une gamme d'outils de pose manuels et électriques permettant de s'adapter à un usage plus ou moins intensif. Ils sont souvent facilement adaptables en ne changeant que le nez et/ou les mâchoires pour poser toute une gamme de rivets aveugles de différents types et dimensions. En général, des têtes interchangeables sont disponibles pour effectuer la pose dans des endroits où l'accès de l'outil est limité, par exemple à l'intérieur des profils en U ou cylindriques.

NOTE 3 Des caractéristiques de pose prédéterminées par la relation corps du rivet/ tige garantissent l'homogénéité des assemblages.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux recommandations du fabricant du produit.

Après pose, les fûts de tiges rompus et éjectés doivent être collectés et enlevés des surfaces de travail extérieures afin de prévenir toute corrosion ultérieure.

8.8.4 Fixation aux recouvrements

Les fixations entre panneaux (recouvrements latéraux) et avec les éléments tels que les solins et accessoires doivent être adaptées pour resserrer les tôles entre elles.

Il convient de fixer les recouvrements latéraux des plaques nervurées de la face exposée d'une toiture conformément aux recommandations du fabricant du produit. Il convient que le diamètre minimal de ces fixations soit de 4,8 mm pour les vis autotaraudeuses et autoperceuses et de 4,0 mm pour les rivets aveugles.

S'il y a collaboration des parois, les exigences concernant les fixations des recouvrements latéraux en tant que liaisons structurales doivent être spécifiées.

8.9 Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières

Les éléments de fixation particuliers et les méthodes de fixation particulières doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit et aux dispositions appropriées des paragraphes 8.1 à 8.8. Ceci s'applique également aux boulons de liaison de la structure en acier à d'autres matériaux de construction, y compris les boulons de scellement à ancrage chimique.

NOTE 1 Des exemples de méthodes spéciales de fixation sont les trous spécialement taraudés, les goujons filetés, l'assemblage par collage ou le clinchage qui utilise des tôles assemblées par des déformations locales.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Ces méthodes ne doivent être utilisées que lorsqu'elles sont spécifiées. Tous les essais de mode opératoire exigés en vue de l'utilisation d'éléments de fixation particuliers et des méthodes de fixation particulières dans des applications précontraintes ou non précontraintes, doivent être spécifiés. Des essais différents de ceux spécifiés pour les boulons peuvent se révéler nécessaires. Des essais de mode opératoire peuvent être évités si des informations suffisantes concernant les essais antérieurs sont fournies.

Des trous spécialement taraudés ou des goujons filetés peuvent être utilisés comme équivalent à l'utilisation d'un boulon conforme au 5.6.3, à condition que les matériaux, les formes de filetage et la tolérance du filetage soient en conformité avec la norme de produit appropriée.

Les exigences relatives à l'utilisation de boulons hexagonaux injectés doivent être spécifiées.

NOTE 2 L'Annexe K contient des informations sur la fourniture et l'utilisation de boulons hexagonaux injectés, auxquelles il est possible de recourir.

8.10 Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables

Le grippage peut résulter d'une adhérence locale suivie de rupture de surfaces soumises à une charge et en mouvement relatif pendant l'opération de vissage. Dans certains cas, il peut s'ensuivre un collage.

Les méthodes suivantes peuvent être employées pour éviter les problèmes de grippage avec arrachement superficiel :

- il est possible d'utiliser des nuances normalisées différentes d'acier inoxydable qui varient par leur composition, leur taux d'écrouissage et leur dureté (par exemple, combinaison vis-écrou de nuances A2-C4, A4-C4 ou A2-A4 selon l'EN ISO 3506-1 et l'EN ISO 3506-2) ;
- dans les cas sévères, un alliage spécial d'acier inoxydable avec taux d'écrouissage élevé peut être utilisé pour un élément ou des revêtements de surface durs peuvent être appliqués, par exemple nitruration ou chromage dur ;
- des agents anti-grippage, tels que pulvérisation d'une pellicule à sec de PTFE.

Lorsque des métaux ou revêtements différents sont utilisés, il est nécessaire de s'assurer que la résistance à la corrosion requise est obtenue.

NOTE Le graissage des boulons est bénéfique, mais il peut entraîner une contamination par la poussière et poser des problèmes de stockage.

9 Montage

9.1 Généralités

Le présent article expose les exigences concernant le montage et autres travaux entrepris sur le chantier, y compris le scellement au droit des appuis, ainsi que les exigences concernant l'adéquation du chantier en termes de sécurité du montage et de préparation correcte des appuis.

Un travail entrepris sur chantier comportant la préparation, le soudage, l'assemblage à l'aide de fixations mécaniques et le traitement des surfaces doit respecter les clauses respectives des articles 6, 7, 8 et 10.

Le contrôle et la réception de la structure doivent être effectués conformément aux exigences spécifiées à l'article 12.

9.2 Conditions de chantier

Le montage ne doit pas commencer avant que le site prévu pour la construction soit conforme aux exigences techniques en matière de sécurité des travaux, qui doivent tenir compte des éléments suivants, selon le cas :

- aménagement et entretien des circulations en dur destinées aux engins de levage et au matériel d'accès ;
- accès au chantier et à l'intérieur de celui-ci ;
- état du sol en rapport avec la sécurité de fonctionnement des installations ;
- tassement éventuel des appuis de la structure en cours de montage ;

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- e) détails des réseaux souterrains, câbles aériens, ou obstacles sur chantier ;
- f) limitations de dimensions ou de poids des éléments pouvant être livrés sur chantier ;
- g) conditions environnementales et climatiques particulières sur le chantier et aux environs ;
- h) détails des structures adjacentes affectant ou affectées par les travaux.

Il convient d'indiquer les itinéraires d'accès au chantier et à l'intérieur du chantier sur un plan montrant les dimensions et hauteurs de passage des itinéraires d'accès, le niveau de l'aire de travail préparée pour la circulation des engins et les installations, ainsi que les zones disponibles pour le stockage.

Lorsque les travaux conjugués avec ceux d'autres corps de métier, la cohérence des exigences techniques relatives à la sécurité des travaux avec les autres opérations de la construction doit être contrôlée. Ce contrôle doit tenir compte des points suivants, selon les cas :

- a) procédures de coopération convenues au préalable avec d'autres entrepreneurs ;
- b) disponibilités des services sur chantier ;
- c) valeurs maximales des charges de construction et de stockage autorisées sur la structure en acier ;
- d) contrôle de la mise en place du béton pour la réalisation d'une construction mixte.

NOTE L'EN 1991-1-6 fournit des règles pour déterminer les charges de construction et de stockage, y compris le béton.

9.3 Méthode de montage

9.3.1 Méthode de montage servant de base au projet

Si le principe de stabilité de la structure dans un état partiellement monté n'est pas évident, une méthode de montage sûre sur laquelle le calcul a été basé doit être fournie. Cette méthode de montage de base du projet doit tenir compte des points suivants :

- a) les emplacements et les types d'assemblages sur chantier ;
- b) les valeurs maximales de dimensions, poids et position des éléments ;
- c) la séquence de montage ;
- d) l'hypothèse de stabilité de la structure partiellement montée, y compris les exigences éventuelles de contreventement ou d'étaiyage provisoire ;
- e) l'étaiyage ou autres mesures pour l'exécution du bétonnage par phases des structures mixtes ;
- f) les conditions de dépose des contreventements ou étaiyages provisoires, ou les exigences éventuelles concernant le détensionnement ou la mise en charge de la structure ;
- g) les conditions susceptibles de d'engendrer un risque pour la sécurité au cours de la construction ;
- h) la planification et la méthode de réglage puis de scellement des plaques d'assise ou appareils d'appui sur fondations ;
- i) les contreflèches et préréglages requis par rapport à aux valeurs vérifiées lors de la fabrication ;
- j) l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour assurer la stabilité ;
- k) l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour procurer un maintien latéral ;
- l) le transport d'éléments, y compris les accessoires de fixation pour le levage, le retournement ou le tirage ;
- m) les positions et conditions des appuis et de mise sur vérins ;
- n) les hypothèses de stabilité des appareils d'appui ;
- o) les déformations de la structure partiellement montée ;
- p) les tassements d'appuis attendus ;
- q) les positions et charges particulières engendrées par les engins de levage, les matériels stockés, contrepoids, etc., pendant les diverses phases de construction ;
- r) les instructions relatives à la livraison, au stockage, au levage, à la fixation et à la mise en tension des haubans ;
- s) les détails relatifs à tous les ouvrages et fixations provisoires sur les ouvrages permanents, associés à des instructions de dépose.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

9.3.2 Méthode de montage du constructeur

Un descriptif de la méthode de montage du constructeur doit être préparé et vérifié conformément aux règles de calcul, notamment en ce qui concerne la résistance de la structure partiellement montée aux charges de montage et autres charges.

Le descriptif de la méthode de montage du constructeur peut différer de la méthode de montage servant de base au projet, à condition qu'elle en constitue une alternative sûre.

Les correctifs apportés au descriptif de la méthode de montage, y compris ceux imposés par les conditions de chantier, doivent être vérifiés et étudiés conformément aux exigences spécifiées ci-dessus.

Le descriptif de la méthode de montage doit présenter les modes opératoires à utiliser pour monter la structure en acier en toute sécurité et doit tenir compte des exigences techniques liées à la sécurité des travaux.

Il convient que les modes opératoires soient reliés à des instructions de travail spécifiques.

Le descriptif de la méthode de montage doit aborder tous les points pertinents mentionnés au 9.3.1 et doit en outre tenir compte des points suivants, selon les cas :

- a) l'expérience tirée de tout montage à blanc éventuel réalisé selon le 9.6.4 ;
- b) les bridages nécessaires pour assurer la stabilité avant le soudage et pour empêcher tout déplacement local de l'assemblage ;
- c) les moyens de levage nécessaires ;
- d) la nécessité de marquer les poids et/ou centres de gravité sur les pièces de grandes dimensions ou de formes irrégulières ;
- e) la relation existant entre les poids à lever et le rayon d'action lorsque des grues doivent être utilisées ;
- f) l'identification des efforts de souplesse latérale, particulièrement ceux dues aux conditions de vent prévisibles sur le chantier pendant le montage, et les méthodes exactes de maintien d'une résistance appropriée à cette souplesse latérale ;
- g) les mesures pour faire face aux risques pour la sécurité ;
- h) la mise en place de postes de travail et de moyens d'accès avec les sécurités nécessaires.

En complément, les dispositions suivantes s'appliquent aux structures mixtes acier-béton :

- i) l'ordre de fixation des tôles d'acier nervurées destinées aux dalles mixtes doit être planifié de manière à s'assurer que les tôles sont convenablement supportées par les poutres porteuses avant leur fixation, et qu'elles sont solidement fixées avant de les utiliser pour accéder aux postes de travail suivants ;
- j) il convient d'éviter l'utilisation de tôles d'acier nervurées pour l'accès lors du soudage des connecteurs de cisaillement, sauf si ces tôles sont déjà solidement fixées par des éléments de fixation conformément au i) ;
- k) la séquence de mise en place et la méthode d'arrimage et de blocage des coffrages permanents pour s'assurer qu'ils sont sécurisés avant d'être utilisés comme accès pour les opérations de construction suivantes et pour supporter le ferrailage des dalles et le béton du tablier.

Il convient de considérer les facteurs pertinents associés à l'exécution des ouvrages en béton, tels que la séquence de coulage du béton, la précontrainte, et la différence de température entre l'acier et le béton frais, le vérinage et les appuis.

9.4 Levé

9.4.1 Système de référence

Les mesures de l'ouvrage sur chantier doivent être effectuées par rapport au système établi pour l'implantation et les mesures de la construction conformément à l'ISO 4463-1.

Un relevé d'un quadrillage secondaire doit être préparé et utilisé comme système de référence pour l'implantation de la structure en acier et la détermination des écarts des appuis. Les coordonnées du quadrillage secondaire indiquées dans cette étude doivent être acceptées comme exactes si elles respectent les critères d'acceptation indiqués dans l'ISO 4463-1.

La température de référence pour l'implantation et les mesures de la structure en acier doit être spécifiée.

9.4.2 Points de repère

Les points de repère qui indiquent l'emplacement prévu pour le montage d'éléments particuliers doivent être conformes à l'ISO 4463-1.

9.5 Appuis, ancrages et appareils d'appui

9.5.1 Contrôle des appuis

L'état et la position des appuis doivent être contrôlés à l'aide de moyens visuels et de mesure appropriés avant de commencer le montage.

Si les appuis sont inadaptés pour le montage, ils doivent être corrigés avant de commencer celui-ci. Les non-conformités doivent être consignées.

9.5.2 Implantation et adéquation des appuis

Toutes les fondations, tiges d'ancrage et autres appuis prévus pour la construction métallique doivent être convenablement préparés pour recevoir la structure en acier. La mise en œuvre d'appareils d'appui structuraux doit être conforme aux prescriptions de l'EN 1337-11.

Le montage ne doit pas commencer tant que la position et le niveau des appuis, ancrages ou appareils d'appui ne sont pas conformes aux critères d'acceptation du 11.2, ou tant qu'une modification appropriée des exigences spécifiées n'a pas été établie.

L'étude de conformité utilisée pour vérifier l'implantation des appuis doit être consignée.

Lorsque des tiges d'ancrage doivent être précontraintes, des dispositions doivent être prises pour que leurs parties supérieures sur 100 mm, au minimum, n'adhèrent pas au béton.

Il convient que les tiges d'ancrage devant bouger dans des fourreaux soient munies de fourreaux d'un diamètre égal à trois fois le diamètre du boulon, avec un diamètre minimal de 75 mm.

9.5.3 Maintien de l'adéquation des appuis

Au cours du montage, les appuis destinés à la structure en acier doivent être conservés dans un état équivalent à l'état dans lequel ils étaient au début du montage.

NOTE 1 Il convient d'identifier les zones d'appui qui requièrent une protection contre les taches de rouille et d'assurer une protection adéquate.

Sauf spécification contraire, une compensation du tassement des appuis peut être acceptée. Elle doit être réalisée par scellement ou calage entre la structure en acier et l'appui.

NOTE 2 Le dispositif de compensation sera généralement placé sous l'appareil d'appui.

9.5.4 Calages provisoires

Les fourrures et autres dispositifs d'appui utilisés comme calages provisoires sous les plaques d'appui doivent présenter une surface plane côté plaque, et être de dimensions, résistance et rigidité appropriées afin d'éviter l'écrasement local du béton de l'infrastructure ou de la maçonnerie.

Si des calages sont destinés à être scellés ultérieurement, ils doivent être positionnés de telle façon que le produit de scellement les englobe entièrement et les recouvre d'au moins 25 mm, sauf spécification contraire.

Les calages des appareils d'appui pour les ponts ne doivent pas être laissés en place, sauf spécification contraire.

Lorsque des calages sont laissés en place après scellement, ils doivent être constitués de matériaux possédant la même durabilité que celle de la structure.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Lorsque la mise à niveau de la base est obtenue à l'aide d'écrous de réglage installés sur les tiges d'ancrage sous la plaque d'appui, ces écrous peuvent être laissés en place, sauf spécification contraire. Les écrous doivent être choisis de manière à s'assurer qu'ils sont aptes à maintenir la stabilité de la structure partiellement montée, sans compromettre les performances de la tige d'ancrage en service.

NOTE Tout comme les fourrures et les cales, des demi-écrous ou des écrous spéciaux en matière plastique sont souvent utilisés comme écrous de réglage

9.5.5 Scellement et remplissage

Si les espaces libres sous les plaques d'appui doivent être scellés, le matériau doit être utilisé conformément au 5.8.

Le matériau de remplissage doit être utilisé de la manière suivante :

- le matériau doit être gâché et utilisé conformément aux recommandations du fabricant du produit, notamment en ce qui concerne sa consistance lors de sa mise en œuvre ; le matériau ne doit pas être gâché ni utilisé à une température inférieure à 0 °C, sauf si les instructions du fabricant l'autorisent ;
- le matériau doit être injecté sous une pression adéquate pour remplir totalement l'espace libre ;
- un bourrage et un damage contre des parois prévues à cet effet doivent être effectués si spécifié et/ou recommandé par le fabricant du produit de scellement ;
- des trous d'évent autant que nécessaire doivent être prévus.

Immédiatement avant le remplissage, l'espace libre sous la plaque d'appui en acier doit être exempt de liquides, glace, gravats et autres souillures.

Les réservations pour poteaux à scellement direct doivent être remplies de béton compact présentant une résistance à la compression caractéristique au moins égale à celle du béton de fondation environnant.

Pour les réservations de poteaux à scellement direct, la partie scellée du poteau doit, dans un premier temps, être noyée dans le béton sur une longueur suffisante pour assurer la stabilité dans l'état provisoire et, dans un second temps, maintenue sans déplacement pendant un laps de temps suffisant pour lui permettre d'acquérir au moins la moitié de sa résistance caractéristique à la compression, avant enlèvement des étais et cales provisoires éventuels.

Si un traitement de la structure en acier, des appareils d'appui et des surfaces en béton est nécessaire avant scellement, il doit être spécifié.

On doit veiller à ce que la forme extérieure du remplissage permette à l'eau de s'évacuer du voisinage des éléments structuraux.

S'il existe un risque de rétention d'eau ou de liquide corrosif en service, le coulis autour des plaques d'appui ne doit pas être rechargé pour ne pas être au-dessus de la surface la plus basse de la plaque d'appui et la géométrie du coulis de béton doit former un angle avec la plaque d'appui conformément à la Figure 6.

Si le remplissage n'est pas nécessaire et si les bords de la plaque d'appui doivent être jointoyés par un cordon d'étanchéité, la méthode doit être spécifiée.

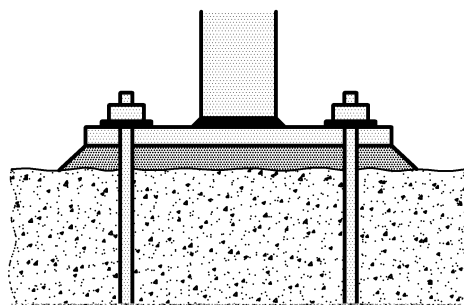


Figure 6 — Remplissage sous plaque d'appui

Le béton et le remplissage doivent être réalisés conformément à 5.8 et au EN 13670 .

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

9.5.6 Ancrage

Les dispositifs d'ancrage dans les parties en béton de la structure ou dans des structures adjacentes doivent être mis en place conformément à leur spécification. Des mesures appropriées doivent être prises pour éviter toute dégradation du béton afin d'obtenir la force d'ancrage nécessaire.

NOTE Ceci s'applique notamment aux chevilles à expansion pour lesquelles une distance minimale par rapport au parement est nécessaire pour éviter un éclatement du béton.

9.6 Montage et travaux sur site

9.6.1 Plans de montage

Des plans de montage ou instructions équivalentes doivent être fourni(e)s et être partie intégrante du descriptif de la méthode de montage.

Des plans doivent être préparés avec des vues en plan et en élévation réalisées à une échelle permettant l'inscription lisible des repères de montage pour tous les éléments.

Les plans doivent faire apparaître les emplacements des trames, les positions des appareils d'appui et l'assemblage des éléments ainsi que les exigences de tolérances.

Les plans d'implantation doivent faire apparaître l'implantation et l'orientation de la structure en acier, tous les autres éléments en contact direct avec les fondations, leur implantation et niveau, le niveau prévu des appareils d'appui ainsi que le niveau de référence. Les fondations doivent inclure les appuis de pieds de poteaux et autres appuis de la structure.

Les élévations doivent montrer les niveaux requis pour les planchers et/ou la structure.

Les plans doivent faire apparaître les détails nécessaires à la liaison des pièces en acier ou tiges d'ancrage aux fondations, la méthode de réglage par calage et bourrage et les exigences relatives au scellement ainsi qu'à la liaison de la structure en acier et des appareils d'appui sur leurs appuis.

Les plans doivent montrer les détails et la disposition de tout élément métallique ou autres constructions provisoires nécessaires au montage, afin de garantir la stabilité de l'ouvrage et la sécurité du personnel.

Les plans doivent mentionner le poids de tous les éléments ou ensembles de plus de cinq tonnes ainsi que le centre de gravité de toutes les pièces irrégulières de grandes dimensions.

Des plans sont requis pour la mise en œuvre des éléments minces. Ils doivent préciser, au minimum et selon les cas :

- a) le type, l'épaisseur, le matériau, la longueur et la désignation des tôles ;
- b) le type de fixation et l'ordre (séquence) de fixation, y compris les informations de mise en œuvre spécifiques au type d'éléments de fixation (par exemple, diamètre de perçage et couple minimal) ;
- c) le système structural relatif aux tôles ;
- d) les joints longitudinaux et transversaux, associés à la spécification du type de fixations et de rondelles ainsi que l'ordre de pose ;
- e) les exigences relatives à la fabrication sur site ;
- f) les positions de tous les assemblages sur chantier n'utilisant pas de trous pré-perçés ;
- g) le type et les détails se rapportant aux sous-ensembles des tôles, tels que matériau, distances entre axes, création d'appuis, pente et détails des égouts et rives ;
- h) les joints de dilatation ;
- i) les ouvertures et encadrements associés (par exemple, dôme d'éclairage, installations de ventilation de chauffage et d'extraction de fumées et d'évacuation des toitures) ;
- j) les supports et fixations (par exemple, pour les gaines, chemins de câbles et faux-plafonds) ;
- k) les limitations de déplacement des personnels pendant l'installation et les exigences relatives aux dispositifs de répartition des charges.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

9.6.2 Marquage

Les éléments assemblés ou montés individuellement sur le chantier doivent recevoir un repère de montage.

Un élément doit comporter le repère d'orientation de son montage si cette orientation ne peut être clairement déduite de sa forme.

NOTE Il convient de positionner des repères, si possible, dans des endroits où ils seront visibles lors du stockage et après montage.

Les méthodes de marquage doivent respecter les prescriptions du 6.2.

9.6.3 Manutention et stockage sur chantier

La manutention et le stockage sur chantier doivent respecter les prescriptions du 6.3 ainsi que celles indiquées ci-après.

Les éléments doivent être manipulés et empilés afin de minimiser les risques de dégradation. Une attention particulière doit être portée aux méthodes d'élingage afin d'éviter d'endommager la structure en acier et le traitement protecteur.

Tout élément métallique endommagé au cours du déchargement, du transport, du stockage ou du montage doit être remis en conformité.

Le mode opératoire de la restauration doit être défini avant d'entreprendre la réparation. Pour les classes d'exécution EXC2, EXC 3 et EXC 4, le mode opératoire doit également être consigné.

Les éléments de fixation stockés sur chantier doivent être conservés au sec avant leur utilisation et doivent être convenablement emballés et identifiables. Les éléments de fixation doivent être manipulés et utilisés conformément aux recommandations du fabricant.

Toutes les petites plaques et autres accessoires doivent être convenablement emballés et identifiés.

9.6.4 Montage à blanc

Tout montage à blanc sur chantier doit être réalisé conformément aux prescriptions du 6.10.

Il convient d'envisager un montage à blanc dans les cas suivants :

- a) pour confirmer l'ajustage entre éléments ;
- b) pour valider une méthodologie lorsque la séquence de montage destinée à garantir la stabilité en cours d'opération nécessite une évaluation préalable ;
- c) pour vérifier la durée des opérations lorsque les conditions de chantier imposent une limitation du temps d'intervention.

9.6.5 Méthodes de montage

9.6.5.1 Généralités

Le montage de la construction doit être effectué conformément au descriptif de la méthode de montage et de telle sorte que sa stabilité soit assurée à tout moment.

Les tiges d'ancrages ne doivent pas être utilisées pour empêcher le renversement des poteaux non haubanés, sauf si elles ont été vérifiées pour ce type d'utilisation.

Pendant toute la durée du montage de la structure, l'ouvrage doit être en sécurité vis-à-vis des charges de chantier temporaires, y compris celles exercées par le matériel de montage ou son fonctionnement, ainsi que contre les effets du vent sur la structure non terminée.

Pour les bâtiments, il convient de mettre en place au moins un tiers des boulons permanents de chaque assemblage avant de pouvoir considérer que ledit assemblage contribue à la stabilité de la structure partiellement terminée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

9.6.5.2 Travaux provisoires

Tous les contreventements et maintiens provisoires doivent être laissés en place jusqu'à ce que l'état d'avancement du montage permette de les retirer en toute sécurité.

S'il est exigé que les contreventements des bâtiments de grande hauteur soient détensionnés au fur et à mesure du montage afin de les soulager des efforts induits par les charges verticales, cette opération doit être effectuée progressivement, étage par étage. Pendant ce détensionnement, un contreventement résiduel suffisant doit rester en place pour assurer la stabilité. Si nécessaire, un contreventement supplémentaire doit être ajouté provisoirement à cet effet.

Tous les assemblages des éléments provisoires servant au montage doivent être réalisés conformément aux exigences de la présente Norme européenne et de manière à ne pas affaiblir la structure permanente ni compromettre son aptitude au service.

Si des supports envers et des clames sont utilisées pour supporter la structure pendant le soudage, il faut s'assurer qu'ils présentent une résistance suffisante et que leurs soudures d'attache sont adaptées aux conditions de charge de montage.

Lorsque la procédure de montage prévoit le ripage ou autre déplacement de la totalité ou d'une partie de la structure jusqu'à sa position définitive après assemblage, des mesures appropriées doivent être prises pour contrôler le freinage de la masse en mouvement. Une disposition pour inverser le sens du mouvement peut être envisagée.

Tous les dispositifs d'ancrage provisoires doivent être protégés contre une libération involontaire.

Seuls les vérins qui peuvent être verrouillés en charge en toutes positions doivent être utilisés, à moins de prendre d'autres mesures de sécurité.

9.6.5.3 Ajustement et alignement

Il faut porter attention au fait qu'aucune partie de la structure ne soit déformée de façon permanente ou surchargée par l'empilage d'éléments de structure ou par des charges temporaires au cours des opérations de montage.

Chaque partie de la structure doit être réglée dès que possible après montage, et l'assemblage final réalisé dès que possible.

Aucun assemblage permanent entre éléments ne doit être réalisé avant qu'une partie suffisante de la structure n'ait été alignée, mise de niveau, mise d'aplomb et assemblée provisoirement pour garantir les éléments contre tout déplacement au cours du montage ou de l'alignement ultérieur du reste de la structure.

L'alignement de la structure et les défauts d'accostage au sein des assemblages peuvent être réglés au moyen de cales. Celles-ci doivent être fixées lorsqu'elles risquent de se détacher. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la fixation des cales par soudage est soumise aux prescriptions de l'article 7.

Sauf spécification contraire, les cales doivent être en acier plat. Les cales doivent présenter une durabilité identique à celle de la structure. Pour les structures en acier inoxydable, elles doivent être en acier inoxydable et avoir une épaisseur d'au moins 2 mm en usage extérieur.

Lorsque des cales sont utilisées pour aligner des structures réalisées dans un matériau revêtu, elles doivent être protégées de la même manière afin de présenter la durabilité requise, à moins que les cales ne doivent satisfaire à une classification de frottement spécifiée.

Les jeux résiduels dans les assemblages avec boulons non précontraints ou boulons précontraints avant application de la précontrainte, doivent respecter les prescriptions du 8.3 et du 8.5.1, respectivement.

Lorsqu'un défaut d'accostage entre éléments montés ne peut être corrigé au moyen de cales, les éléments de la structure doivent être modifiés localement conformément aux méthodes spécifiées dans la présente Norme européenne. Les modifications ne doivent pas compromettre les performances de la structure dans l'état provisoire ou permanent. Ces travaux peuvent être réalisés sur chantier. Dans le cas de structures réalisées à partir d'éléments en treillis soudé et de structures tridimensionnelles, on doit veiller à s'assurer qu'elles ne sont pas soumises à des efforts excessifs lors des tentatives d'accostage forcé contrariant leur rigidité intrinsèque.

Sauf interdiction contraire, le brochage peut être utilisé pour aligner les assemblages. Les trous destinés aux boulons utilisés pour la transmission des efforts ne doivent pas être ovalisés au delà des valeurs données au 6.9.

En cas d'alignement défectueux de trous destinés à des boulons, la conformité de la méthode de correction aux prescriptions de l'article 12 doit être vérifiée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

La conformité des trous réalignés aux exigences concernant les trous oblongs ou surdimensionnés mentionnées au **A1** 6.6 **A1** peut être admise à condition qu'une vérification de la transmission des efforts ait été réalisée.

La correction d'un alignement défectueux par alésage ou fraisage est préférable, mais lorsque l'utilisation d'autres méthodes de coupe est inévitable, la conformité aux prescriptions de l'article 6 pour la finition interne de tous les trous réalisés par ces autres méthodes doit être spécifiquement vérifiée.

Les assemblages terminés réalisés sur chantier doivent être contrôlés conformément au 12.5.

10 Traitement des surfaces

10.1 Généralités

Cet article spécifie les exigences pour rendre les surfaces en acier présentant des imperfections, y compris les surfaces soudées et usinées, aptes à l'application de peintures et produits assimilés. Les exigences pour tenir compte d'un système de revêtement particulier à appliquer doivent être spécifiées.

Le présent article ne couvre pas les exigences détaillées relatives aux systèmes de protection contre la corrosion qui sont spécifiées dans les références suivantes devant être appliquées, selon les cas :

- a) surfaces devant être peintes : normes de la série EN ISO 12944 et Annexe K ;
- b) surfaces devant être revêtues d'un métal par projection thermique : EN 14616, EN 15311, **A1** *texte supprimé* **A1** et Annexe F ;
- c) surfaces devant être revêtues d'un métal par galvanisation : EN ISO 1461, **A1** EN ISO 14713-1, EN ISO 14713-2 **A1** et Annexe F.

Pour des raisons de résistance mécanique et de stabilité, aucune protection contre la corrosion n'est nécessaire si la structure doit être utilisée pendant une durée de vie courte ou dans un environnement présentant une corrosivité négligeable (par exemple, catégorie C1 ou peinture à des fins esthétiques uniquement) ou si la structure a été dimensionnée de façon à tenir compte de la corrosion.

NOTE 1 Un an peut être considéré comme une durée de vie courte.

Lorsque l'application de peinture est spécifiée pour des raisons esthétiques, le Tableau 22 conjointement avec l'Annexe F sont applicables.

Si une protection contre la corrosion avec une protection contre l'incendie sont spécifiées, leur compatibilité doit être prouvée

NOTE 2 La protection contre l'incendie n'est généralement pas considérée comme une partie de la protection contre la corrosion.

10.2 Préparation **A1** des subjectiles d'acier pour peintures et produits assimilés **A1**

Ces exigences ne s'appliquent pas aux aciers inoxydables. Lorsque des exigences sont applicables à la propreté des surfaces en acier inoxydable, elles doivent être spécifiées.

Toutes les surfaces auxquelles doivent être appliqués des peintures et produits doivent être préparées de manière à satisfaire aux critères de l'ISO 8501. Le degré de préparation selon l'ISO 8501-3 doit être spécifié.

Si la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont spécifiées, le degré de préparation doit être conforme au Tableau 22. **A1** Sauf spécification contraire, P1 doit s'appliquer pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4. **A1**



Tableau 22 — Degré de préparation

Durée de vie prévue de la protection contre la corrosion ^{a)}	Catégorie de corrosivité ^{b)}	Degré de préparation
> 15 ans	C1	P1
	C2 à C3	P2
	Au-dessus de C3	P2 ou P3 tel que spécifié
5 ans à 15 ans	C1 à C3	P1
	Au-dessus de C3	P2
< 5 ans	C1 à C4	P1
	C5 — Im	P2
a), b) La durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont référencées dans l'EN ISO 12944 et l'EN ISO 14713 selon le cas.		



Les surfaces et chants coupés thermiquement ainsi que les soudures doivent être suffisamment lisses et en mesure d'obtenir la rugosité spécifiée après des préparations de surface ultérieures (voir Annexe F).

NOTE Les surfaces coupées thermiquement peuvent présenter un durcissement local ne permettant pas au matériau abrasif d'obtenir la rugosité de surface requise. L'essai de qualification de mode opératoire spécifié au 6.4.4 peut être utilisé pour établir la dureté de surface et déterminer si un meulage est nécessaire.

10.3 Aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique

Si nécessaire, les modes opératoires permettant de garantir un aspect visuel acceptable de la surface des aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique non revêtus après vieillissement doivent être spécifiés avec les modes opératoires permettant de prévenir toute contamination (par exemple, par l'huile, la graisse, la peinture, le béton ou l'asphalte).

NOTE À titre d'exemple, les zones exposées peuvent nécessiter un décapage par projection pour garantir un vieillissement uniforme.

Le traitement nécessaire pour les surfaces des autres types d'aciers lorsque ceux-ci sont en contact avec des aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique non revêtus doit être spécifié.

10.4 Compatibilité galvanique

Tout contact intempestif entre des produits métalliques différents, par exemple entre aciers inoxydables et aluminium ou acier de construction, doit être évité. Lorsqu'un acier inoxydable doit être soudé sur un acier de construction, la protection contre la corrosion de la structure en acier doit s'étendre sur au moins 20 mm à partir de la soudure sur l'acier inoxydable, Voir aussi 6.3, 6.9 et 7.7.3.

10.5 Galvanisation

Lorsqu'un décapage chimique à l'acide doit être effectué avant la galvanisation, tous les interstices des soudures doivent être rendus étanches avant ce décapage de manière à empêcher la pénétration d'acide, à moins que cela ne soit en contradiction avec les considérations exposées au 10.6 ci-après.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Si l'élément fabriqué comporte des espaces clos, des trous d'évent et d'écoulement doivent être prévus. L'espace clos doit généralement être galvanisé intérieurement et, si ce n'est pas le cas, il doit être spécifié si ces espaces clos doivent être obturés après galvanisation et, dans l'affirmative, par quel moyen.

10.6 Étanchéité des espaces clos

Si les espaces clos doivent être obturés par soudage ou s'ils doivent recevoir un traitement de protection interne, le système de traitement interne doit être spécifié.

Lorsque des espaces doivent être entièrement fermés par soudage, il doit être spécifié si les imperfections de soudures autorisées par les [A1] le descriptif du mode opératoire de soudage [A1] nécessitent un colmatage par application d'un produit approprié afin de prévenir la pénétration d'humidité. Si des soudures sont uniquement destinées à assurer l'étanchéité, ces soudures doivent être contrôlées visuellement. Si requis, un contrôle plus approfondi doit être spécifié.

NOTE L'attention est attirée sur le fait que les fissures dans les soudures, qui ne sont pas détectables par un contrôle visuel, peuvent permettre à l'eau de s'introduire dans l'espace obturé.

Lorsque des profils fermés doivent être galvanisés, ils ne doivent pas être obturés avant la galvanisation. Dans le cas des surfaces de recouvrement avec des soudures continues, une aération adéquate doit être prévue, à moins que la zone de recouvrement ne soit si petite que le risque d'explosion des gaz piégés au cours de la galvanisation ne soit estimé non significatif.

Lorsque des fixations mécaniques traversent la paroi d'espaces clos étanches, la méthode à utiliser pour assurer l'étanchéité de l'interface doit être spécifiée.

10.7 Surfaces en contact avec du béton

Les surfaces destinées à être en contact avec du béton, y compris les sous-faces des plaques d'appui, doivent être revêtues d'un traitement protecteur appliqué à la structure d'acier, à l'exclusion de toute couche esthétique de finition, sur au moins les premiers 50 mm de la partie noyée, sauf spécification contraire, et les surfaces restantes ne doivent pas être revêtues sauf spécification contraire. Lorsqu'elles sont dépourvues de tout revêtement, ces surfaces doivent être sablées ou brossées à la brosse métallique pour éliminer la calamine non adhérente, et nettoyées pour éliminer la poussière, l'huile et la graisse. Immédiatement avant le bétonnage, la rouille non adhérente, la poussière et les autres débris non adhérents doivent être éliminés par nettoyage.

10.8 Surfaces inaccessibles

Il convient de traiter, avant assemblage, les zones et surfaces difficilement accessibles après assemblage.

Dans les assemblages résistant au glissement, les surfaces de contact doivent satisfaire aux exigences nécessaires pour développer le frottement correspondant au traitement de surface spécifié (voir 8.4). Les autres assemblages ne doivent pas être réalisés avec un excès de peinture sur les surfaces de contact. Au maximum, les surfaces de contact et les surfaces sous les rondelles doivent être traitées avec une couche primaire et une sous-couche, sauf spécification contraire (voir F.4).

Sauf spécification contraire, les assemblages boulonnés, y compris la périphérie de ces assemblages, doivent être traités avec le système de protection complet contre la corrosion spécifié pour le reste de la structure en acier.

10.9 Réparations après coupage ou soudage

Il doit être spécifié si une réparation, ou un traitement de protection supplémentaire, est requise après coupage pour les chants coupés et surfaces adjacentes.

Lorsque des éléments prérevêtus doivent être soudés, les méthodes et l'étendue de la réparation devant être appliquée au revêtement, doivent être spécifiées.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Lorsque des surfaces galvanisées ont été éliminées ou endommagées par le soudage, elles doivent être nettoyées, préparées et traitées à l'aide d'un primaire riche en zinc et d'un système de peinture offrant un niveau de protection contre la corrosion similaire à celui de la galvanisation pour la même catégorie de corrosivité (voir EN ISO 1461 pour des indications supplémentaires).

10.10 Nettoyage après montage

10.10.1 Nettoyage des éléments minces

La structure doit être nettoyée quotidiennement afin d'éliminer les tiges des rivets aveugles, les copeaux de forage, etc., pour éviter toute détérioration par corrosion.

10.10.2 Nettoyage des éléments en aciers inoxydables

Les modes opératoires de nettoyage doivent être adaptés à la nuance du matériau, à la finition de surface, à la fonction de l'élément et au risque de corrosion. La méthode, le niveau et l'ampleur du nettoyage doivent être spécifiés.

Les solutions fortement acides parfois utilisées pour nettoyer la maçonnerie et le carrelage des bâtiments ne doivent pas entrer en contact avec l'acier de construction, y compris l'acier inoxydable. Lorsqu'une contamination de ce type se produit, les solutions acides doivent être immédiatement et largement rincées à l'eau claire.

11 Tolérances géométriques

11.1 Types de tolérances

Le présent article définit les types d'écarts géométriques et donne des valeurs quantitatives pour deux types d'écarts autorisés :

- a) ceux applicables à un ensemble de critères qui sont essentiels pour la résistance mécanique et la stabilité de la structure terminée, appelés tolérances essentielles ;
- b) ceux requis pour répondre à d'autres critères, tels que bonne concordance d'assemblage ou aspect, appelés tolérances fonctionnelles.

Les tolérances essentielles et les tolérances fonctionnelles sont normatives.

NOTE Pour les éléments de construction en acier, le  EN 1090-1  se réfère aux tolérances essentielles.

Les écarts admissibles donnés n'incluent pas les déformations élastiques induites par le poids propre des éléments.

En outre, des tolérances particulières peuvent être spécifiées pour des écarts géométriques déjà définis par des valeurs quantifiées ou pour d'autres types d'écarts géométriques. Lorsque des tolérances particulières sont requises, les informations suivantes doivent être fournies selon le cas :

- les valeurs modifiées pour les tolérances fonctionnelles déjà définies ;
- les paramètres définis et les valeurs permises pour les écarts géométriques devant être contrôlés ;
- si des tolérances particulières s'appliquent à la totalité des éléments concernés ou seulement à des éléments particuliers dûment spécifiés.

Dans chaque cas, les exigences concernent les essais d'acceptation finale. Lorsque des éléments fabriqués font partie d'une structure à monter sur chantier, les tolérances spécifiées pour le contrôle final de la structure montée doivent être respectées en plus de celles concernant les éléments fabriqués.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

11.2 Tolérances essentielles

11.2.1 Généralités

Les tolérances essentielles doivent être conformes à D.1. Les valeurs spécifiées sont des écarts autorisés. Lorsque l'écart réel dépasse la valeur autorisée, la valeur mesurée doit être traitée comme une non-conformité conformément à l'article 12.

Dans certains cas, il est possible que l'écart non conforme à une tolérance essentielle puisse être justifié comme conforme au calcul de la structure, si l'écart excessif est explicitement inclus dans un nouveau calcul. Sinon, la non-conformité doit être corrigée.

11.2.2 Tolérances de fabrication

11.2.2.1 Profilés laminés

Les produits structuraux laminés à chaud, finis à chaud ou formés à froid doivent être conformes aux écarts autorisés spécifiés par la norme de produit concernée. Ces écarts autorisés continuent de s'appliquer aux éléments fabriqués à partir de tels produits, excepté lorsqu'ils sont remplacés par d'autres critères plus sévères spécifiés en D.1.

11.2.2.2 Profilés soudés

Les éléments soudés fabriqués à partir de plaques doivent être conformes aux écarts autorisés dans le Tableau D.1.1 et les Tableaux D.1.3 à D.1.6.

11.2.2.3 Profilés formés à froid

Les éléments obtenus par pliage à froid doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans le Tableau D.1.2. Pour les éléments fabriqués à partir de profilés formés à froid, voir 11.2.2.1.

NOTE A titre d'exemples, les tolérances de section transversale des profilés soudés fabriqués à partir de profilés laminés et coupés devraient rester conformes à la norme de produit concernée, sauf pour la hauteur hors-tout et la géométrie de l'âme qui doivent être conformes au Tableau D.1.1 ; et les tolérances de section transversale spécifiées dans l'EN 10162 s'appliquent aux profilés formés à froid alors que le Tableau D.1.2 s'applique aux profils obtenus par pliage.

11.2.2.4 Plaques raidies

Les plaques raidies doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans le Tableau D.1.6.

11.2.2.5 Tôles profilées

Les tôles profilées utilisées comme éléments structuraux doivent être conformes aux écarts autorisés spécifiés dans les EN 508-1 et EN 508-3 et à ceux indiqués au Tableau D.1.7.

11.2.2.6 Coques

Les écarts des structures en coque doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués au Tableau D.1.9, dans lequel le choix de la classe appropriée doit être basé sur l'EN 1993-1-6.

11.2.3 Tolérances de montage

11.2.3.1 Système de référence

Les écarts des éléments montés doivent être mesurés par rapport à leurs points de repère (voir l'ISO 4463). En l'absence d'un point de repère établi, les écarts doivent être mesurés par rapport au système secondaire.

11.2.3.2 Tiges d'ancrage et autres appuis

La position des points centraux d'un groupe de tiges d'ancrage ou autre appui ne doit pas s'écarter de plus de ± 6 mm de la position exigée par rapport au système secondaire.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Il convient de choisir une position moyenne judicieuse pour vérifier un groupe de tiges d'ancrage réglables.

11.2.3.3 Assises des poteaux

Il convient de dimensionner les trous utilisés dans les plaques d'assises et autres plaques utilisées pour la fixation sur les appuis de manière à ménager des jeux permettant aux écarts autorisés pour les appuis de correspondre à ceux autorisés pour la structure. Ceci peut nécessiter l'utilisation de rondelles de grandes dimensions entre les écrous des tiges d'ancrage et le dessus de la plaque d'assise.

11.2.3.4 Poteaux

Les écarts des poteaux montés doivent être conformes aux écarts autorisés indiqués dans les Tableaux [A1] D.1.11 à D.1.12 [A1].

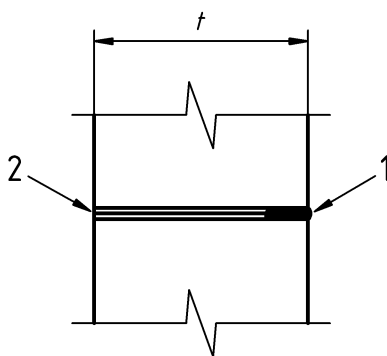
Les écarts autorisés de groupes de poteaux adjacents (autres que ceux de portiques avec ou sans pont roulant) portant des charges verticales similaires, doivent être comme suit :

- la moyenne arithmétique de l'écart dans le plan pour toute inclinaison d'un groupe de six poteaux adjacents liaisonnés entre eux doit respecter les écarts autorisés indiqués dans les Tableaux [A1] D.1.11 à D.1.12 [A1] ;
- les écarts autorisés pour l'inclinaison d'un poteau pris séparément au sein de ce groupe, entre niveaux de plancher adjacents peuvent alors être élargis à $\Delta = \pm h/100$.

11.2.3.5 Appui par contact direct

Lorsqu'un appui par contact direct est spécifié, l'ajustage des surfaces des éléments montés doit être conforme après alignement au Tableau [A1] D.1.13 [A1].

Pour les assemblages boulonnés, si le jeu est supérieur aux limites spécifiées, des fourrures peuvent être utilisées pour le ramener dans les limites d'écart autorisé, sauf indication contraire dans le cahier des charges d'exécution. [A1] Les fourrures peuvent être constituées de plats en acier doux d'une épaisseur maximale de 3 mm. [A1] En aucun point on ne doit utiliser plus de trois fourrures. Si nécessaire, les fourrures peuvent être maintenues en place par soudure d'angle ou soudure bout à bout à pénétration partielle s'étendant sur la longueur des cales, comme indiqué dans la Figure 7.



Légende

- 1 Soudure d'angle ou soudure bout à bout à pénétration partielle
- 2 Fourrures

Figure 7 — Option pour la fixation des fourrures utilisées pour les assemblages boulonnés dans un appui par contact direct

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

11.3 Tolérances fonctionnelles

11.3.1 Généralités

Les tolérances fonctionnelles en termes de déviations géométriques acceptables doivent être conformes à l'une des deux options suivantes :

- a) les valeurs tabulées décrites en 11.3.2, ou
- b) les critères alternatifs définis en 11.3.3.

Si aucune option n'est spécifiée, les valeurs tabulées s'appliquent.

11.3.2 Valeurs tabulées

Les valeurs tabulées pour les tolérances fonctionnelles sont données au D.2. En général, des valeurs pour deux classes sont données. Le choix d'une classe de tolérance peut être appliqué à des éléments particuliers ou à des parties spécifiques d'une structure montée.

NOTE Un exemple d'application de D.2 peut consister à recourir à une classe de tolérance 2 pour une partie d'une structure sur laquelle une façade vitrée doit être montée, afin de resserrer les jeux pour le réglage au niveau de l'interface.

Lorsque D.2 est utilisé et que le choix de la classe n'est pas spécifié, la classe de tolérance 1 s'applique.

Lorsque le Tableau **D.2.20** est utilisé, il convient que la longueur saillante d'une tige d'ancrage verticale (dans sa position réglée au mieux s'il s'agit d'une tige réglable) respecte une tolérance de verticalité de 1 mm sur 20 mm. Une exigence identique s'applique à des tiges placées horizontalement ou selon toute autre inclinaison.

11.3.3 Critères alternatifs

Si spécifié les critères alternatifs suivants peuvent être appliqués :

- a) pour les structures soudées, les classes suivantes selon l'EN ISO 13920 s'appliquent :
 - 1) classe C pour la longueur et les dimensions angulaires ;
 - 2) classe G pour la rectitude, la planéité et le parallélisme.
- b) pour les éléments non soudés, les mêmes critères que pour (a) ;
- c) dans les autres cas, pour une dimension d , un écart $\pm \Delta$ égal à la valeur la plus grande de $d/500$ ou 5 mm est autorisé.

12 Contrôles, essais et réparations

12.1 Généralités

Le présent article spécifie les exigences relatives aux contrôles et essais en rapport avec les exigences de qualité incluses dans le dossier qualité (voir 4.2.1) ou le plan qualité (voir 4.2.2) selon le cas.

Les contrôles, les essais et les réparations doivent être réalisés sur les ouvrages par rapport aux exigences requises et dans le cadre des exigences de qualité exposées dans la présente Norme européenne.

Tous les contrôles et essais doivent être entrepris par rapport à un plan prédéterminé avec des modes opératoires documentés. Les contrôles et essais spécifiques ainsi que les réparations associées doivent être consignés.

12.2 Produits constitutifs et éléments

12.2.1 Produits constitutifs

Les documents fournis avec les produits constitutifs conformément aux prescriptions de l'article 5 doivent être vérifiés pour s'assurer que les informations relatives aux produits fournis correspondent bien aux produits commandés.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

NOTE 1 Ces documents comprennent des certificats de contrôle, des rapports d'essai, déclaration de conformité des plaques, profilés, profils creux, produits consommables pour le soudage, fixations mécaniques, goujons, etc., selon les cas.

NOTE 2 La vérification de ces documents est destinée généralement à éviter d'avoir à effectuer des essais sur les produits.

Le contrôle de la surface d'un produit en vue de détecter des défauts révélés pendant la préparation de surface doit être inclus dans le programme de contrôle et d'essais.

Lorsque des défauts superficiels des produits en acier révélés pendant la préparation de surface sont réparés en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne, le produit réparé peut être utilisé, à condition qu'il soit conforme aux caractéristiques nominales spécifiées pour le produit d'origine.

Sauf spécification contraire, aucune exigence n'est formulée pour des essais spécifiques des produits.

12.2.2 Éléments

Les documents fournis avec les éléments doivent être vérifiés pour s'assurer que les informations relatives aux éléments fournis correspondent bien aux éléments commandés.

NOTE Ceci s'applique à tous les éléments livrés et partiellement fabriqués réceptionnés dans les ateliers d'un constructeur en vue d'une opération supplémentaire (par exemple, profilés en I reconstitués pour incorporation dans des poutres à âme pleine), ainsi qu'aux produits réceptionnés sur chantier en vue d'un montage devant être effectué par le constructeur si ces produits ne sont pas fabriqués par ce dernier.

12.2.3 Produits non conformes

Lorsque le dossier soumis ne comporte pas de déclaration du fournisseur stipulant que les produits sont bien conformes aux spécifications, ces produits doivent être considérés comme étant des produits non conformes jusqu'à ce qu'il puisse être démontré qu'ils respectent les exigences du programme de contrôles et d'essais.

Lorsque des produits ont tout d'abord été déclarés non conformes et que leur conformité est démontrée ultérieurement par essais ou contre-essais, les essais doivent être consignés.

12.3 Fabrication : dimensions géométriques des éléments fabriqués

Le programme de contrôles doit tenir compte des exigences et des vérifications requises sur les produits constitutifs en acier préparés ainsi que sur les éléments fabriqués.

Le contrôle dimensionnel des éléments doit toujours être effectué. Les méthodes et les instruments utilisés doivent être choisis, selon le cas, parmi ceux énumérés dans les ISO 7976-1 et ISO 7976-2. La précision doit être évaluée selon la partie appropriée de l'ISO 17123.

L'emplacement et la fréquence des mesures doivent être précisés dans le programme de contrôles.

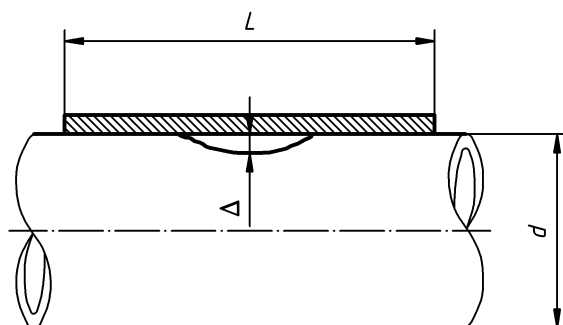
Les critères d'acceptation doivent être conformes au 11.2. Les écarts doivent être mesurés en tenant compte de toute contreflèche ou préréglage spécifiés.

Lorsque le contrôle d'acceptation aboutit à l'identification d'une non-conformité, le traitement de cette non-conformité doit être le suivant :

- dans la mesure du possible, la non-conformité doit être corrigée en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne, puis soumise à un nouveau contrôle ;
- lorsque la correction n'est pas réalisable, des modifications peuvent être apportées à la structure en acier afin de compenser la non-conformité, à condition que ces modifications soient conformes à un mode opératoire traitant les non-conformités.

Les détériorations résultant d'enfoncements localisés de la surface des profils creux doivent être évaluées. La méthode représentée dans la Figure 8 peut être utilisée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



La dimension transversale caractéristique du profilé est d
Tronçon droit de longueur $L \geq 2d$ Jeu $\Delta \leq \max$ de $d/100$ ou 2 mm

**Figure 8 — Méthode d'évaluation du profil de surface
et écart autorisé d'un composant déformé**

Lorsque le jeu est supérieur à l'écart admissible, des réparations peuvent être réalisées par soudure complète de couvre-joints locaux de même épaisseur que le produit d'origine sauf spécification contraire.

NOTE De telles réparations ne sont pas inhabituelles, parce que de nombreux profils creux ont des parois relativement minces.

Il convient d'employer cette solution plutôt qu'un redressage à chaud conformément au 6.5.

Lorsqu'un montage à blanc conformément au 6.10 est effectué, les exigences de contrôle doivent figurer dans le programme de contrôles.

12.4 Soudage

12.4.1 Contrôles avant et pendant le soudage

Les contrôles effectués avant et pendant le soudage doivent figurer dans le programme de contrôles conformément aux exigences données dans la partie concernée de l'EN ISO 3834.

Les méthodes de contrôles non destructifs (CND) doivent être choisies conformément à l'EN 12062 ^[A1] *texte supprimé* ^[A1]. En général, le contrôle par ultrasons ou par radiographie s'applique aux soudures bout à bout et le contrôle par ressuage ou par magnétoscopie s'applique aux soudures d'angle.

Les CND, à l'exception du contrôle visuel, doivent être réalisés par un personnel qualifié de Niveau 2 tel que défini dans l'EN 473.

Lorsque le programme de contrôles exige une vérification de l'ajustage avant le soudage de profils creux préparés en vue du soudage des nœuds, les emplacements suivants doivent faire l'objet d'une attention particulière :

- pour les profilés circulaires : mi-pointe, mi-talon et deux positions à mi-flanc ;
- pour les profilés carrés ou rectangulaires : les quatre coins.

12.4.2 Contrôle après soudage

12.4.2.1 Délais

En général, les CND supplémentaires d'une soudure ne doivent pas être effectués tant qu'un délai minimal après soudage indiqué au Tableau 23 ne s'est pas écoulé.

Tableau 23 — Délais minimaux

Dimension de la soudure (mm) ^{a)}	Energie de soudage Q (kJ/mm) ^{b)}	Délai (heures) ^{c)}	
		S235 à A_1 S460 A_1	A_1 supérieur à S460 A_1
a ou $s \leq 6$	Toutes	Temps de refroidissement seulement	24
$6 < a$ ou $s \leq 12$	≤ 3	8	24
	> 3	16	40
a ou $s > 12$	≤ 3	16	40
	$A_1 > 3$	24	48 A_1

a) La dimension s'applique à l'épaisseur de gorge nominale a d'une soudure d'angle ou à l'épaisseur nominale du matériau s d'une soudure à pleine pénétration. Pour les soudures en bout à pénétration partielle prises séparément, le critère déterminant est la hauteur nominale de soudure a , mais pour les paires de soudures en bout à pénétration partielle soudées simultanément, il s'agit de la somme des gorges de soudure a .

b) Énergie de soudage Q devant être calculée conformément à l'article 19 de l'EN 1011-1:1998.

c) Le délai entre l'achèvement de la soudure et le début du CND doit être mentionné dans le rapport de CND. Dans le cas de «temps de refroidissement seulement», le CND ne commence que lorsque la soudure est suffisamment refroidie.

Pour les soudures nécessitant un préchauffage, ces périodes peuvent être raccourcies si l'ensemble soudé est soumis à un post-chauffage pendant une certaine durée après achèvement du soudage conformément à l'Annexe C de l'EN 1011-2:2001.

Lorsqu'une soudure devient inaccessible en raison de travaux ultérieurs, elle doit être contrôlée préalablement à l'exécution de ces travaux.

Toute soudure située dans une zone où une déformation inacceptable a été réparée doit faire l'objet d'un nouveau contrôle.

12.4.2.2 Étendue du contrôle

Toutes les soudures doivent être contrôlées visuellement sur la totalité de leur longueur. Lorsque des défauts superficiels sont détectés, un contrôle par ressuage ou magnétoscopie doit être effectué sur la soudure contrôlée.

Sauf spécification contraire, aucun CND supplémentaire n'est exigé pour les soudures EXC1. Pour les soudures EXC2, EXC3 ou EXC4, l'étendue des CND supplémentaires est celle spécifiée ci-après.

L'étendue des CND couvre aussi bien le contrôle des défauts superficiels que celui des défauts internes, selon le cas.

Pour les cinq premiers assemblages réalisés conformément à un même nouveau DMOS, les exigences suivantes doivent être satisfaites :

- a) le niveau de qualité B est requis pour la démonstration du DMOS dans les conditions de production ;
- b) le pourcentage à vérifier doit être le double des valeurs consignées dans le Tableau 24 A_1 (min. 5 %, max. 100 %) A_1 ;
- c) la longueur minimale à contrôler est de 900 mm.

Si le contrôle donne des résultats non conformes, une investigation doit être réalisée afin d'en trouver la raison et un nouveau jeu de cinq assemblages doit être contrôlé. Il convient de suivre les lignes directrices données dans l'Annexe C de l'EN 12062:1997.

NOTE 1 Le but du contrôle décrit ci-dessus est d'établir qu'un DMOS permet de produire une qualité conforme lorsqu'il est mis en œuvre en production. Pour la mise au point et l'utilisation d'un DMOS, voir l'organigramme dans l'Annexe L.

Une fois qu'il a été établi que le soudage en production conforme à un DMOS satisfait aux exigences de qualité, l'étendue requise des CND doit être conforme au Tableau 24, les assemblages supplémentaires soudés conformément au même DMOS étant traités comme un seul lot de contrôle continu. Les pourcentages s'appliquent à l'étendue des CND supplémentaires traitée comme la quantité cumulée au sein de chaque lot de contrôle.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les assemblages à contrôler selon le Tableau 24 doivent être sélectionnés en se basant sur l'Annexe C de l'EN 12062:1997, avec une longueur totale minimale pour un lot de contrôle x de 900 mm, en s'assurant que l'échantillonnage couvre aussi largement que possible les variables suivantes : type d'assemblage, nuance et qualité des produits constitutifs, matériel de soudage et soudeurs. Le cahier des charges d'exécution peut identifier des assemblages spécifiques à contrôler ainsi que l'étendue et la méthode des essais.

Si le contrôle révèle, dans une zone, des défauts de soudures supérieurs aux exigences spécifiées dans les critères d'acceptation, les contrôles doivent être effectués sur deux longueurs, en amont et en aval de la zone présentant le défaut. Si le contrôle sur l'un ou l'autre côté donne des résultats non conformes, une investigation doit être réalisée pour en trouver la raison.

NOTE 2 Le but du contrôle indiqué au Tableau 24 est d'établir que la production en cours donne des soudures conformes.

Tableau 24 — Étendue des CND supplémentaires

Type de soudure	Soudures d'atelier et de chantier		
	EXC2	EXC3	EXC4
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle dans les assemblages bout à bout soumis à une contrainte de traction :			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle :			
dans les assemblages en croix	10 %	20 %	100 %
dans les assemblages en T	5 %	10 %	50 %
Soudures d'angle transversales en traction ou en cisaillement :			
avec $a > 12$ mm ou $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
avec $a \leq 12$ mm et $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
A1 Soudures longitudinales à pleine pénétration entre l'âme et la semelle supérieure des poutres de ponts roulants	10 %	20 %	100 %
Autres soudures longitudinales et soudures de raidisseurs	0 %	5 %	10 % A1
NOTE 1 Les soudures longitudinales sont celles réalisées parallèlement à l'axe de l'élément. Toutes les autres sont considérées comme des soudures transversales.			
NOTE 2 U = degré d'utilisation des soudures pour des actions quasi statiques. $U = E_d/R_d$, où E_d est l'effet d'action le plus grand de la soudure et R_d est la résistance de la soudure dans l'état limite ultime.			
NOTE 3 Les termes a et t se rapportent respectivement à l'épaisseur de gorge et au matériau le plus épais en cours d'assemblage.			

12.4.2.3 Contrôle visuel des soudures

Le contrôle visuel doit être effectué après achèvement du soudage dans une zone donnée, et avant tout autre CND.

Le contrôle visuel doit comprendre :

- la vérification de l'existence et de l'emplacement de toutes les soudures ;
- le contrôle des soudures conformément à l'EN 970 ;
- la détection des amorçages intempestifs et des projections de soudure.

Le contrôle des surfaces et de la forme des soudures de nœuds soudés en profils creux doit porter particulièrement sur les endroits suivants :

- pour les profilés circulaires : mi-pointe, mi-talon et deux positions à mi-flanc ;
- pour les profilés carrés ou rectangulaires : les quatre angles.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

12.4.2.4 Méthodes supplémentaires de CND

Les méthodes suivantes de CND doivent être employées conformément aux principes généraux indiqués dans l'EN 12062 et aux exigences de la norme applicable à chaque méthode:

- a) contrôle par ressuage (PT) selon l'EN 571-1 ;
- b) contrôle par magnétoscopie (MT) selon l'EN 1290 ;
- c) contrôle par ultrasons ((UT) selon les EN 1714, EN 1713 ;
- d) contrôle par radiographie (RT) selon l'EN 1435 ;

Le champ d'application des méthodes de CND est spécifié dans leurs normes respectives.

12.4.2.5 Réparation des soudures

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, les réparations par soudage doivent être effectuées conformément à des modes opératoires de soudage qualifiés.

Les réparations de soudures doivent être contrôlées et doivent satisfaire aux mêmes exigences que les soudures initiales.

12.4.3 Contrôle et essais des goudons connecteurs soudés pour les structures mixtes acier-béton

Le contrôle et les essais des goudons connecteurs soudés pour les structures mixtes acier-béton doivent être effectués conformément aux prescriptions de l'EN ISO 14555.

Ce contrôle comprend une vérification de la longueur des goudons après soudage.

Les goudons non conformes doivent être remplacés. Il est recommandé que les goudons de remplacement soient soudés sur un nouvel emplacement voisin.

Il est recommandé de contrôler à nouveau le bon fonctionnement du matériel de soudage utilisé sur le chantier après l'avoir déplacé ainsi qu'à chaque changement d'équipe ou au début de toute autre période de travail, en effectuant des essais sur les goudons soudés au moyen de cet équipement conformément aux prescriptions de l'EN ISO 14555.

12.4.4 Essais de production relatifs au soudage

Lorsque spécifiés pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, des essais de production doivent être effectués comme suit :

- a) la qualification de chaque mode opératoire de soudage utilisé pour souder des nuances d'acier supérieures à S460 doit être vérifiée en production. Les essais comprennent un contrôle visuel, un contrôle par ressuage ou un contrôle par magnétoscopie; un contrôle par ultrasons ou un contrôle par radiographie (pour les soudures bout à bout), un essai de dureté et un examen macroscopique. Les essais et résultats doivent être conformes à la norme applicable à l'essai de qualification du mode opératoire de soudage.
- b) lorsqu'un procédé de soudage à forte pénétration est utilisé pour des soudures d'angle, la pénétration des soudures doit être vérifiée. Les résultats en termes de pénétration réelle doivent être consignés.
- c) pour les tôles d'acier des tabliers orthotropes de ponts :
 - 1) les assemblages raidisseur-tablier soudés par un procédé de soudage entièrement mécanisé doivent être vérifiés par un essai de production pour chaque longueur de pont de 120 m, avec au moins un essai de production par pont, et doivent être contrôlés par un examen macroscopique. Les examens macroscopiques de sections doivent être préparés au départ ou à l'arrêt et au milieu de la soudure
 - 2) Les assemblages de raidisseurs par couvre-joints doivent être vérifiés par un essai de production.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

12.5 Fixations mécaniques

12.5.1 Contrôle des assemblages boulonnés non précontraints

Tous les assemblages comportant des éléments de fixation mécanique non précontraints doivent être contrôlés visuellement après boulonnage complet et alignement local de la structure.

Si, au cours des vérifications de détails, des assemblages sont identifiés comme ne possédant pas la totalité de leurs boulons, la concordance de ces assemblages doit être contrôlée après mise en place des boulons manquants.

Les critères d'acceptation et les corrections des non-conformités doivent être conformes à 8.3 et 9.6.5.3.

Si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de matériau dépassant les critères indiqués au 8.1, l'assemblage doit être repris. Dans les autres cas, les non-conformités peuvent être corrigées, dans la mesure du possible, en réalisant l'alignement local de l'élément défectueux.

Les assemblages corrigés doivent être à nouveau contrôlés après réfection.

Lorsqu'un système d'isolement est requis au contact entre acier inoxydable et autres métaux, les exigences relatives à la vérification de son installation doivent également être spécifiées.

12.5.2 Contrôle et essais des assemblages boulonnés précontraints

12.5.2.1 Contrôle des surfaces de frottement

Si les assemblages nécessitent des surfaces de frottement, ces surfaces doivent être contrôlées visuellement immédiatement avant assemblage. Les critères d'acceptation doivent être conformes au 8.4. Les non-conformités doivent être corrigées conformément à 8.4.

Lorsque des boulons précontraints sont utilisés pour des assemblages en aciers inoxydables, les exigences relatives au contrôle et aux essais doivent être spécifiées.

12.5.2.2 Contrôle avant serrage

Tous les assemblages comportant des boulons précontraints doivent être contrôlés visuellement après leur boulonnage initial complet et l'alignement local de la structure, et avant l'application de la précontrainte. Les critères d'acceptation doivent être conformes au 8.5.1.

Si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de matériau dépassant les critères indiqués au 8.1, l'assemblage doit être refait. Dans les autres cas, les non-conformités peuvent être corrigées, dans la mesure du possible, en réglant l'alignement local de l'élément défectueux.

Si des rondelles chanfreinées sont mises en place, elles doivent être contrôlées visuellement afin de s'assurer que l'assemblage est conforme au 8.2.4 et à l'Annexe J.

Les assemblages corrigés doivent être contrôlés à nouveau après réfection.

Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, le mode opératoire de serrage doit être vérifié. Lorsque le serrage est effectué par la méthode du couple ou la méthode combinée, les certificats d'étalonnage des clés dynamométriques doivent être contrôlés pour vérifier la précision selon 8.5.1.

12.5.2.3 Contrôle pendant et après serrage

En plus des exigences générales suivantes, relatives aux contrôles, qui s'appliquent à toutes les méthodes excepté à la méthode HRC, des exigences particulières pour différentes méthodes de serrage sont données dans les paragraphes 12.5.2.4 à 12.5.2.7. Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, le contrôle pendant et après serrage doit être réalisé comme suit :

- le contrôle des éléments de fixation mis en place et/ou des méthodes de pose doit être effectué selon la méthode de serrage utilisée. Les emplacements doivent être choisis de manière aléatoire afin de s'assurer que l'échantillonnage couvre les variables suivantes, selon le cas — type d'assemblage ; groupe de boulons, lot, type et dimensions des éléments de fixation ; outillage utilisé et opérateurs.
- en vue du contrôle, un groupe de boulons s'entend comme des boulons de même origine employés dans des assemblages similaires, les boulons étant de mêmes dimensions et de même classe. Un groupe comportant de nombreux boulons peut être subdivisé en plusieurs sous-groupes à des fins de contrôle.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- c) le nombre de boulons contrôlés globalement dans une structure doit être le suivant, :
- EXC2 : 5 % pour la seconde phase de la méthode du couple et de la méthode combinée, et pour la méthode DTI ;
 - EXC3 et EXC4 :
 - i) 5 % pour la première phase et 10 % pour la seconde phase de la méthode combinée.
 - ii) 10 % pour la seconde phase de la méthode du couple et pour la méthode DTI.
- d) sauf spécification contraire, le contrôle doit être réalisé en utilisant un plan d'échantillonnage progressif conforme à l'Annexe M pour un nombre suffisant de boulons jusqu'à ce que les conditions d'acceptation ou de rejet (ou tous les assemblages aient été testés) pour le type séquentiel applicable soient satisfaites pour les critères applicables. Les types séquentiels doivent être les suivants :
- EXC2 et EXC3 : type séquentiel A ;
 - EXC4 : type séquentiel B.
- e) $\overline{A_1}$ le premier serrage $\overline{A_1}$ doit être vérifiée par contrôle visuel des assemblages pour s'assurer qu'ils plaquent complètement.
- f) pour le contrôle du serrage final, le même boulon doit être utilisé pour vérifier un sous-serrage et, si spécifié, un surserrage.
- g) pour le contrôle $\overline{A_1}$ de la première étape $\overline{A_1}$, seul le critère de sous-serrage doit être vérifié.
- h) les critères définissant une non-conformité et les exigences relatives aux actions correctives sont spécifiés ci-dessous pour chaque méthode de serrage.
- i) lorsque le contrôle se traduit par un rejet, tous les boulons du sous-groupe de boulons doivent être vérifiés et des mesures correctives doivent être prises. Si le résultat du contrôle, en cas d'utilisation du type séquentiel A, est négatif, il est possible d'étendre le contrôle au type séquentiel B.
- j) après achèvement, un nouveau contrôle est requis.

Si les éléments de fixation ne sont pas installés conformément à la méthode définie, le retrait et le remplacement de l'ensemble du groupe de boulons doivent être effectués devant témoin.

12.5.2.4 Méthode du couple

Le contrôle d'un boulon doit être effectué, suivant le Tableau 25, par l'application d'un couple à l'écrou (ou à la tête de la vis, si cela est spécifié) en utilisant une clé dynamométrique étalonnée. L'objectif est de vérifier que la valeur du couple nécessaire pour déclencher la rotation est au moins égale à $\overline{A_1}$ 1,05 fois la valeur de couple $\overline{A_1}$ de précontrainte $M_{r,i}$ ($M_{r,2}$ ou $M_{r,test}$). Des précautions doivent être prises pour maintenir la rotation à un strict minimum. Les conditions suivantes s'appliquent :

- a) la clé dynamométrique utilisée pour les contrôles doit être correctement étalonnée et présenter une précision de $\pm 4 \%$;
- b) le contrôle doit être effectué entre 12 h et 72 h après achèvement du serrage du sous-groupe de boulons concerné.

NOTE 1 Si les boulons devant être contrôlés proviennent de différents lots, avec des valeurs de couple de contrôle qui sont différentes, il convient de déterminer les emplacements de chaque lot.

NOTE 2 Si les surfaces de contact sont revêtues d'une protection, en particulier si elles sont peintes, la perte de précontrainte peut être telle qu'il est impossible de répondre aux critères spécifiés. Des modes opératoires de contrôle particuliers, par exemple une surveillance continue du serrage, peuvent s'avérer nécessaires dans ces circonstances.

- c) si le résultat est un rejet, la précision de la clé dynamométrique utilisée pour le serrage doit être vérifiée.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau 25 — Contrôle du serrage par la méthode du couple

Classe d'exécution	Au commencement du serrage	Après le serrage
EXC2	— Identification des emplacements de lots de boulons	Contrôle de la seconde phase de serrage
EXC3 et EXC4	— Identification des emplacements de lots de boulons — Vérification du mode opératoire de serrage des boulons pour chaque groupe de boulons.	Contrôle de la seconde phase de serrage
NOTE Pour la définition de lot de boulons, voir l'EN 14399-1.		

Un boulon pour lequel l'écrou tourne de plus de 15° sous l'application du couple de contrôle est jugé sous serré (< 100 %) et doit être resserré jusqu'à 100 % du couple requis.

12.5.2.5 Méthode combinée

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, la première phase doit être $\overline{A_1}$ vérifiée $\overline{A_1}$, avant marquage, en utilisant les mêmes conditions de couple que celles utilisées pour atteindre l'état 75 %. Un boulon qui tourne de plus de 15° sous l'application du couple de contrôle est jugé défectueux et doit être resserré.

Si les assemblages ne plaquent pas totalement conformément à 8.3 et 8.5.1, l'étalonnage des clés dynamométriques utilisées par rapport aux charges appliquées doit être contrôlé par des essais supplémentaires afin d'obtenir l'effort de préserrage approprié. Si nécessaire, la première phase doit être répétée avec les valeurs de couple corrigées.

Lorsque les assemblages restent non plaqués, l'épaisseur et le défaut de planéité des éléments assemblés doivent être contrôlés et corrigés.

Avant que ne commence la seconde phase, les repères de tous les écrous par rapport aux filetages des vis doivent être contrôlés visuellement. Tout repère manquant doit être corrigé.

Après la seconde phase, les repères doivent être contrôlés avec les exigences suivantes :

- a) si l'angle de rotation est inférieur de plus de 15° à la valeur spécifiée, cet angle doit être corrigé ;
- b) si l'angle de rotation est supérieur de plus de 30° à la valeur spécifiée ou si la vis ou l'écrou a cédé, le boulon doit être remplacé par un boulon neuf.

12.5.2.6 Méthode de précontrainte des boulons HRC

$\overline{A_1}$ Pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4, la première étape de serrage doit être vérifiée par contrôle visuel des assemblages pour s'assurer qu'ils plaquent complètement. $\overline{A_1}$

Le contrôle doit être réalisé sur 100 % des boulons par un contrôle visuel. Les boulons complètement serrés sont identifiés comme étant ceux dont l'extrémité cannelée est cisailée. Un boulon pour lequel l'extrémité cannelée subsiste est jugé sous serré.

Si le serrage des boulons HRC est achevé en utilisant la méthode du couple conformément à 8.5.3 ou à la méthode pour DTI conformément à 8.5.6, ces boulons doivent être contrôlés conformément à 12.5.2.4 ou 12.5.2.7 selon le cas.

12.5.2.7 Méthode de serrage avec indicateur direct de précontrainte

Après $\overline{A_1}$ la première étape $\overline{A_1}$, les assemblages doivent être contrôlés afin de s'assurer qu'ils plaquent correctement conformément à 8.3. L'alignement local des assemblages non conformes doit être corrigé avant de commencer le serrage.

Après serrage final, les boulons choisis pour un contrôle conformément à 12.5.2.3 doivent être vérifiés afin d'établir que les écrasements finals des indicateurs sont conformes aux exigences de l'Annexe J. Le contrôle visuel doit inclure une vérification afin d'identifier tout indicateur qui présente une compression totale de l'indicateur. Pas plus de 10 % des indicateurs dans un même groupe de boulons d'assemblage ne doivent présenter une compression totale de l'indicateur.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Si les éléments de fixation ne sont pas installés conformément à l'Annexe J ou si l'écrasement final de l'indicateur ne se situe pas dans les limites prescrites, le contrôleur doit assister au retrait et au remplacement des boulons non conformes, et la totalité du groupe de boulons doit être contrôlée. Si l'indicateur direct de précontrainte n'a pas été serré aux limites prescrites, le boulon peut être serré davantage jusqu'à ce que la limite soit atteinte.

12.5.3 Contrôles, essais et réparations des rivets à chaud

12.5.3.1 Contrôle

Le nombre de rivets contrôlés globalement dans une structure doit être d'au moins 5 %, avec un nombre minimal de 5.

Les têtes des rivets doivent être contrôlées visuellement et doivent répondre aux critères d'acceptation du 8.7.

Le contrôle du contact satisfaisant doit être réalisé au moyen d'un marteau de 0,5 kg en sonnant légèrement la tête du rivet. Le contrôle est effectué en utilisant un plan d'échantillonnage séquentiel conformément à l'Annexe M sur un nombre suffisant de rivets jusqu'à ce que les conditions d'acceptation ou de rejet relatives au type séquentiel applicable soient satisfaites pour les critères applicables. Les types séquentiels sont les suivants :

- EXC2 et EXC3 : type séquentiel A
- EXC4 : type séquentiel B.

Lorsque le contrôle se traduit par un rejet, tous les rivets doivent être vérifiés et des mesures correctives doivent être prises.

12.5.3.2 Réparations

S'il est nécessaire de remplacer un rivet défectueux, le remplacement doit être effectué avant la mise en charge de la structure. L'enlèvement doit être réalisé au moyen d'un burin ou par coupage.

Après le retrait d'un rivet, les bords du trou du rivet doivent être soigneusement contrôlés. En cas de fissures, cratères ou déformation du trou, le trou doit être réalésé. Si nécessaire, le rivet de remplacement doit avoir un diamètre supérieur au rivet retiré.

12.5.4 Contrôle de la fixation des éléments et plaques formés à froid

12.5.4.1 Vis autotaraudeuses et vis autoperceuses

Lorsque des vis autotaraudeuses sont utilisées, des trous témoins doivent être mesurés périodiquement par des vérifications ponctuelles sur chantier afin de s'assurer de leur conformité aux recommandations du fabricant.

Lorsque des vis autotaraudeuses et des vis autoperceuses sont utilisées sur chantier, des vis témoins doivent faire l'objet de vérifications ponctuelles périodiques afin de s'assurer de l'intégrité des filetages après mise en place. Cette méthode est recommandée pour chaque application différente. Les éléments de fixation qui présentent une déformation du filetage dépassant les limites indiquées par le fabricant des fixations, doivent être jugés non conformes et être remplacés par de nouvelles fixations.

NOTE Il convient de solliciter l'avis du fabricant pour ces fixations de remplacement. Il peut être nécessaire d'utiliser des fixations de diamètre supérieur pour garantir une fixation correcte dans un trou préformé.

12.5.4.2 Rivets aveugles

Des trous témoins doivent être mesurés périodiquement par des vérifications ponctuelles sur chantier afin de s'assurer de leur conformité aux recommandations du fabricant du produit.

Les trous présentant des bavures susceptibles de gêner le rapprochement des pièces assemblées doivent être jugés non conformes jusqu'à ce qu'ils soient rectifiés.

Les assemblages réalisés à l'aide de rivets aveugles doivent être contrôlés afin de s'assurer que l'extrémité aveugle du rivet n'est pas formée entre les tôles se recouvrant. De tels assemblages doivent être traités comme non conformes. Le rivet défectueux doit être retiré et remplacé.

Si le rivet défectueux est ôté à l'aide d'un foret de diamètre supérieur à celui utilisé pour former le trou d'origine, le rivet de remplacement doit être adapté au nouveau diamètre du trou.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

12.5.5 Éléments de fixation particuliers et méthodes de fixation particulières

12.5.5.1 Généralités

Les exigences relatives au contrôle des assemblages utilisant des éléments de fixation particuliers ou des méthodes de fixation particulières conformément au 8.9, doivent être spécifiées.

Si des trous taraudés sont utilisés dans des matériaux moulés, le CND autour des trous taraudés doit être effectué pour s'assurer de l'homogénéité de la matière.

12.5.5.2 Clous pour pistoscellement par charge explosive et air comprimé

Un contrôle doit être effectué pour s'assurer que les assemblages réalisés à l'aide de clous pour pistoscellement par charge explosive et air comprimé ne pénètrent pas de façon excessive ou insuffisante.

NOTE Si une charge trop puissante est utilisée, elle peut produire un bosselage marquée ou une déformation excessive des rondelles (sur-pénétration). Une pénétration insuffisante de l'élément de fixation est due à l'utilisation d'une charge trop faible (sous-pénétration).

La marque d'identification du fabricant sur le clou doit demeurer reconnaissable après pose de la fixation.

12.5.5.3 Autres éléments de fixation mécanique

Le contrôle des assemblages employant d'autres fixations mécaniques (par exemple, crochets, éléments de fixation spéciaux) doit être effectué conformément aux normes de produit / recommandations nationales ou instructions des fabricants ou conformément aux méthodes spécifiées.

12.6 Traitement des surfaces et protection contre la corrosion

Si la structure doit être protégée contre la corrosion, un contrôle de la structure avant mise en œuvre de la protection contre la corrosion doit être effectué en regard des prescriptions de l'article 10.

Toutes les surfaces, soudures et rives doivent être faire l'objet d'un examen visuel. Les critères d'acceptation doivent satisfaire aux exigences de l'EN ISO 8501.

Les éléments non conformes doivent faire l'objet d'un nouveau traitement, de nouveaux essais, puis d'un nouveau contrôle.

Le contrôle de la protection contre la corrosion doit être effectué conformément à l'Annexe F.

12.7 Montage

12.7.1 Contrôle du montage à blanc

Les exigences relatives au contrôle de tout montage à blanc selon 9.6.4 doivent être spécifiées.

12.7.2 Contrôle de la structure montée

L'état de la structure montée doit être contrôlé pour repérer les éléments ayant subi une déformation ou des efforts excessifs, et pour s'assurer que toutes les fixations provisoires éventuelles ont été ôtées de façon satisfaisante ou sont conformes aux exigences spécifiées.

12.7.3 Levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage

12.7.3.1 Méthodes et précision des levés

Un levé de la structure achevée doit être effectué. Ce levé doit être établi par rapport au quadrillage secondaire. Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, ce levé doit faire l'objet d'un enregistrement ; si un enregistrement des vérifications des dimensions est exigé à la réception de la structure, il doit être spécifié.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Les méthodes et les instruments utilisés doivent être choisis parmi ceux énumérés dans les ISO 7976-1 et ISO 7976-2. Ce choix doit tenir compte de la validité de la méthode de levé en termes de précision par rapport aux critères d'acceptation. Le cas échéant, le levé doit être corrigé en fonction des effets de la température, et la précision des mesures par rapport à celle mentionnée en 9.4.1 doit être estimée selon les parties appropriées de l'ISO 17123.

[A1] *texte supprimé* **[A1]**

12.7.3.2 Système de mesure

Le système d'écarts autorisés est élaboré à partir de points de repère au niveau de base, d'une enveloppe pour la verticalité des poteaux, et d'une série de niveaux intermédiaires et de toiture appliqués aux niveaux de planchers tels que construits.

NOTE Les points de repère indiquent la position des éléments particuliers, par exemple des poteaux (voir ISO 4463-1).

Chaque valeur isolée doit être conforme aux valeurs des figures et des tableaux. La somme algébrique des valeurs discrètes ne doit pas être supérieure aux écarts autorisés pour la totalité de la structure.

Le système doit imposer des exigences pour les positions des assemblages. Entre ces positions, les tolérances de fabrication définissent des écarts autorisés.

Le système n'impose pas d'exigences explicites pour les éléments de structure secondaires tels les potelets et pannes.

Une attention particulière doit être portée à la détermination des files et des niveaux dans le cas d'un raccordement à une construction existante.

12.7.3.3 Niveaux et points de référence

Les tolérances de montage doivent normalement être spécifiées par rapport aux points de référence suivants sur chaque élément :

- a) pour les éléments situés dans une limite de 10° par rapport à la verticale : le centre de l'élément à chaque extrémité ;
- b) pour les éléments situés dans une limite de 45° par rapport à l'horizontale (y compris les sommets de fermes en treillis) : le centre de la face supérieure à chaque extrémité ;
- c) pour les éléments internes dans les fermes et poutres à treillis reconstituées : le centre de l'élément à chaque extrémité ;
- d) pour les autres éléments : les plans de montage doivent indiquer les points de référence qui doivent en général être les faces supérieures ou extérieures des éléments principalement soumis à flexion, et les axes des éléments principalement soumis à compression ou traction directe.

D'autres points de référence peuvent être substitués à ces points pour des raisons de commodité, à condition que ceux-ci aient des effets similaires à ceux spécifiés ci-dessus.

12.7.3.4 Emplacement et fréquence

Sauf spécification contraire, les mesures de la position des éléments adjacents aux nœuds d'assemblages sur chantier ne doivent être effectuées que de la façon indiquée ci-dessous. L'emplacement et la fréquence des mesures doivent être précisés dans le programme de contrôles.

NOTE Il convient d'identifier les vérifications critiques des dimensions de la structure montée nécessaires par rapport aux tolérances particulières, et il convient que ces vérifications soient incluses dans le plan de contrôles.

Il convient de mesurer la précision de position de la structure en acier montée sous l'effet du poids propre uniquement, sauf spécification contraire. Les conditions dans lesquelles cette mesure doit être effectuée doivent être spécifiées ainsi que les écarts et déplacements dus aux surcharges, autres que ceux dus au poids propre de la structure en acier, lorsque ces écarts et déplacements sont susceptibles d'affecter les vérifications de dimensions.

12.7.3.5 Critères d'acceptation

Les critères d'acceptation sont indiqués au 11.2 et 11.3.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

12.7.3.6 Définition d'une non-conformité

L'évaluation de l'existence d'une non-conformité doit tenir compte de l'inévitable variabilité des méthodes de mesure calculées conformément au 12.7.3.1.

NOTE 1 Les ISO 3443-1 à -3 contiennent des conseils concernant les tolérances pour les bâtiments et les implications des variabilités (y compris les écarts de fabrication, d'implantation et de montage) sur la concordance entre éléments.

La précision de construction doit être interprétée par rapport aux prévisions de flèches, contreflèches, préréglages, déplacements élastiques et dilatation thermique des éléments.

NOTE 2 L'EN 1993-1-4 donne les valeurs du coefficient de dilatation thermique pour les aciers inoxydables courants.

Si un déplacement important d'une structure susceptible d'affecter les vérifications de dimensions (par exemple, pour les structures tendues) est prévu, une enveloppe de positions admissibles doit être spécifiée.

12.7.3.7 Traitement d'une non-conformité

Le traitement d'une non-conformité doit être effectué conformément au 12.3. Les corrections doivent être réalisées en utilisant des méthodes conformes à la présente Norme européenne.

Lorsqu'une structure en acier est livrée avec des non-conformités en attente de correction, ces non-conformités doivent faire l'objet d'une liste récapitulative.

12.7.4 Autres essais d'acceptation

Lorsque les éléments d'une structure doivent être montés en fonction d'une charge spécifique plutôt que d'une position, les exigences détaillées, y compris la plage de tolérances concernant la charge, doivent être spécifiées.

Annexe A

(normative)

Informations supplémentaires, liste des options et exigences relatives aux classes d'exécution

A.1 Liste des informations supplémentaires requises

Le présent article énumère, dans le Tableau A.1, les informations supplémentaires que le texte de la présente Norme européenne requiert pour définir complètement les exigences nécessaires pour que l'exécution des travaux soit conforme à la présente Norme européenne (c'est-à-dire là où l'expression «doit être spécifié» est utilisée).

Tableau A.1 — Informations supplémentaires

Paragraphe	Informations supplémentaires requises
5 – Produits constitutifs	
5.1	Caractéristiques de produits non couverts par les normes mentionnées
5.3.1	Nuances, qualités et, si nécessaire, masses de revêtement et finitions des produits en acier
5.3.3	Exigences complémentaires relatives à des restrictions particulières concernant les imperfections de surface ou la réparation des défauts superficiels par meulage conformément à l'EN 10163, ou à l'EN 10088 pour l'acier inoxydable.
5.3.3	Exigences relatives à la finition de surface d'autres produits
[A1] texte supprimé [A1]	
5.3.4	Exigence supplémentaire relative à des propriétés spéciales, le cas échéant
5.4	Nuances, suffixes de nuances et finitions des aciers moulés
5.6.3	Classes de qualité des vis et écrous, et finitions de surface pour les boulons de construction pour les applications non précontraintes Caractéristiques mécaniques pour certains boulons Détails complets pour l'utilisation de kits d'isolations
5.6.4	Classes de qualité des vis et écrous, et finitions de surface pour les boulons de construction pour des applications précontraintes
5.6.6	Composition chimique des boulons résistant à la corrosion atmosphérique
5.6.11	Type d'élément de fixation mécanique destiné à être utilisé dans des applications avec collaboration des parois
5.6.12	Élément de fixation particulier non normalisé dans des normes CEN ou ISO, ainsi que tous les essais nécessaires
5.8	Matériaux de scellement devant être utilisés
5.9	Exigences relatives au type et aux caractéristiques des joints de dilatation
5.10	Valeur de résistance à la traction et revêtement des fils Désignation et classe des torons Charge de rupture minimale et diamètre des câbles en acier et exigences relatives à la protection contre la corrosion

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.1 — Informations supplémentaires (suite)

Paragraphe	Informations supplémentaires requises
6 – Préparation et assemblage	
6.2 d)	Zones dans lesquelles la méthode de marquage n'affecte pas la résistance à la fatigue
6.2	Zones dans lesquelles les marques d'identification ne sont pas autorisées ou ne doivent pas être visibles après achèvement
Ⓐ ₁ 6.5.4 c) Ⓐ ₁	Rayons de courbure minimaux pour les aciers inoxydables autres que ceux des nuances mentionnées
Ⓐ ₁ 6.5.4.d) Ⓐ ₁	Films de protection pour les éléments minces formés à froid
6.6.1	Dimensions spéciales des assemblages glissants
6.6.1	Diamètre nominal du trou pour les rivets à chaud
6.6.1	Dimensions du fraisage
6.7	Emplacements où des angles rentrants vifs ne sont pas autorisés pour les plaques et éléments minces, avec les rayons minimaux acceptables
6.9	Exigences particulières relatives aux assemblages des éléments provisoires, y compris celles liées à la fatigue
7 – Soudage	
7.5.6	Zones où le soudage de fixations provisoires n'est pas autorisé
7.5.6	Utilisation de fixations provisoires pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4
Ⓐ ₁ 7.5.9.1	Position des soudures bout à bout utilisées comme éclisses Ⓐ ₁
7.5.13	Dimensions des trous destinés aux soudures en entaille et en bouchon
7.5.14.1	Largeur minimale visible des soudures à l'arc par points
7.5.15	Exigences relatives à d'autres types de soudures
7.5.17	Exigences relatives au meulage et à l'arasage de la surface des soudures finies
7.7.2	Finition de surface des zones de soudure sur les aciers inoxydables
7.6	Toutes exigences complémentaires concernant la géométrie et le profil de la soudure
7.7.3	Exigences relatives au soudage de différents aciers inoxydables entre eux ou à d'autres matériaux métalliques
8 – Fixations mécaniques	
8.2.2	Diamètre minimal des fixations pour les plaques et éléments minces Dimensions des vis dans un assemblage utilisant la capacité de résistance au cisaillement de la partie lisse
8.2.4	Dimensions et nuance d'acier des rondelles en plat devant être utilisées avec trous oblongs longs ou surdimensionnés Dimensions et nuance d'acier des rondelles biaises
8.4	Exigences liées aux surfaces de contact dans assemblages résistant au glissement pour les aciers inoxydables
8.4	Aire des surfaces de contact dans les assemblages précontraints
8.8.4	Exigences relatives aux fixations pour le recouvrement latéral dans des applications structurales

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.1 — Informations supplémentaires (suite)

Paragraphe	Informations supplémentaires requises
8.9	Exigences et tous essais requis pour l'utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières
8.9	Exigences relatives à l'utilisation de boulons hexagonaux injectés
9 – Montage	
9.4.1	Température de référence pour l'implantation et les mesures de la construction en acier
9.5.5	Méthode de jointoiement des bords d'une plaque d'appui si aucun remplissage n'est nécessaire
10 – Traitement des surfaces	
10.1	Exigences pour tenir compte du système de revêtement particulier devant être appliqué
10.2	Degré de préparation des surfaces ou durée de vie prévue de la protection contre la corrosion avec catégorie de corrosivité
10.3	Si nécessaire, modes opératoires permettant de garantir un aspect visuel acceptable, après vieillissement, de la surface des aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion atmosphérique non revêtus,
10.3	Exigences relatives au traitement de surface en cas de contact entre aciers non résistants et résistants à la corrosion atmosphérique
10.6	Système de traitement interne, si les espaces clos doivent être obturés par soudage ou s'ils doivent recevoir un traitement de protection interne
10.6	Méthode à utiliser pour garantir l'étanchéité de l'interface lorsque des fixations mécaniques traversent la paroi d'espaces clos étanches
10.9	Méthodes et étendue des réparations après coupage ou soudage
10.10.2	Méthode, niveau et ampleur du nettoyage des aciers inoxydables
11 – Tolérances	
11.1	Informations complémentaires liées aux tolérances particulières si ces tolérances sont spécifiées
11.3.1	Système de tolérances fonctionnelles à utiliser
12 – Contrôle, essais et corrections	
12.3	Emplacement et fréquence des mesures des dimensions géométriques des éléments
12.5.1	Exigences concernant la vérification de l'installation d'un système d'isolation
12.5.2.1	Exigences relatives aux contrôles et aux essais des boulons précontraints utilisés pour des assemblages en acier inoxydable
12.5.5.1	Exigences relatives au contrôle d'assemblages utilisant des éléments de fixation particuliers ou des méthodes de fixation particulières
12.7.1	Exigences relatives au contrôle du montage à blanc
12.7.3.4	Emplacement et fréquence des mesures pour le levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage
12.7.4	Plage de tolérances concernant la charge, si des éléments d'une structure doivent être montés en fonction d'une charge spécifique

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.1 — Informations supplémentaires (suite)

Paragraphe	Informations supplémentaires requises
Annexe F – Protection contre la corrosion	
F.1.2	Spécification de performance relative à la protection contre la corrosion
F.1.3	Exigences relatives à la protection contre la corrosion
A1 F.4	Exigences relatives aux surfaces de frottement et classe de traitement ou essais requis A1
F.4	Étendue des surfaces concernées par les boulons précontraints dans les assemblages sans résistance au glissement
F.6.3	Exigences relatives à la qualification du mode opératoire du procédé de galvanisation si une galvanisation à chaud d'éléments formés à froid après fabrication est spécifiée
F.6.3	Exigences relatives au contrôle, à la vérification ou à la qualification de la préparation à effectuer avant un recouvrement de peinture ultérieur, pour éléments galvanisés.
F.7.3	Surfaces de référence pour les systèmes de protection contre la corrosion dans les catégories de corrosivité C3 à C5 et Im ¹ à Im ³

A.2 Liste d'options

La présente Annexe fournit une liste des points qui peuvent être spécifiés dans le cahier des charges d'exécution pour définir les exigences applicables à l'exécution des travaux là où des options à prendre sont données dans la présente Norme européenne.

Tableau A.2 — Liste des options

Paragraphe	Option(s) à spécifier
4 – Cahiers des charges et dossier	
4.2.2	Si un plan qualité pour l'exécution des travaux est requis
5 – Produits constitutifs	
5.2	Si une traçabilité pour chaque produit est spécifiée
5.3.1	Si des produits en acier de construction autres que ceux énumérés dans les Tableaux 2, 3 et 4 doivent être utilisés
5.3.2	Si d'autres tolérances d'épaisseur pour les tôles d'acier de construction sont spécifiées
5.3.2	Si la classe d'épaisseur autre que la classe A doit être utilisée pour d'autres produits en acier de construction et acier inoxydable
5.3.3	Si des états de surfaces plus stricts sont requis pour les plaques dans les classes d'exécution EXC3 et EXC4
5.3.3 b)	Si les discontinuités telles que les fissures, écailles et criques doivent être réparées
5.3.3	Si les finitions de surface décoratives ou particulières sont spécifiées
5.3.4	Si l'existence de discontinuités internes doit être vérifiée dans les zones situées à proximité de diagrammes d'appui ou de raidisseurs
A1 5.4	Options pour les aciers moulés A1



EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.2 — Liste des options (suite)

Paragraphe	Option(s) à spécifier
5.5	Si d'autres options que celles figurant dans le Tableau 6 doivent être utilisées
5.6.3	Si des éléments de fixation conformes à l'EN ISO 898-1 et à l'EN 20898-2 peuvent être utilisés pour assembler des aciers inoxydables conformes à l'EN 10088
5.6.4	Si des vis en acier inoxydable peuvent être utilisées dans des applications précontraintes
5.6.7	Si des aciers d'armature peuvent être utilisés pour les tiges d'ancrage avec la nuance d'acier.
5.6.8	Si des dispositifs de blocage sont requis
5.6.8	Si d'autres produits que ceux apparaissant dans les normes de référence doivent être utilisés
6 – Préparation et assemblage	
6.2	Si d'autres exigences s'appliquent aux numéros estampés ou marques poinçonnées ou forées
6.2	S'il est permis d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis
6.2	S'il est interdit d'utiliser des tampons souples ou des poinçons arrondis pour les aciers inoxydables
6.4.4	Si la dureté de surface des chants est spécifiée pour les aciers au carbone
6.4.4	Si d'autres exigences sont spécifiées pour la vérification de la validité des procédés de coupage
6.5.4 b)	Autres rayons de courbure minimaux pour les aciers inoxydables conformes aux nuances mentionnées
Ⓐ 6.5.4 e) Ⓐ	Autres conditions pour le cintrage par formage à froid des tubes circulaires
6.6.1 Tableau 11a)	Autre jeu nominal pour des trous ronds normaux dans des applications telles que les tours et les mâts
6.6.2	Autres tolérances sur le diamètre du trou
6.6.3	Si les trous formés par poinçonnage doivent être alésés pour les classes d'exécution EXC1 et EXC2
6.6.3	Autres spécifications pour les trous oblongs longs
6.8	Si des surfaces d'appui pour contact direct sont spécifiées
6.10	Adéquation, et étendue de l'essai de présentation devant être utilisé
7 – Soudage	
7.3	Si l'utilisation d'autres procédés de soudage est autorisée explicitement
7.4.1.1	Si des conditions particulières de réalisation des soudures de pointage sont requises
7.4.1.2 b) 1)	Si des essais de choc sont exigés
7.4.1.4	Si des essais de production relatifs au soudage sont requis
7.5.4	Autres spécifications que celles indiquées dans l'Annexe E pour assemblage d'éléments en profils creux à souder
7.5.6	Si le découpage et le burinage sont autorisés pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.2 — Liste des options (suite)

Paragraphe	Option(s) à spécifier
7.5.8.2	Si des retours d'extrémité des soudures d'angle pour les éléments minces ne sont pas exigés
7.5.9.1	Si des appendices sont requis pour EXC2
7.5.9.1	Si une surface affleurante est requise.
7.5.9.2	Si un support envers permanent en acier ne doit pas être utilisé pour les soudures d'un seul côté
7.5.9.2	Si l'arasement par meulage de soudures bout à bout des assemblages entre profils creux exécutées d'un seul côté sans support envers est autorisé.
7.5.13	Si les soudures en bouchon réalisées sans soudures en entaille préalables sont autorisées
7.5.14.1	Si des rondelles de soudage sont acceptées pour les aciers inoxydables
7.7.1	Autres méthodes que les pyromètres de contact pour mesurer la température
7.7.2	Si les couches d'oxyde colorées formées pendant le soudage doivent être éliminées pour les aciers inoxydables
7.7.2	Si le laitier associé au soudage peut ne pas être éliminé
7.7.2	Si un support envers en cuivre peut être utilisé pour les aciers inoxydables
8 – Fixations mécaniques	
8.2.1	Si, en plus du serrage, d'autres mesures ou moyens seront utilisés pour immobiliser les écrous
 8.2.1	Si les boulons précontraints nécessitent des dispositifs de blocage 
8.2.1	Si les vis et écrous peuvent être soudés
8.2.2	Si le diamètre nominal des fixations peut être inférieur à M12 pour les boulons de construction
8.2.4	Si des rondelles sont requises pour les assemblages à boulons non précontraints
8.3	Si un appui pour contact direct est spécifié (voir 6.8)
8.5.1	Autre valeur de la force de précontrainte nominale minimale ainsi que les exigences applicables aux boulons, à la méthode de serrage, aux paramètres de serrage et aux contrôles
8.5.1	S'il y a des restrictions à l'utilisation d'une méthode du Tableau 20
8.5.2 a) 1)	Si une calibration conforme à l'Annexe H est autorisée pour la méthode du couple
8.5.1	Si des mesures doivent être prises pour compenser la perte potentielle ultérieure de force de précontrainte
8.5.4 a)	Si une autre valeur que $M_1 = 0,13 d F_{p,C}$ doit être utilisée
8.5.4	Autres valeurs que celles données dans le Tableau 21
8.5.5	Si la première phase de serrage des boulons HRC doit être répétée
8.6	Si la longueur de la portion filetée de la tige du boulon plein-trou (y compris l'amorce de filetage) incluse dans la longueur d'appui peut être supérieure à 1/3 de l'épaisseur de la plaque
8.7.2	Si la surface des rivets à tête fraisée doit être arasée

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.2 — Liste des options (suite)

Paragraphe	Option(s) à spécifier
8.7.3	Si les faces extérieures des pièces ne doivent pas présenter de marque causée par la bouterolle
8.8.2	Si les éléments de fixation pour les éléments minces peuvent être positionnés ailleurs qu'en creux d'onde
9 – Montage	
9.5.3	Si la compensation du tassement des appuis n'est pas acceptable
9.5.4	Si les écrous de réglage sur les tiges d'ancrage sous la plaque d'appui doivent être retirés
9.5.4	Si des calages destinés à être scellés ultérieurement peuvent être positionnés de telle façon que le produit de scellement ne les englobe pas entièrement
9.5.4	Si les calages des appareils d'appui pour les ponts peuvent être laissés en place
☐A1 9.5.5 c)	Si un bourrage et un damage contre des parois prévues à cet effet doivent être effectués ☐A1
9.5.5	Si le traitement de la construction en acier, des appuis et des surfaces en béton est requis avant scellement
9.6.5.2	S'il est exigé que les contreventements des bâtiments élevés soient détensionnés au fur et à mesure du montage
9.6.5.3	Si le matériau des cales peut être autre que l'acier plat
10 – Traitement des surfaces	
10.1	Si la protection contre la corrosion est requise.
10.2	Exigences applicables ☐A1 à la propreté ☐A1 de surface des aciers inoxydables
☐A1 10.2	Si un autre degré de préparation que P1 doit s'appliquer pour les classes d'exécution EXC2, EXC3 et EXC4
10.2 Tableau 22	Si un degré de préparation P2 ou P3 doit être utilisé pour une catégorie de corrosivité supérieure à C3 et une durée de vie prévue de la protection contre la corrosion supérieure à 15 ans ☐A1
10.5	Si les espaces clos doivent être obturés après galvanisation et, dans l'affirmative, par quel moyen
10.6	Si les imperfections de soudures autorisées par les prescriptions de soudage nécessitent un colmatage par application d'un produit approprié
10.6	Si les soudures d'étanchéité nécessitent un autre contrôle après le contrôle visuel
10.7	S'il existe des exigences spécifiques pour revêtir les surfaces en contact avec le béton
10.8	Si les surfaces de contact et les surfaces sous les rondelles peuvent ne pas être traitées
10.8	Si les assemblages boulonnés, y compris la périphérie de ces assemblages, peuvent ne pas être traités avec le système de protection totale contre la corrosion spécifié pour le reste de la structure d'acier
10.9	Si une réparation, ou un traitement de protection supplémentaire, est requise après coupage pour les chants coupés et surfaces adjacentes
11 – Tolérances géométriques	
11.2.3.5	Si des fourrures ne sont pas autorisées pour réduire le jeu des assemblages boulonnés dans un appui par contact direct

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.2 — Liste des options (suite)

Paragraphe	Option(s) à spécifier
11.3.3	Si les critères alternatifs spécifiés peuvent être utilisés
12 – Contrôle, essais et corrections	
12.2.1	Exigences pour des essais spécifiques de produits constitutifs
12.3	Autres méthodes pour la réparation des détériorations résultant d'enfoncements localisés de la surface des profils creux
12.4.2.2	Si des contrôles complémentaires par CND sont requis pour EXC1
12.4.2.2	Si des assemblages spécifiques sont identifiés pour un contrôle ainsi que l'étendue et la méthode de contrôle
12.4.4	Si des essais de production sont requis pour EXC3 et EXC4
12.5.2.3	Autre méthode de contrôle que le plan d'échantillonnage séquentiel dans l'Annexe M
12.5.2.3	Si la vérification d'un surserrage est requise
12.7.3.1	S'il existe une exigence d'enregistrer les vérifications des dimensions à la réception de la structure pour EXC3 et EXC4
12.7.3.4	Autre étendue de mesures pour le levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage
12.7.3.4	Conditions de mesures autres que sous le poids propre de la construction en acier
Annexe F – Protection contre la corrosion	
F.2.2	Autres exigences que l'EN ISO 8501 et l'EN ISO 1461 relatives à la préparation des surfaces des aciers au carbone
F.5	Si la partie scellée des tiges d'ancrage doit être traitée
F.7.3	S'il n'est pas spécifié de surface de référence pour les systèmes de protection contre la corrosion dans les Catégories de corrosivité C3 à C5 et Im1 à Im3
F.7.4	Si des éléments galvanisés ne sont pas soumis à un contrôle après galvanisation (FIMF)

A.3 Exigences relatives aux classes d'exécution

Le présent article énumère les exigences spécifiques à chacune des classes d'exécution mentionnées dans la présente Norme européenne. Le terme SE dans le tableau signifie : Sans exigence spécifique dans le texte.

Les articles en caractères gras dans le Tableau A.3 se rapportent au système général de contrôle d'exécution et sont soumis à un choix commun de classe d'exécution pour l'ensemble des travaux (ou pour une phase des travaux). Les autres articles requièrent généralement la sélection de la classe d'exécution appropriée sur une base élément par élément ou sur une base détail par détail d'assemblage.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.3 — Exigences relatives à chaque classe d'exécution

Paragraphes	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
4 – Cahiers des charges et dossier				
4.2 Dossier du constructeur				
4.2.1 Dossier qualité	SE (Sans exigence)	Oui	Oui	Oui
5 – Produits constitutifs				
5.2 Identification, documents de contrôle et traçabilité				
Documents de contrôle	Voir Tableau 1	Voir Tableau 1	Voir Tableau 1	Voir Tableau 1
Traçabilité	SE (Aucune exigence)	Oui (partielle)	Oui (totale)	Oui (totale)
Marquage	SE	Oui	Oui	Oui
5.3 Aciers de construction				
5.3.2 Tolérances d'épaisseurs	Classe A	Classe A	Classe A	Classe B
5.3.3 États de surface	Plat — Classe A2 Long — Classe C1	Plat — Classe A2 Long — Classe C1	Conditions plus strictes si spécifié	Conditions plus strictes si spécifié
5.3.4 Propriétés particulières	SE	SE	Classe de qualité des discontinuités internes S1 pour les assemblages soudés en croix	Classe de qualité des discontinuités internes S1 pour les assemblages soudés en croix
6 – Préparation et assemblage				
6.2 Identification	SE	SE	Éléments finis / Certificats de contrôle	Éléments finis / Certificats de contrôle
6.4 Coupage				
6.4.4 Dureté des chants	Absence d'irrégularités significatives Si spécifié, dureté conforme au Tableau 10	EN ISO 9013 u = plage 4 Rz5 = plage 4 Si spécifié, dureté conforme au Tableau 10	EN ISO 9013 u = plage 4 Rz5 = plage 4 Si spécifié, dureté conforme au Tableau 10	EN ISO 9013 u = plage 3 Rz5 = plage 3 Si spécifié, dureté conforme au Tableau 10
6.5 Formage				
6.5.3 Dressage à la flamme	SE	SE	Mode opératoire adapté devant être mis au point	Mode opératoire adapté devant être mis au point
6.6 Perçage				
6.6.3 Exécution du perçage	Poinçonnage	Poinçonnage	Poinçonnage + alésage	Poinçonnage + alésage

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.3 — Exigences relatives à chaque classe d'exécution (suite)

Paragraphes	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
6.7 Découpes	SE	Rayon minimal 5 mm	Rayon minimal 5 mm	Rayon mini. 10 mm Poinçonnage non autorisé
6.9 Assemblage	Brochage : Ovalisation Tolérance fonctionnelle Classe 1	Brochage : Ovalisation Tolérance fonctionnelle Classe 1	Brochage : Ovalisation Tolérance fonctionnelle Classe 2	Brochage : Ovalisation Tolérance fonctionnelle Classe 2
7 – Soudage				
7.1 Généralités	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
7.4 Qualification des modes opératoires de soudage et du personnel en soudage				
7.4.1 Qualification des modes opératoires de soudage	SE	Voir Tableau 12 et Tableau 13	Voir Tableau 12 et Tableau 13	Voir Tableau 12 et Tableau 13
7.4.2 Qualification des soudeurs et des opérateurs	Soudeurs : EN287-1 Opérateurs : EN 1418	Soudeurs : EN 287-1 Opérateurs : EN 1418	Soudeurs : EN 287-1 Opérateurs : EN 1418	Soudeurs : EN 287-1 Opérateurs : EN 1418
7.4.3 Coordination en soudage	SE	Connaissances techniques selon le Tableau 14 ou le Tableau 15	Connaissances techniques selon le Tableau 14 ou le Tableau 15	Connaissances techniques selon le Tableau 14 ou le Tableau 15
7.5.1 Préparation des joints	SE	SE	Peintures primaires appliquées en usine non autorisées	Peintures primaires appliquées en usine non autorisées
7.5.6 Fixations provisoires	SE	SE	Utilisation à spécifier découpage et burinage interdits	Utilisation à spécifier découpage et burinage interdits
7.5.7 Soudures de pointage	SE	Mode opératoire de soudage qualifié	Mode opératoire de soudage qualifié	Mode opératoire de soudage qualifié
7.5.9 Soudures en bout 7.5.9.1 Généralités 7.5.9.2 Soudures d'un seul côté	SE	Appendices si spécifié	Appendices support envers permanent continu	Appendices support envers permanent continu
7.5.17 Exécution du soudage			Élimination des projections de soudure	Élimination des projections de soudure
7.6 Critères d'acceptation	EN ISO 5817 Niveau de qualité D [A1] <i>texte supprimé</i> [A1]	EN ISO 5817 Niveau de qualité C généralement	EN ISO 5817 Niveau de qualité B	EN ISO 5817 Niveau de qualité B +

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.3 — Exigences relatives à chaque classe d'exécution (suite)

Paragraphes	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
9 – Montage				
9.6 Montage et travaux sur chantier				
9.6.3 Manutention et stockage sur chantier	SE	Procédure de remise en état consignée	Procédure de remise en état consignée	Procédure de remise en état consignée
9.6.5.3 Ajustement et alignement	SE	SE	Fixation des fourrures par soudage selon les exigences indiquées au 7	Fixation des fourrures par soudage selon les exigences indiquées au 7
12 – Contrôles, essais et réparations				
12.4.2 Contrôle après soudage				
12.4.2.2 Étendue du contrôle	Contrôle visuel	CND : Voir Tableau 24	CND : Voir Tableau 24	CND : Voir Tableau 24
12.4.2.5 Réparation des soudures	Aucune qualification de mode opératoire de soudage (QMOS) n'est exigée	Selon QMOS	Selon QMOS	Selon QMOS
12.4.4 Essais de production	SE	SE	Si spécifié	Si spécifié
12.5.2 Contrôle des assemblages avec boulons précontraints	SE	comme suit	comme suit	comme suit
12.5.2.2 Avant serrage		Vérification du mode opératoire de serrage	Vérification du mode opératoire de serrage	Vérification du mode opératoire de serrage
12.5.2.3 Pendant et après serrage		5 % 2 ^{nde} phase de serrage Type séquentiel A	5 % 1 ^{ère} phase de serrage 10 % 2 ^{nde} phase de serrage Type séquentiel A	5 % 1 ^{ère} phase de serrage 10 % 2 ^{nde} phase de serrage Type séquentiel B
12.5.2.4 Méthode de serrage par contrôle du couple		Emplacement du lot de boulons 2 ^{nde} phase de serrage	Emplacement du lot de boulons Vérification du mode opératoire de serrage 1 ^{ère} phase de serrage 2 ^{nde} phase de serrage	Emplacement du lot de boulons Vérification du mode opératoire de serrage 1 ^{ère} phase de serrage 2 ^{nde} phase de serrage
12.5.2.5 Méthode de serrage combinée		Contrôle du marquage 2 ^{nde} phase de serrage	1 ^{ère} phase de serrage Contrôle du marquage 2 ^{nde} phase de serrage	1 ^{ère} phase de serrage Contrôle du marquage 2 ^{nde} phase de serrage

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Tableau A.3 — Exigences relatives à chaque classe d'exécution (suite)

Paragraphes	EXC1	EXC2	EXC3	EXC4
12.5.3.1 Contrôles, essais et réparations des rivets à chaud	SE	Sonner Type séquentiel A	Sonner Type séquentiel A	Sonner Type séquentiel B
12.7.3.1 Levé de la position géométrique des nœuds d'assemblage	SE	SE	Enregistrement du levé	Enregistrement du levé

Annexe B

(informative)

Guide pour la détermination des classes d'exécution

B.1 Introduction

La présente annexe fournit un guide pour le choix des classes d'exécution par rapport aux facteurs d'exécution qui affectent la fiabilité globale des travaux terminés et qui constitue une condition préalable pour l'application des divers articles de la présente Norme européenne.

NOTE La procédure recommandée pour la détermination et l'utilisation d'une classe d'exécution conformément à l'EN 1090-2 tient compte du fait que le projet sera réalisé conformément à l'EN 1993 pour les structures en acier ou à l'EN 1994 pour les parties en acier des structures mixtes afin de garantir la cohérence entre les hypothèses faites pour le calcul des structures et les exigences relatives à l'exécution de la structure. La détermination de la classe d'exécution est effectuée dans la phase de conception dans laquelle les spécifications pour le calcul et l'exécution de la structure sont évaluées, et les informations relatives aux exigences d'exécution sont données dans le cahier des charges d'exécution. Les lignes directrices contenues dans la présente annexe peuvent être remplacées, en totalité ou en partie, par de futures lignes directrices ajoutées à l'EN 1993.

B.2 Facteurs déterminants pour le choix d'une classe d'exécution

B.2.1 Classes de conséquences

L'EN 1990:2002 donne, dans son Annexe B, des lignes directrices pour le choix de la classe de conséquences dans un but de différenciation de la fiabilité. Les classes de conséquences pour les éléments structuraux sont divisées en trois niveaux appelés C_{Ci} (i = 1, 2 ou 3).

NOTE L'Annexe B de l'EN 1990:2002 est informative. Par conséquent, l'Annexe Nationale à l'EN 1990 peut donner des dispositions à considérer pour l'application de la présente Annexe.

L'EN 1991-1-7 donne des exemples de catégorisation de type et d'occupation de bâtiments en fonction des classes de conséquences qui aident à la mise en œuvre de l'Annexe B de l'EN 1990:2002.

Une structure, ou une partie de celle-ci, peut contenir des éléments avec différentes classes de conséquences.

B.2.2 Risques liés à l'exécution et à l'exploitation de la structure

B.2.2.1 Généralités

Ces risques peuvent provenir de la complexité de l'exécution des travaux et de l'incertitude dans l'exposition et les actions exercées sur la structure qui peuvent révéler des défauts de la structure au cours de l'utilisation.

Les dangers potentiels sont en particulier liés à :

- des facteurs de service dus aux actions auxquelles la structure et ses parties sont susceptibles d'être exposées au cours du montage et de l'utilisation ainsi qu'aux niveaux des contraintes dans les éléments en rapport avec leur résistance ;
- des facteurs de production dus à la complexité de l'exécution de la structure et de ses composants, par exemple l'application de techniques, modes opératoires ou contrôles particuliers.

Des catégories de service et des catégories de production ont été introduites pour tenir compte de cette différenciation des risques.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

B.2.2.2 Risques liés à l'exploitation de la structure

La catégorie de service peut être déterminée sur la base du Tableau B.1.

Tableau B.1 — Critères suggérés pour les catégories de service

Catégories	Critères
SC1	<ul style="list-style-type: none"> — Structures et éléments calculés pour des actions quasi statiques seulement (Exemple : Bâtiments) — Structures et éléments avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans des régions à faible activité sismique et dans la classe de ductilité DCL* — Structures et éléments calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants (classe S₀)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> — Structures et éléments calculés pour des actions de fatigue selon l'EN 1993. (Exemples : Ponts routiers et ferroviaires, ponts roulants (classe S₁ à S₉)**, structures sensibles aux vibrations induites par le vent, la foule ou les machines tournantes) — Structures et éléments avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans des régions à moyenne ou forte activité sismique et dans les classes de ductilité DCM* et DCH*
<p>* DCL, DCM, DCH : classes de ductilité selon l'EN 1998-1.</p> <p>** Pour la classification des actions de fatigue exercées par les grues, voir les EN 1991-3 et EN 13001-1.</p>	

Une structure, ou partie de structure, peut contenir des éléments ou des détails structuraux qui appartiennent à des catégories de service différentes.

B.2.2.3 Risques liés à l'exécution de la structure

La catégorie de production peut être déterminée sur la base du Tableau B.2.

Tableau B.2 — Critères suggérés pour les catégories de production

Catégories	Critères
PC1	<ul style="list-style-type: none"> — Éléments non soudés fabriqués à partir de produits en acier quelles que soient leurs nuances — Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier inférieure à S355
PC2	<ul style="list-style-type: none"> — Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier supérieure ou égale à S355 — Éléments essentiels à l'intégrité de la structure qui sont assemblés par soudage sur le chantier de construction — Éléments devant subir un formage à chaud ou un traitement thermique au cours de la fabrication — Éléments de treillis tubulaires nécessitant des découpes en gueule de loup

Une structure, ou partie de structure, peut contenir des éléments ou des détails structuraux qui appartiennent à des catégories de production différentes.

B.3 Détermination des classes d'exécution

La procédure recommandée pour la détermination des classes d'exécution comporte trois phases :

- sélection d'une classe de conséquences, exprimées en termes de conséquences prévisibles, humaines, économiques ou environnementales, de la défaillance ou de la ruine d'un élément (voir l'EN 1990) ;
- sélection d'une catégorie de service et d'une catégorie de production (voir les Tableaux B.1 et B.2) ;
- détermination de la classe d'exécution à partir des résultats obtenus dans les phases a) et b) conformément au Tableau B.3.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

NOTE Il convient que le concepteur et le maître d'ouvrage se chargent conjointement de la détermination de la classe d'exécution, en tenant compte des dispositions nationales. Dans ce processus de décision, il convient que le maître d'œuvre et l'entrepreneur soient consultés en suivant toute disposition nationale dans le lieu d'utilisation pour la structure.

Le Tableau B.3 donne la matrice recommandée pour la sélection des classes d'exécution à partir de la classe de conséquences déterminée et des catégories de production et de service sélectionnées.

Tableau B.3 — Matrice recommandée pour la détermination des classes d'exécution

Classes de conséquences		CC1		CC2		CC3	
Catégories de service		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Catégories de production	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC3 ^{a)}
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^{a)}	EXC4
a) Il convient d'appliquer la classe d'exécution EXC4 à des structures particulières ou aux structures avec des conséquences extrêmes d'une ruine structurelle comme requis par des dispositions nationales.							

La classe d'exécution détermine les exigences pour les divers processus d'exécution données dans la présente Norme européenne. Les exigences sont récapitulées dans l'Annexe A.3.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe C

(informative)

Liste de contrôle du contenu d'un plan qualité

C.1 Introduction

Conformément à 4.2.2, la présente annexe donne des recommandations concernant les éléments à incorporer dans un plan qualité spécifique à un projet pour l'exécution d'une structure en acier.

C.2 Contenu

C.2.1 Gestion

Définition de la structure en acier particulière et de son emplacement par rapport au projet.

Un plan d'organisation de gestion du projet qui désigne le personnel d'encadrement et définit leur fonction et leurs responsabilités pendant le projet, ainsi que les liens hiérarchiques et les moyens de communication.

Dispositions concernant la planification et la coordination avec les autres parties pendant toute la durée du projet et le suivi des prestations et de l'avancement.

Identification des fonctions déléguées à des sous-traitants et autres intervenants extérieurs.

Identification et références professionnelles du personnel qualifié devant intervenir dans le cadre du projet, y compris le personnel de coordination en soudage, le personnel de contrôle, les soudeurs et les opérateurs-soudeurs.

Dispositions prises pour maîtriser les écarts, les modifications et les dérogations survenant pendant le projet.

C.2.2 Revue des spécifications

Prescription relative à une revue des exigences spécifiées pour le projet afin d'identifier les implications, y compris les choix des classes d'exécution susceptibles de nécessiter des mesures supplémentaires ou inhabituelles, au-delà de celles assurées par le système de management de la qualité de l'entreprise.

Procédures supplémentaires de gestion de la qualité rendues nécessaires par la revue des exigences spécifiées pour le projet.

C.2.3 Documentation

C.2.3.1 Généralités

Procédures de gestion de tous les documents du projet reçus et transmis, y compris l'identification de l'état de révision en cours et les dispositions visant à éviter l'utilisation de documents invalides ou obsolètes, aussi bien en interne que par les sous-traitants.

C.2.3.2 Documents avant exécution

Procédures pour les documents à fournir avant exécution, comprenant :

- a) les certificats relatifs aux produits constitutifs, y compris les consommables ;
- b) les descriptifs de modes opératoires de soudage et leurs procès-verbaux de qualification ;

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- c) les exposés des méthodes, y compris celles concernant le montage et pour la précontrainte des éléments de fixation ;
- d) les calculs pour ouvrages provisoires nécessités par les méthodes de montage ;
- e) les dispositions relatives à l'étendue et au calendrier d'approbation ou d'acceptation de la documentation avant exécution par seconde ou tierce partie.

C.2.3.3 Dossiers d'exécution

Procédures de remise de dossiers d'exécution, comprenant :

- a) traçabilité des produits constitutifs par rapport aux éléments finis ;
- b) rapports de contrôle et d'essai et action entreprise pour traiter les non-conformités, concernant :
 - 1) La préparation des faces à souder avant soudage,
 - 2) Le soudage et ensembles soudés achevés,
 - 3) Les tolérances géométriques des éléments fabriqués,
 - 4) Les préparation et traitement des surfaces,
 - 5) L'étalonnage des équipements, y compris ceux utilisés pour le contrôle de la précontrainte des éléments de fixation,
- c) résultats de la pré-réception du site conduisant à sa conformité pour le démarrage des travaux de montage ;
- d) le calendrier de livraison des éléments livrés sur chantier identifiés par rapport à leur place dans la structure achevée ;
- e) contrôles dimensionnels de la structure et action entreprise pour traiter les non-conformités ;
- f) certificats d'achèvement des travaux de montage et de mise à disposition.

C.2.3.4 Enregistrements

Dispositions prises pour tenir à disposition les documents d'enregistrement à des fins de contrôle et pour leur conservation pendant une période minimale de cinq années, ou plus si cela est requis par le projet.

C.2.4 Procédures de contrôles et d'essais

Identification des essais et contrôles obligatoires prescrits par la norme et de ceux spécifiés dans le système qualité du constructeur qui sont nécessaires à la réalisation du projet, incluant :

- a) l'étendue du contrôle ;
- b) les critères d'acceptation ;
- c) les actions à entreprendre pour traiter les non-conformités, les corrections et les dérogations ;
- d) les procédures de validation/rejet.

Exigences de contrôles et d'essais propres au projet, y compris les exigences relatives à des essais ou contrôles particuliers en présence de contrôleurs, ou de points pour lesquels une tierce partie désignée doit procéder à un contrôle.

Identification de points d'arrêt associés, en présence d'une seconde ou tierce partie, à l'approbation ou à l'acceptation des résultats d'essai ou de contrôle.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe D

(normative)

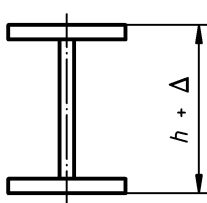
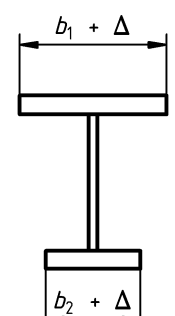
Tolérances géométriques

D.1 Tolérances essentielles

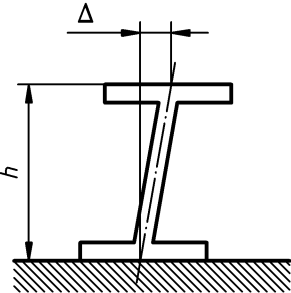
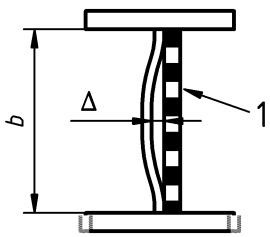
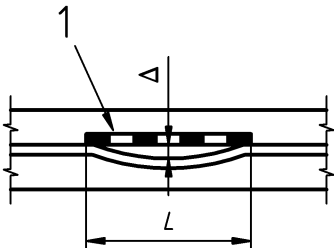
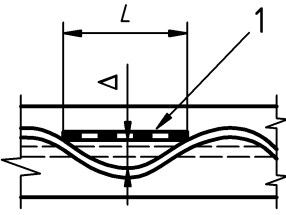
Les écarts autorisés pour les tolérances essentielles sont indiqués dans les tableaux :

- D.1.1 : Tolérances essentielles de fabrication — Profilés soudés
- D.1.2 : Tolérances essentielles de fabrication — Profilés formés à froid à la presse
- D.1.3 : Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de profilés soudés
- D.1.4 : Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de caissons soudés
- D.1.5 : Tolérances essentielles de fabrication — Raidisseurs d'âme de profilés ou de caissons soudés
- D.1.6 : Tolérances essentielles de fabrication — Plaques raidies
- D.1.7 : Tolérances essentielles de fabrication — Tôles profilées formées à froid
- D.1.8 : Tolérances essentielles de fabrication — Trous de fixation, grugeages et chants de coupe
- D.1.9 : Tolérances essentielles de fabrication — Coques cylindriques et coniques
- D.1.10 : Tolérances essentielles de fabrication — Éléments de treillis
- D.1.11 : Tolérances essentielles de montage — $\boxed{A_1}$ Poteaux de bâtiments à un seul niveau $\boxed{A_1}$
- D.1.12 : Tolérances essentielles de montage — Poteaux de structures à plusieurs niveaux
- D.1.13 : Tolérances essentielles de montage — Appuis pour contact direct
- D.1.14 : Tolérances essentielles de montage — Tours et mâts
- D.1.15 : Tolérances essentielles de montage — Poutres en flexion et éléments en compression

D.1.1 Tolérances essentielles de fabrication — Profilés soudés

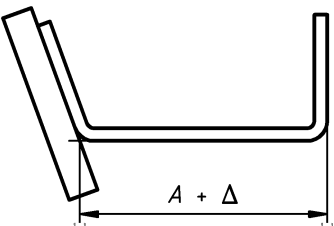
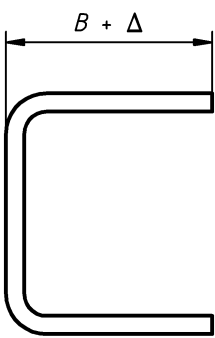
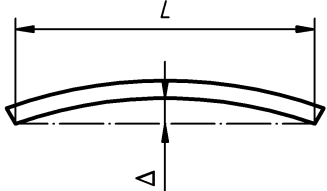
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Hauteur :</p> 	Hauteur hors-tout h :	$\Delta = -h / 50$ (aucune valeur positive donnée)
2	<p>Largeur de semelle :</p> 	Largeur $b = b_1$ ou b_2 :	$\Delta = -b / 100$ (aucune valeur positive donnée)

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

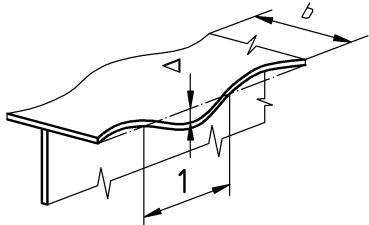
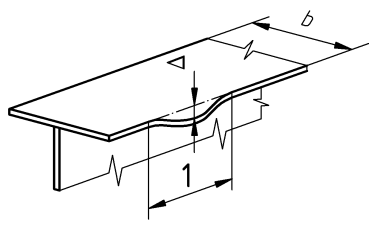
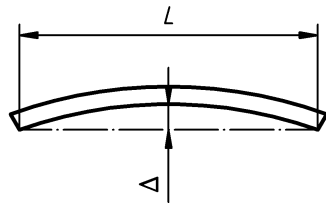
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
3	<p>Équerrage au niveau des appuis :</p> 	<p>Verticalité de l'âme au droit des appuis, pour les éléments sans raidisseurs d'appui :</p>	$\Delta = \pm h / 200$ <p>$\lceil A_1 \rceil$ mais $\Delta \geq t_w \lceil A_1 \rceil$ (t_w = épaisseur de l'âme)</p>
4	<p>Courbure de la tôle</p> 	<p>Écart Δ sur la hauteur de tôle b :</p>	<p>$\lceil A_1 \rceil \Delta = \pm b / 200$ si $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2 / (16\,000\,t)$ si $80 < b/t \leq 200$ $\Delta = \pm b / 80$ si $b/t > 200$ mais $\Delta \geq t$ (t = épaisseur de la tôle) $\lceil A_1 \rceil$</p>
5	<p>Déformation de l'âme</p> 	<p>Écart Δ sur la longueur de référence L égale à la $\lceil A_1 \rceil$ hauteur de l'âme b (voir (4)) $\lceil A_1 \rceil$</p>	$\Delta = \pm b / 100$ <p>mais $\Delta \geq t$ (t = épaisseur de la tôle)</p>
6	<p>Ondulation de l'âme</p> 	<p>Écart Δ sur la longueur de référence L égale à la $\lceil A_1 \rceil$ hauteur de l'âme b (voir (4)) $\lceil A_1 \rceil$</p>	$\Delta = \pm b / 100$ <p>mais $\Delta \geq t$ (t = épaisseur de la tôle)</p>
<p>Légende 1 Calibre NOTE $\lceil A_1 \rceil$ Les notations telles que $\Delta = \pm d/100$ mais $\Delta \geq t$ signifient que Δ est la <i>plus grande</i> valeur entre $d/100$ et t. $\lceil A_1 \rceil$</p>			

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.1.2 Tolérances essentielles de fabrication — Profils formés à froid à la presse

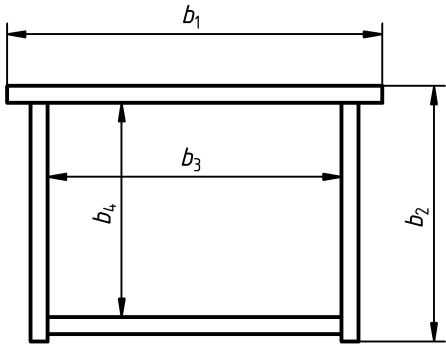
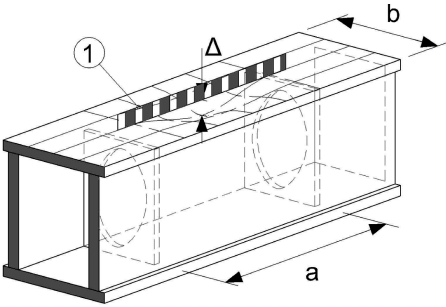
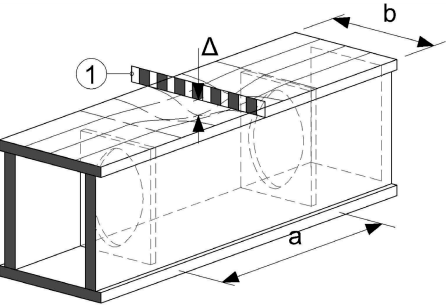
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Largeur d'élément interne :</p> 	<p>Largeur A entre plis :</p>	<p>$-\Delta = A / 50$ (aucune valeur positive donnée)</p>
2	<p>Largeur d'élément en saillie :</p> 	<p>Largeur B entre un pli et un bord libre :</p>	<p>$-\Delta = B / 80$ (aucune valeur positive donnée)</p>
3	<p>Rectitude pour l'élément soumis à une compression (non maintenu) :</p> 	<p>Écart Δ de rectitude NOTE Pour les profils laminés, voir la norme de produit concernée.</p>	<p>$\Delta = \pm L / 750$</p>

D.1.3 Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de profilés soudés

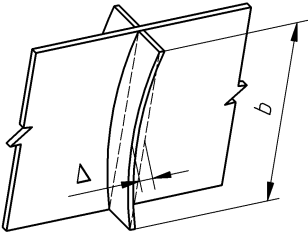
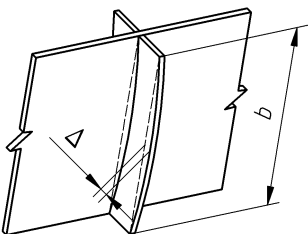
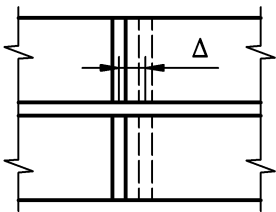
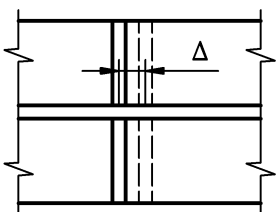
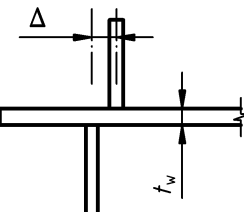
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Déformation de la semelle de la section en I :</p> 	<p>Déformation Δ sur la longueur de référence L où L = épaisseur d'aile b</p>	<p>$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$ si $b/t > 20$ t = épaisseur de semelle $\overline{A_1}$</p>
2	<p>Ondulation de la semelle de la section en I :</p> 	<p>Déformation Δ sur la longueur de référence L où L = largeur de la semelle b</p>	<p>$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3\,000\,t)$ si $b/t > 20$ t = épaisseur de semelle $\overline{A_1}$</p>
3	<p>Rectitude pour l'élément soumis à une compression (sans maintien) :</p> 	<p>Écart Δ de rectitude</p>	<p>$\Delta = \pm L/750$</p>
<p>Légende</p> <p>1 Longueur de référence</p>			

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

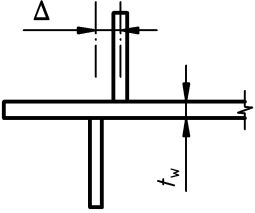
D.1.4 Tolérances essentielles de fabrication — Semelles de caissons soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Dimensions des sections</p> 	<p>Dimensions internes ou externes : où : $b = b_1, b_2, b_3$ ou b_4</p>	<p>$-\Delta = b / 100$ (aucune valeur positive donnée)</p>
2	<p>Imperfections hors plan des plaques entre les âmes ou les raidisseurs, cas général :</p> <p></p> <p>Légende 1 Longueur de référence a</p>	<p>Déformation Δ perpendiculaire au plan de la tôle</p> <p>si $a \leq 2b$: si $a > 2b$:</p>	<p>$\Delta = \pm a / 250$ $\Delta = \pm b / 125$</p>
3	<p>Imperfections hors plan des plaques entre les âmes ou les raidisseurs, (cas particulier avec compression dans le sens transversal — le cas général s'applique, sauf si ce cas particulier est spécifié) :</p> <p></p> <p>Légende 1 Longueur de référence b</p>	<p>Déformation Δ perpendiculaire au plan de la tôle</p> <p>si $b \leq 2a$: si $b > 2a$:</p>	<p>$\Delta = \pm b / 250$ $\Delta = \pm a / 125$</p>

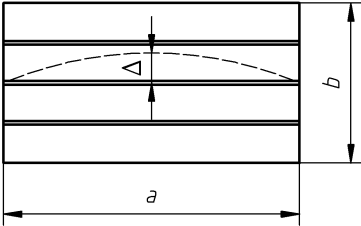
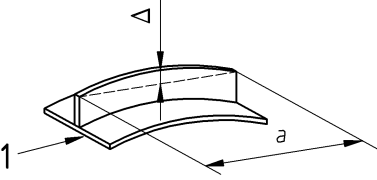

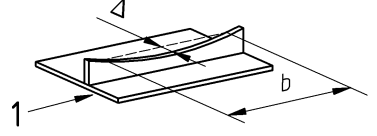

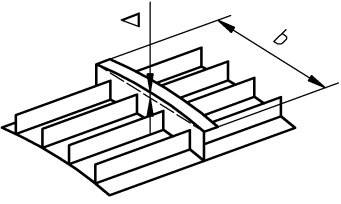

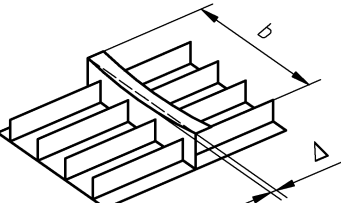
D.1.5 Tolérances essentielles de fabrication — Raidisseurs d'âme de profilés ou de caissons soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Rectitude dans le plan : 	Écart Δ de rectitude dans le plan de l'âme	$\Delta = \pm b / 250$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
2	Rectitude hors plan : 	Écart Δ de rectitude perpendiculairement au plan de l'âme	$\Delta = \pm b / 500$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
3	Position des raidisseurs : 	Écart par rapport à la position prévue	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
4	Position des raidisseurs d'appui : 	Écart par rapport à la position prévue	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
5	Excentricité des raidisseurs : 	Excentricité entre une paire de raidisseurs	$\Delta = \pm t_w / 2$

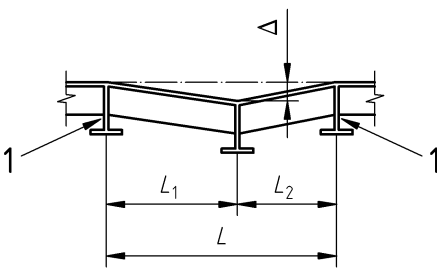
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
6	<p>Excentricité des raidisseurs d'appui :</p> 	Excentricité entre une paire de raidisseurs	$\Delta = \pm t_w / 3$
<p>NOTE $\boxed{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm d/100$ mais $\Delta \geq 5$ mm signifient que Δ est la <i>plus grande</i> valeur entre $d/100$ et 5 mm. $\boxed{A_1}$</p>			

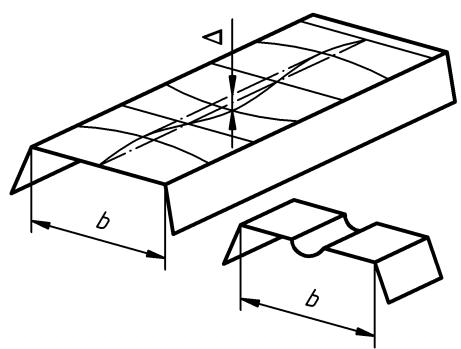
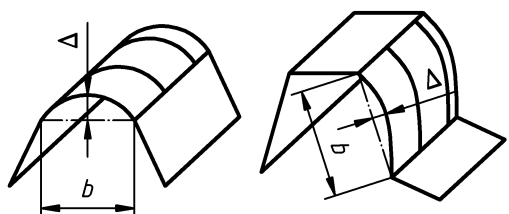
D.1.6 Tolérances essentielles de fabrication — Plaques raidies

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Rectitude des raidisseurs C longitudinaux dans une plaque raidie longitudinalement :</p> 	<p>Écart Δ perpendiculaire à la plaque :</p> 	$\Delta = \pm a / 400$
2	<p>Légende 1 Plaque</p> 	<p>Écart $\Delta \boxed{A_1}$ parallèle à la plaque, mesuré par rapport à une longueur de référence égale à la largeur b de la plaque $\boxed{A_1}$:</p> 	$\Delta = \pm b / 400$
3	<p>Rectitude des raidisseurs Raidisseurs transversaux dans une plaque raidie transversalement et longitudinalement :</p> 	<p>Écart Δ perpendiculaire à la plaque :</p> 	<p>Le minimum de $\Delta = \pm a / 400$ ou $\Delta = \pm b / 400$</p>
4		<p>Écart Δ parallèle à la plaque :</p> 	$\Delta = \pm b / 400$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

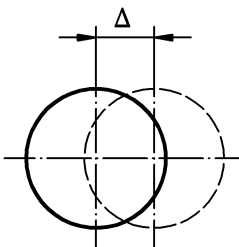
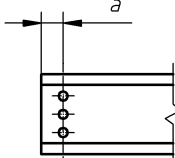
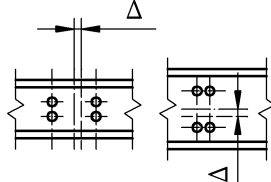
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
5	<p>Niveaux des poutres transversales dans une plaque raidie :</p> <p>Légende</p> <p>1 Poutre transversale</p>	<p>Niveau par rapport aux poutres transversales voisines :</p> 	$\Delta = \pm L / 400$

D.1.7 Tolérances essentielles de fabrication — Tôles profilées formées à froid

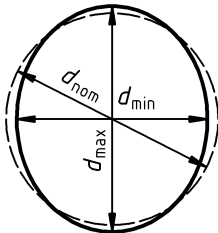
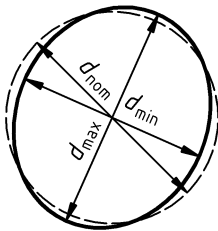
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Planéité de la semelle ou de l'âme raidie ou non raidie</p> 	<p>Écart Δ de planéité par rapport à un élément normalement plat</p>	$\Delta \leq \pm b / 50$
2	<p>Courbure de l'âme ou de la semelle</p> 	<p>Écart Δ par rapport à forme prévue de l'âme ou de la semelle sur la largeur de courbure b</p>	$\Delta \leq \pm b / 50$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

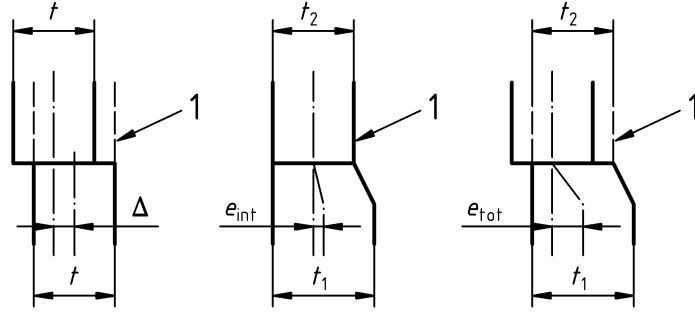
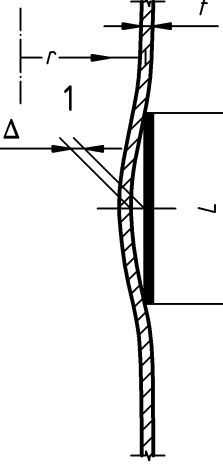
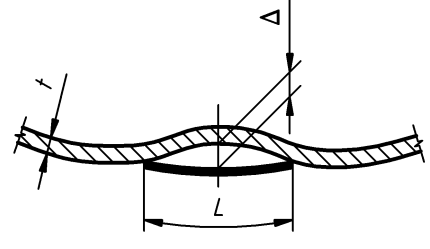
D.1.8 Tolérances essentielles de fabrication — Trous de fixation, grugeages et chants de coupe

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Position des trous pour fixations : 	Écart Δ de l'axe d'un trou isolé par rapport à sa position prévue au sein d'un groupe de trous :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	Position des trous pour fixations : 	Écart Δ de distance a entre un trou isolé et l'extrémité de coupe :	$-\Delta = 0$ (aucune valeur positive donnée)
3	Position du groupe de trous : 	Écart Δ d'un groupe de trous par rapport à sa position prévue :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

D.1.9 Tolérances essentielles de fabrication — Coques cylindriques et coniques

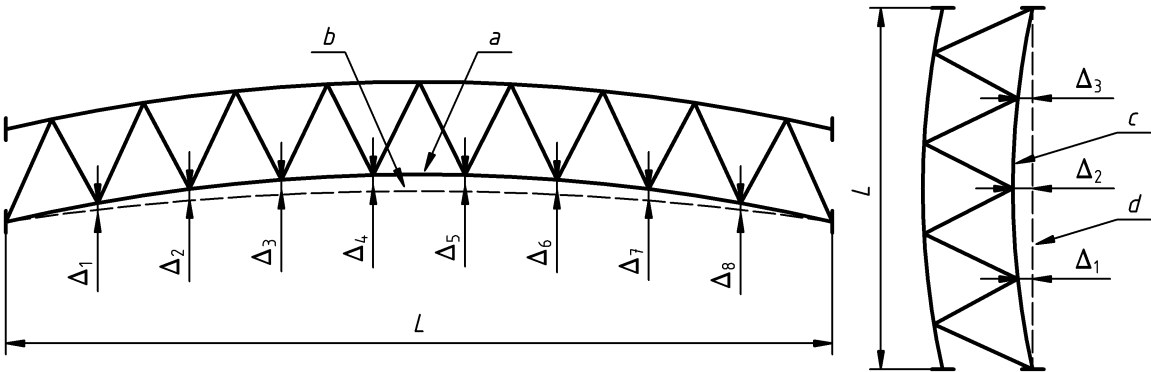
N°	Critères et détails																												
1	<div>Ovalisation :</div> <div></div> <div>a) Aplatissement</div> <div></div> <div>b) Dissymétrie</div>	<div>Différence entre les valeurs maximale et minimale du diamètre intérieur mesuré, par rapport au diamètre intérieur nominal :</div> <div>$\Delta = \frac{(d_{\max} - d_{\min})}{d_{\text{nom}}}$</div> <table><thead><tr><th colspan="4">Tolérances</th></tr><tr><th></th><th colspan="3">Écart autorisé Δ</th></tr></thead><tbody><tr><th>Diamètre</th><th>$d \leq 0,50 \text{ m}$</th><th>$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$</th><th>$d \geq 1,25 \text{ m}$</th></tr><tr><th>Classe A</th><td>$\Delta = \pm 0,014$</td><td>$\Delta = \pm [0,007 + 0,0093 (1,25 - d)]$</td><td>$\Delta = \pm 0,007$</td></tr><tr><th>Classe B</th><td>$\Delta = \pm 0,020$</td><td>$\Delta = \pm [0,010 + 0,0133 (1,25 - d)]$</td><td>$\Delta = \pm 0,010$</td></tr><tr><th>Classe C</th><td>$\Delta = \pm 0,030$</td><td>$\Delta = \pm [0,015 + 0,0200 (1,25 - d)]$</td><td>$\Delta = \pm 0,015$</td></tr></tbody></table> <div>NOTE d est le diamètre intérieur nominal d_{nom} en mètres.</div>				Tolérances					Écart autorisé Δ			Diamètre	$d \leq 0,50 \text{ m}$	$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$	$d \geq 1,25 \text{ m}$	Classe A	$\Delta = \pm 0,014$	$\Delta = \pm [0,007 + 0,0093 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,007$	Classe B	$\Delta = \pm 0,020$	$\Delta = \pm [0,010 + 0,0133 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,010$	Classe C	$\Delta = \pm 0,030$	$\Delta = \pm [0,015 + 0,0200 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,015$
Tolérances																													
	Écart autorisé Δ																												
Diamètre	$d \leq 0,50 \text{ m}$	$0,50 \text{ m} < d < 1,25 \text{ m}$	$d \geq 1,25 \text{ m}$																										
Classe A	$\Delta = \pm 0,014$	$\Delta = \pm [0,007 + 0,0093 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,007$																										
Classe B	$\Delta = \pm 0,020$	$\Delta = \pm [0,010 + 0,0133 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,010$																										
Classe C	$\Delta = \pm 0,030$	$\Delta = \pm [0,015 + 0,0200 (1,25 - d)]$	$\Delta = \pm 0,015$																										

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

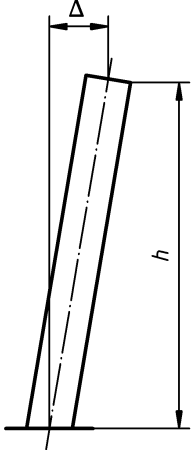
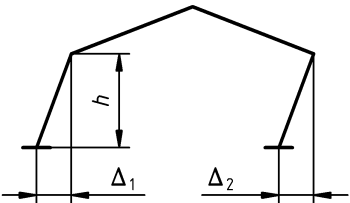
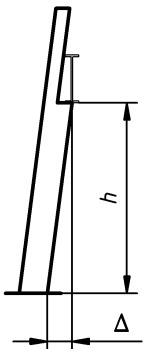
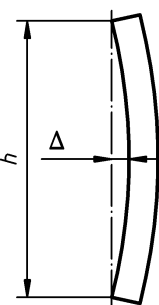
N°	Critères et détails			
2	<p>Défaut d'alignement :</p> <p>Excentrement fortuit de plaques au niveau d'un joint horizontal</p> <p>Au niveau d'un changement d'épaisseur de plaque, la part admissible de l'excentrement n'est pas incluse.</p>  <p>Légende</p> <p>1 Géométrie prévue</p>	Tolérances		
		Classe	Écart autorisé Δ	
		Classe A	$\Delta = \pm 0,14t$ mais $ \Delta \leq 2 \text{ mm}$	
		Classe B	$\Delta = \pm 0,20t$ mais $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$	
		Classe C	$\Delta = \pm 0,30t$ mais $ \Delta \leq 4 \text{ mm}$	
<p>Au niveau d'un changement d'épaisseur de plaque :</p> $t = (t_1 + t_2)/2$ $\Delta = e_{\text{tot}} - e_{\text{int}}$ <p>où :</p> <p>t_1 est la plus grande épaisseur ;</p> <p>t_2 est la plus faible épaisseur.</p>				
3	<p>Enfoncements (Ondulations):</p> <p>Dans le sens méridien :</p> $L = 4 (rt)^{0,5}$ <p>Dans le sens circonférentiel (rayon de référence = r) :</p> $L = 4 (rt)^{0,5}$ $L = 2,3 (h^2rt)^{0,25} \text{ mais } L \leq r$ <p>où h est la longueur axiale du segment de coque</p> <p>en sus, au droit des soudures :</p> $L = 25t \text{ mais } L \leq 500 \text{ mm}$ <p>NOTE Au niveau d'un changement d'épaisseur : $t = t_2$.</p> <p>Légende</p> <p>1 Intérieur</p>			
			Tolérances	
			Classe	Écart autorisé Δ
			Classe A	$\Delta = \pm 0,006L$
			Classe B	$\Delta = \pm 0,010L$
Classe C	$\Delta = \pm 0,016L$			
<p>NOTE Avec référence aux classes de qualité des tolérances de fabrication dans l'Annexe A1 EN 1993-1-6, Classe A = Excellente, Classe B = Haute et Classe C = Normale.</p>				

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.1.10 Tolérances essentielles de fabrication — Éléments de treillis

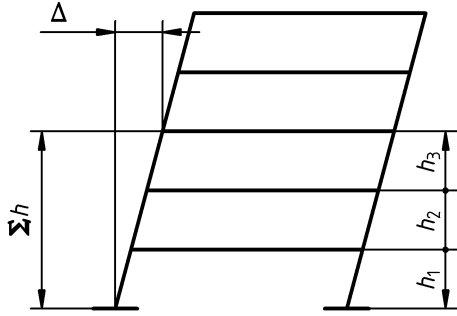
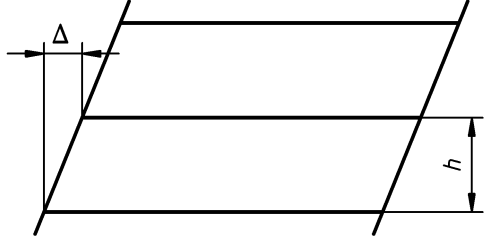
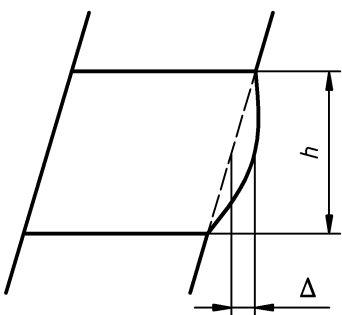
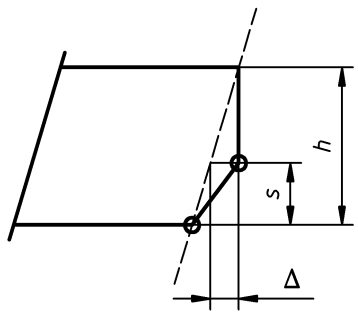
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Rectitude et contreflèche :		
	NOTE Écarts mesurés après soudage, avec l'élément posant à plat.		
	Légende a Contreflèche réelle b Contreflèche prévue c Axe réel d Axe prévu	Écart au droit de chaque point de panneau, par rapport à une ligne droite — ou la contreflèche ou la courbure prévue	$\Delta = \pm L / 500$ Mais $ \Delta \geq 12 \text{ mm}$
2	Rectitude des éléments de treillis :	Écart de rectitude des éléments de $\boxed{A_1}$ longueur de treillis $L_1 \boxed{A_1}$:	$\boxed{A_1} \Delta = \pm L_1 / 750 \boxed{A_1}$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$
NOTE $\boxed{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm L / 500$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$ signifient que $ \Delta $ est la <i>plus grande</i> valeur entre $L / 500$ et 6 mm. $\boxed{A_1}$			



D.1.11 Tolérances essentielles de montage — \square_{A1} Poteaux de bâtiments à un seul niveau \square_{A1}

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Inclinaison \square_{A1} des poteaux de bâtiments à un seul niveau \square_{A1} :</p> 	<p>Inclinaison totale dans la hauteur du niveau h :</p>	$\Delta = \pm h / 300$
2	<p>Inclinaison des poteaux de structures de bâtiments à portiques à un seul niveau :</p> 	<p>Inclinaison moyenne de tous les poteaux dans le même portique :</p> <p>[Pour deux poteaux : $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]</p>	$\Delta = \pm h / 500$
3	<p>Inclinaison de tout poteau de portique avec pont roulant :</p> 	<p>Inclinaison entre niveau du sol et appui d'un chemin de roulement</p>	$\Delta = \pm h / 1000$
4	<p>Rectitude d'un poteau d'une structure à un seul niveau :</p> 	<p>Position du poteau dans le plan, par rapport à une ligne droite entre des points de repère à la partie supérieure et à la partie inférieure :</p> <ul style="list-style-type: none"> — En général — Profils creux pour la construction 	$\Delta = \pm h / 750$ $\Delta = \pm h / 750$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

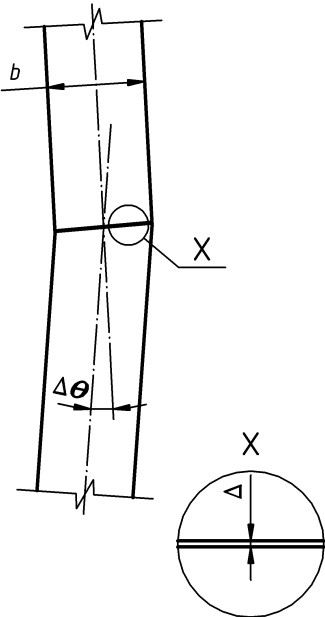
D.1.12 Tolérances essentielles de montage — Poteaux de structures à plusieurs niveaux

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Position à chaque niveau de plancher, par rapport à celle au niveau de sa base : 	Emplacement du poteau dans le plan, par rapport à une verticale traversant son axe au niveau de base :	$\Delta = \pm \Sigma h / (300\sqrt{n})$
2	Inclinaison d'un poteau, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Emplacement du poteau dans le plan, par rapport à une ligne verticale passant par son centre au niveau inférieur suivant :	$\Delta = \pm h/500$
3	Rectitude d'un poteau continu, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Position du poteau dans le plan, par rapport à une ligne droite entre des points de repère à des niveaux de plancher adjacents	$\Delta = \pm h/750$
4	Rectitude de l'éclissage d'un poteau, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Emplacement du poteau dans le plan au niveau de l'éclisse, par rapport à une ligne droite entre des points de repère à des niveaux de plancher adjacents :	$\Delta = \pm s/750$ avec $s \leq h/2$

NOTE  Le Tableau D.1.12 «Poteaux de structures à plusieurs niveaux» s'applique aux poteaux qui sont continus sur plus d'un niveau. Le Tableau D.1.11 s'applique aux poteaux du niveau supérieur des bâtiments à plusieurs niveaux. 

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.1.13 Tolérances essentielles de montage — Appuis par contact direct

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1		Défaut d'alignement angulaire local $\Delta\theta$ se produisant en même temps qu'un jeu Δ au point «X»	$\boxed{A_1} \Delta\theta = \pm 1/500$ radians et : $\Delta = 0,5$ mm sur au moins deux tiers de la surface, avec $\Delta = 1,0$ mm maximum localement $\boxed{A_1}$

D.1.14 Tolérances essentielles de montage — Tours et mâts

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Rectitude des ailes et des éléments de membrure	Rectitude d'une portion (L) entre des emplacements des joints.	$L / 1\,000$
2	Dimensions principales de la section transversale et des treillis des mâts	Panneau $< 1\,000$ mm : Panneau $\geq 1\,000$ mm :	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm 5$ mm
3	Position de l'axe des éléments de treillis au droit des assemblages :	Emplacement par rapport à l'emplacement prévu	$\Delta = \pm 3$ mm
4	Alignement des axes des ailes de cornières dans un assemblage de cornières :	Position relative des deux ailes	$\Delta = \pm 2$ mm
5	Verticalité d'un mât :	Écart par rapport à la verticalité d'une ligne entre deux points quelconques sur l'axe vertical attendu de la structure, lorsqu'il est mesuré par vent nul	$\Delta = \pm 0,05$ % mais $ \Delta \geq 5$ mm
6	Verticalité d'une tour :		$\Delta = \pm 0,10$ % mais $ \Delta \geq 5$ mm
7	Vrillage Δ sur toute la hauteur de la structure [voir NOTE 1] :	Structure < 150 m : Structure ≥ 150 m :	$\Delta = \pm 2,0^\circ$ $\Delta = \pm 1,5^\circ$
8	Vrillage Δ entre des niveaux adjacents de la structure [voir NOTE 1] :	Structure < 150 m : Structure ≥ 150 m :	$\Delta = \pm 0,10^\circ$ par 3 mètres $\Delta = \pm 0,05^\circ$ par 3 mètres

NOTE 1 Ce critère de vrillage n'est pas applicable aux tours soumises à un chargement latéral permanent.

NOTE 2 $\boxed{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm 0,10$ % mais $|\Delta| \geq 5$ mm signifient que $|\Delta|$ est la *plus grande* valeur entre 0,10 % et 5 mm. $\boxed{A_1}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.1.15 Tolérances essentielles de montage — Poutres en flexion et éléments en compression

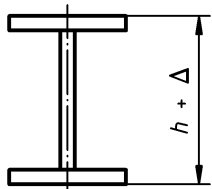
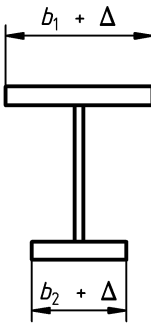
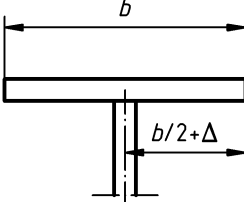
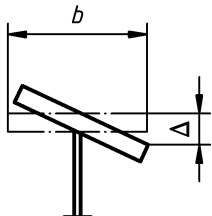
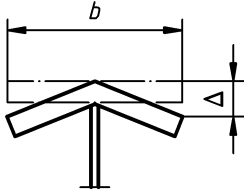
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Rectitude des poutres et éléments comprimés sans maintien	Écart de rectitude Δ	$\Delta = \pm L / 750$

D.2 Tolérances fonctionnelles

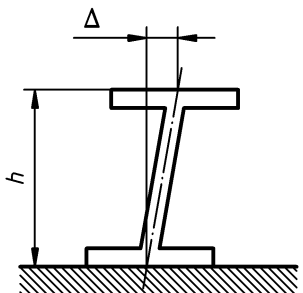
Les écarts autorisés pour les tolérances fonctionnelles sont indiqués dans les Tableaux :

- D.2.1 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Profilés soudés
- D.2.2 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Profilés formés à froid à la presse
- D.2.3 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Semelles des profilés soudés
- D.2.4 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Caisson soudés
- D.2.5 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Ames des profilés ou de caissons soudés
- D.2.6 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Raidisseurs d'âme des profilés ou de caisson soudés
- D.2.7 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments
- D.2.8 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Trous des éléments de fixation, grugeages et chants de coupe
- D.2.9 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éclissages de poteaux et plaques d'assise
- D.2.10 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments en treillis
- D.2.11 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Plaques raidies
- D.2.12 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tours et mâts
- D.2.13 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tôles profilées formées à froid
- D.2.14 : Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tabliers de ponts
- D.2.15 : Tolérances fonctionnelles de montage — Ponts
- D.2.16 : Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 1/3)
- D.2.17 : Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 2/3)
- D.2.18 : Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 3/3)
- D.2.19 : Tolérances fonctionnelles de fabrication et montages — Chemins de roulement et rails
- D.2.20 : Tolérances fonctionnelles — Fondations et appuis en béton
- D.2.21 : Tolérances fonctionnelles de montage — Chemins de roulement de ponts roulants
- D.2.22 : Tolérances fonctionnelles de montage — Positions des poteaux
- D.2.23 : Tolérances fonctionnelles de montage — **A1** Poteaux de bâtiments à un seul niveau **A1**
- D.2.24 : Tolérances fonctionnelles de montage — Poteaux de structures à plusieurs niveaux
- D.2.25 : Tolérances fonctionnelles de montage — Bâtiments
- D.2.26 : Tolérances fonctionnelles de montage — Poutres de bâtiments
- D.2.27 : Tolérances fonctionnelles de montage — Tôle de couverture avec collaboration des parois
- D.2.28 : Tolérances fonctionnelles de montage — Couverture en tôles d'acier profilées

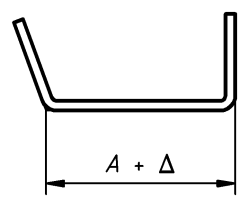
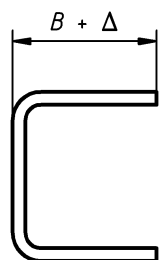
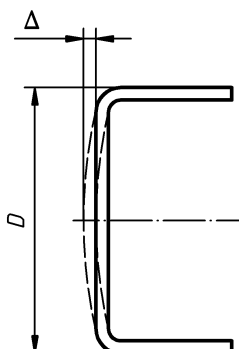
D.2.1 Tolérances fonctionnelles de fabrication — profilés soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Hauteur : 	Hauteur hors-tout h : $h \leq 900$ mm $900 < h \leq 1\,800$ mm : $h > 1\,800$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = \pm h / 300$ $\Delta = \pm 6$ mm	$\Delta = \pm 2$ mm $\Delta = \pm h / 450$ $\Delta = \pm 4$ mm
2	Largeur de semelle : 	Largeur b_1 ou b_2	$+\Delta = b / 100$ mais $ \Delta \geq 3$ mm	$+\Delta = b / 100$ mais $ \Delta \geq 2$ mm
3	Excentricité de l'âme : 	Position de l'âme : — cas général — parties de semelle en contact avec des appuis structuraux	$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = \pm 3$ mm	$\Delta = \pm 4$ mm $\Delta = \pm 2$ mm
4	Équerrage des semelles : 	Défaut d'équerrage : — cas général — parties de semelle en contact avec des appuis structuraux	$\Delta = \pm b / 100$ mais $ \Delta \geq 5$ mm $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 100$ mais $ \Delta \geq 3$ mm $\Delta = \pm b / 400$
5	Planéité des semelles : 	Défaut de planéité : — cas général — parties de semelle en contact avec des appuis structuraux	$\Delta = \pm b / 150$ mais $ \Delta \geq 3$ mm $\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 150$ mais $ \Delta \geq 2$ mm $\Delta = \pm b / 400$

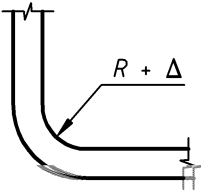
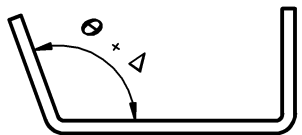
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
6	<p>Équerrage au niveau des appuis :</p> 	Verticalité de l'âme au droit des appuis, pour les éléments sans raidisseurs sur appui	$\Delta = h/300$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$	$\Delta = h/500$ mais $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
<p>NOTE $\boxed{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm d/100$ mais $\Delta \geq 5 \text{ mm}$ signifient que Δ est la <i>plus grande</i> valeur entre $d/100$ et 5 mm. $\boxed{A_1}$</p>				

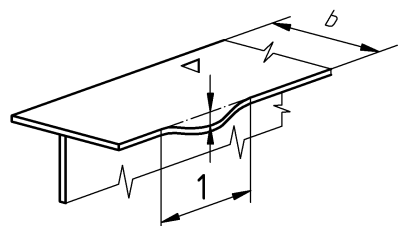
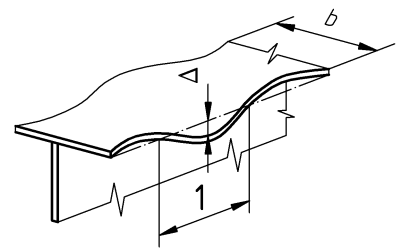
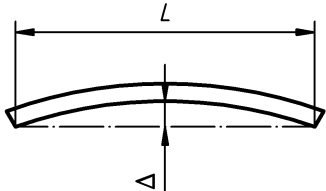
D.2.2 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Profilés formés à froid à la presse

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Largeur d'élément interne :</p> 	<p>Largeur A entre plis :</p> <p>$t < 3 \text{ mm}$:</p> <p>Longueur $< 7 \text{ m}$</p> <p>Longueur $\geq 7 \text{ m}$</p> <p>$\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$:</p> <p>Longueur $< 7 \text{ m}$</p> <p>Longueur $\geq 7 \text{ m}$</p>	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm} / +5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = -2 \text{ mm} / +4 \text{ mm}$
2	<p>Largeur d'élément en saillie :</p> 	<p>Largeur B entre un pli et un bord libre :</p> <p>Bord brut :</p> <p>$t < 3 \text{ mm}$</p> <p>$\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$:</p> <p>Bord cisailé :</p> <p>$t < 3 \text{ mm}$</p> <p>$\boxed{A_1} t \geq 3 \text{ mm} \boxed{A_1}$:</p>	$\Delta = -3 \text{ mm} / +6 \text{ mm}$ $\Delta = -5 \text{ mm} / +7 \text{ mm}$	$\Delta = -2 \text{ mm} / +4 \text{ mm}$ $\Delta = -3 \text{ mm} / +5 \text{ mm}$
3	<p>Planéité :</p> 	Convexité ou concavité	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

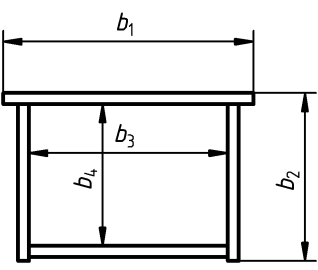
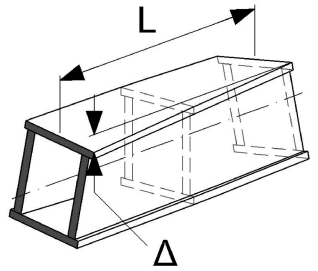
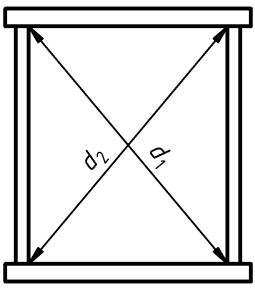
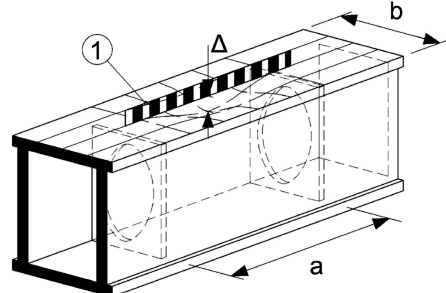
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
4	Rayon de courbure : 	Rayon de courbure intérieur R	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	Forme : 	Angle Δ entre éléments adjacents	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$

D.2.3 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Semelles de profilés soudés

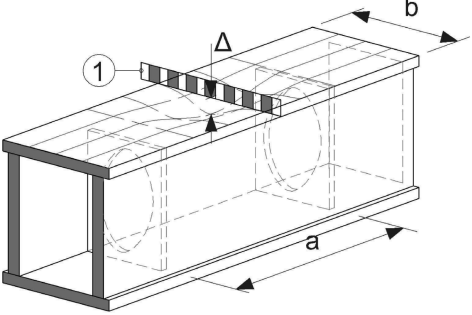


N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Déformation de la semelle de la section en I : 	Déformation Δ sur la longueur de référence = largeur de la semelle b	$\Delta = \pm b / 100$	$\Delta = \pm b / 150$
2	Ondulation de la semelle de la section en I : 	Déformation Δ sur la longueur de référence = largeur de la semelle b	$\Delta = \pm b / 100$	$\Delta = \pm b / 150$
3	Rectitude de la semelle : 	Écart Δ de rectitude	$\Delta = \pm L / 750$	$\Delta = \pm L / 1000$
Légende 1 Longueur de référence.				

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

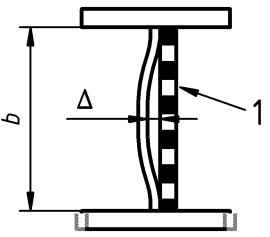
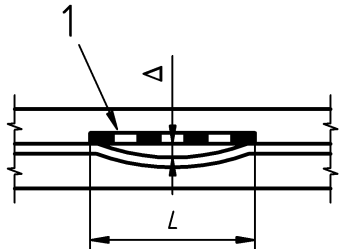
D.2.4 Tolérances fonctionnelles de fabrication –Caissons soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Largeurs de parois : 	Écart dans les dimensions internes ou externes : $\boxed{A_1} b \leq 900 \text{ mm } \langle A_1 \rangle$ $900 \text{ mm} < \boxed{A_1} b \leq 1\,800 \text{ mm } \langle A_1 \rangle$ $b > 1\,800 \text{ mm}$ où : $b = b_1 \ b_2 \ b_3 \text{ ou } b_4$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 300$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm b / 450$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
2	Vrillage : $\boxed{A_1}$ 	Écart total Δ pour un élément de longueur L	$\Delta = \pm L / 700$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$ et $ \Delta \leq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 1000$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ et $ \Delta \leq 8 \text{ mm}$
3	Equerrage : 	Différence Δ entre des dimensions diagonales au niveau des diaphragmes : $\Delta = d_1 - d_2 $	$\Delta = (d_1 + d_2) / 400$ mais $\Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = (d_1 + d_2) / 600$ mais $\Delta \geq 4 \text{ mm}$
		Où d_1 et d_2 sont sensiblement différents : $\Delta = (d_1 - d_2)_{\text{réel}} - (d_1 - d_2)_{\text{requis}} $		
4	Imperfections hors plan des plaques entre les âmes ou les raidisseurs, cas général : $\boxed{A_1}$  Légende 1 Longueur de référence a	Déformation Δ perpendiculaire au plan de la plaque si $a \leq 2b$ si $a > 2b$	$\Delta = \pm a/250$ $ \Delta = \pm b/125$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$

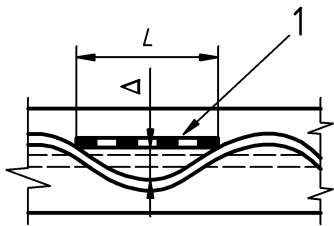


EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
5	<p>Imperfections hors plan des plaques entre les âmes ou les raidisseurs, (cas particulier avec compression dans le sens transversal — le cas général s'applique, sauf si ce cas particulier est spécifié) :</p> <p></p> <p>Légende</p> <p>1 Longueur de référence b</p>	<p>Déformation Δ perpendiculaire au plan de la plaque</p> <p>si $b \leq 2a$</p> <p>si $b > 2a$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>	<p>$\Delta = \pm b/250$</p> <p>$\Delta = \pm a/125$</p>
<p>NOTE  Les notations telles que $\Delta = \pm d/100$ mais $\Delta \geq 5$ mm signifient que Δ est la plus grande valeur entre $d/100$ et 5 mm. </p>				

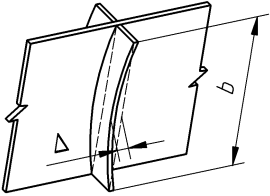
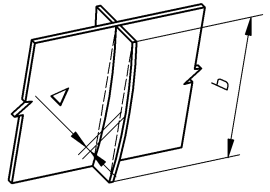
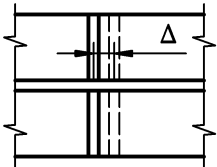
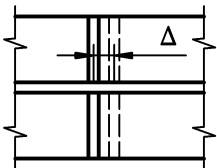
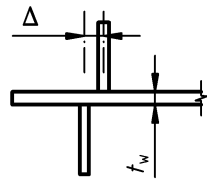
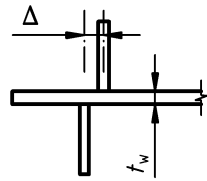
D.2.5 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Âmes de profilés ou de caissons soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Courbure de l'âme :</p> 	Écart Δ sur la hauteur de l'âme b	<p>$\Delta = \pm b/100$</p> <p>mais $\Delta \geq 5$ mm</p>	<p>$\Delta = \pm b/150$</p> <p>mais $\Delta \geq 3$ mm</p>
2	<p>Déformation des plaques :</p> 	Écart Δ sur la longueur de référence $L =$ hauteur de l'âme b	<p>$\Delta = \pm b/100$</p> <p>mais $\Delta \geq 5$ mm</p>	<p>$\Delta = \pm b/150$</p> <p>mais $\Delta \geq 3$ mm</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
3	<p>Ondulation de la plaque :</p> 	<p>Écart Δ sur la longueur de référence L = hauteur de l'âme b</p>	$\Delta = \pm b/100$ mais $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b/150$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	<p>Poutrelles ajourées ou alvéolaires [fabriquées à partir de profilés plats ou laminés à chaud] avec des ouvertures de diamètre nominal désigné D</p>	<p>Défaut d'alignement de l'âme</p> <ul style="list-style-type: none"> — dans le sens de l'épaisseur — décalage de l'ouverture de rayon nominal r : <p>$r = D/2 < 200 \text{ mm}$</p> <p>$r = D/2 \geq 200 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm r/100 \leq 5 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta = \pm r/100 \leq 5 \text{ mm}$</p>
<p>Légende</p> <p>1 Calibre</p> <p>NOTE  Les notations telles que $\Delta = \pm d/100$ mais $\Delta \geq 5 \text{ mm}$ signifient que Δ est la <i>plus grande</i> valeur entre $d/100$ et 5 mm. </p>				

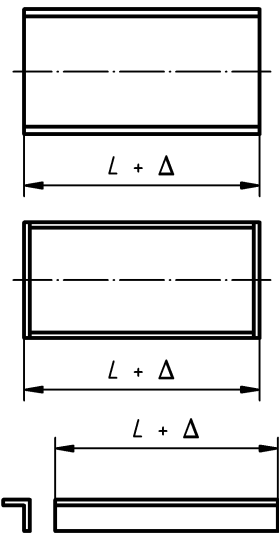
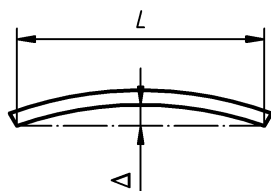
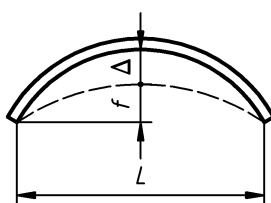
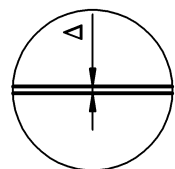
D.2.6 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Raidisseurs d'âme de profilés ou sections de caisson soudés

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Rectitude dans le plan : 	Écart Δ de rectitude dans le plan de l'âme	$\Delta = \pm b / 250$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 375$ mais $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
2	Rectitude hors plan : 	Écart Δ de rectitude perpendiculairement au plan de l'âme	$\Delta = \pm b / 500$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm b / 750$ mais $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
3	Position des raidisseurs d'âmes : 	Écart par rapport à la position prévue	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
4	Position des raidisseurs d'âmes à l'appui : 	Écart par rapport à la position prévue	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
5	Excentricité des raidisseurs d'âmes : 	Excentricité d'une paire de raidisseurs	$\Delta = \pm t_w / 2$	$\Delta = \pm t_w / 3$
6	Excentricité des raidisseurs d'âmes à l'appui : 	Excentricité d'une paire de raidisseurs	$\Delta = \pm t_w / 3$	$\Delta = \pm t_w / 4$

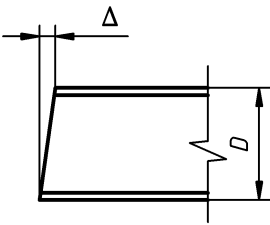
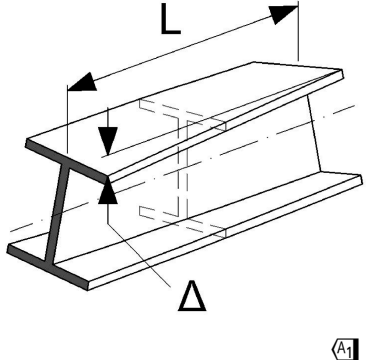


NOTE $\boxed{A1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm d / 100$ mais $|\Delta| \geq 5 \text{ mm}$ signifient que $|\Delta|$ est la *plus grande* valeur entre $d / 100$ et 5 mm. $\boxed{A1}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

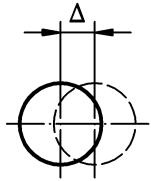
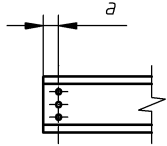
D.2.7 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Longueur :</p> 	<p>Longueur de coupe mesurée sur l'axe central (ou sur l'angle pour une cornière) :</p> <p>— cas général :</p> <p>— extrémités préparées pour un appui par contact direct</p> <p>NOTE Longueur L mesurée comprenant les plaques d'extrémité soudées, selon le cas.</p>	$\Delta = \pm (L/5\ 000 + 2) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm (L/10\ 000 + 2) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	<p>Longueur où une compensation suffisante avec l'élément $\overline{A_1}$ adjacent $\overline{A_1}$ est possible :</p>	<p>Longueur de coupe mesurée sur l'axe central :</p>	$\Delta = \pm 50 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 50 \text{ mm}$
3	<p>Rectitude :</p> 	<p>Écart Δ par rapport à des axes rectangulaires d'une section fabriquée ou pliée à la presse :</p> <p>NOTE Pour les profilés laminés ou finis à chaud, voir la norme de produit correspondante.</p>	$\overline{A_1} \Delta = \pm L/750 \overline{A_1}$ mais $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/750$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	<p>Contreflèche ou courbure prévue sur plan :</p> 	<p>Décalage f à mi-longueur</p> <p>NOTE Il convient de mesurer la contreflèche verticale avec l'élément sur le côté.</p>	$\Delta = \pm L/500$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L/1\ 000$ mais $ \Delta \geq 4 \text{ mm}$
5	<p>Surfaces préparées pour un appui par contact direct :</p> 	<p>Jeu Δ entre bord droit et surface :</p> <p>NOTE Aucun critère de rugosité de surface n'est spécifié.</p>	$\Delta = 0,5 \text{ mm}$ l'exigence conduit à limiter les aspérités à une valeur inférieure à 0,5 mm.	$\Delta = 0,25 \text{ mm}$ l'exigence conduit à limiter les aspérités à une valeur inférieure à 0,25 mm.

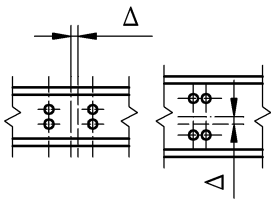
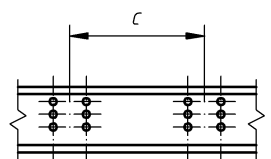
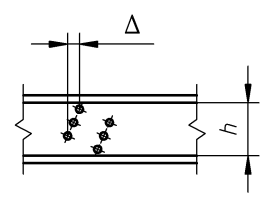
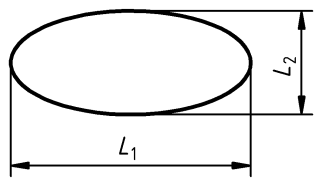
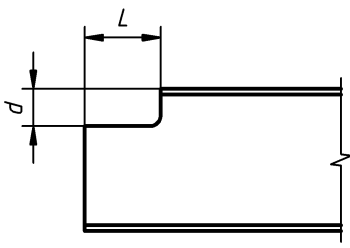
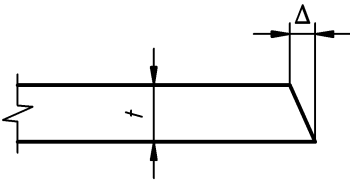
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
6	<p>Équerrage des extrémités :</p> 	<p>Rectitude par rapport à l'axe longitudinal :</p> <ul style="list-style-type: none"> — extrémités prévues pour un appui par contact direct : — extrémités non prévues pour un appui par contact direct : 	$\Delta = \pm D / 1\,000$ $\Delta = \pm D / 100$	$\Delta = \pm D / 1\,000$ $\Delta = \pm D / 300$ mais $ \Delta \leq 10\text{ mm}$
7	<p>Vrillage :</p> 	<p>Écart total Δ pour un élément de longueur L :</p> <p>NOTE 1 Pour les sections en caisson voir Tableau L.2.4.</p> <p>NOTE 2 Pour les profils creux pour la construction voir la norme de produit correspondante.</p>	$\Delta = \pm L / 700$ mais $4\text{ mm} \leq \Delta \leq 20\text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 1\,000$ mais $3\text{ mm} \leq \Delta \leq 15\text{ mm}$
<p>NOTE  Les notations telles que $\Delta = \pm d / 100$ mais $\Delta \geq 5\text{ mm}$ signifient que Δ est la <i>plus grande</i> valeur entre $d / 100$ et 5 mm. </p>				

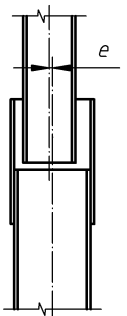
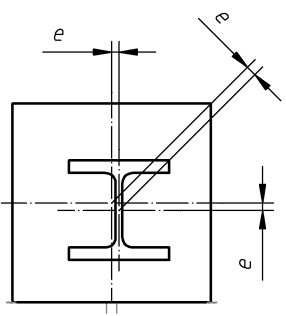
D.2.8 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Trous de fixation, grugeages et chants de coupe

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Position des trous pour fixations :</p> 	<p>Écart Δ de l'axe d'un trou isolé par rapport à sa position prévue au sein d'un groupe de trous :</p>	$\Delta = \pm 2\text{ mm}$	$\Delta = \pm 1\text{ mm}$
2	<p>Position des trous pour fixations :</p> 	<p>Écart Δ de distance a entre un trou isolé et l'extrémité de coupe :</p>	$-\Delta = 0$ $+\Delta \leq 3\text{ mm}$	$-\Delta = 0$ $+\Delta \leq 2\text{ mm}$

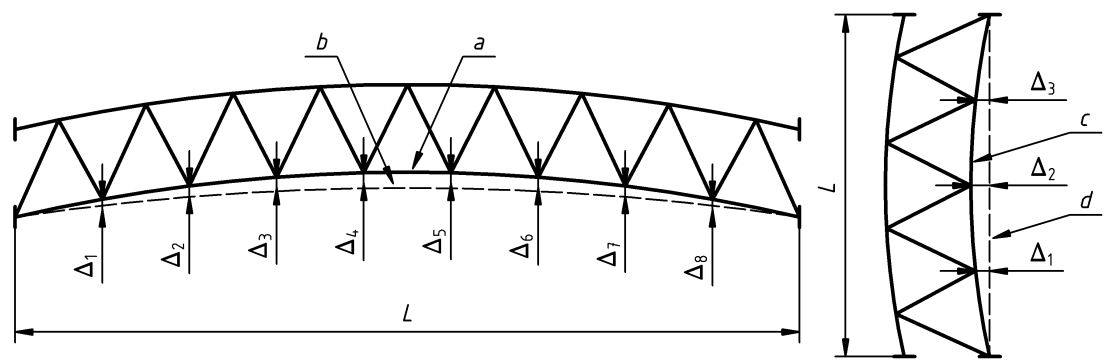
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
3	Position du groupe de trous : 	Écart Δ d'un groupe de trous par rapport à sa position prévue :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
4	Espacement des groupes de trous : 	Écart Δ de l'espacement c entre les centres des groupes de trous : — cas général — où une pièce unique est raccordée par deux groupes de fixations :	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
5	Vrillage du groupe de trou : 	Vrillage Δ : — si $h \leq 1\,000 \text{ mm}$ — si $h > 1\,000 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Ovalisation des trous : 	$\Delta = L_1 - L_2$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
7	Grugeages : 	Écart Δ de la profondeur et de la longueur du grugeage : — profondeur d — longueur L	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 3 \text{ mm}$ $-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 2 \text{ mm}$ $-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 2 \text{ mm}$
8	Équerrage des chants de coupe : 	Écart Δ d'un chant de coupe par rapport à 90°	$\Delta = \pm 0,1t$	$\Delta = \pm 0,05t$

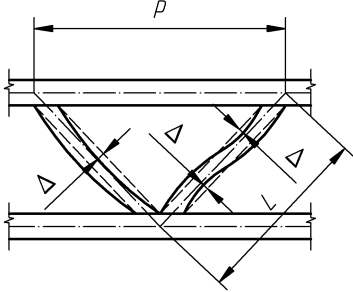
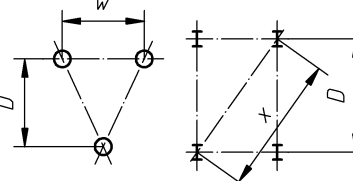
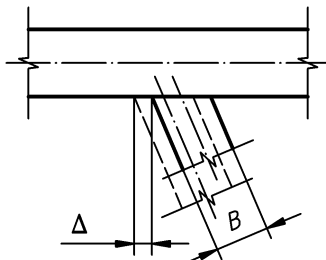
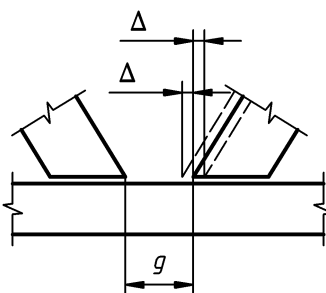
D.2.9 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éclissages de poteaux et plaques d'assise

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Éclissage de poteau :</p> 	Excentricité fortuite e (selon l'un ou l'autre des axes) :	5 mm	3 mm
2	<p>Plaque d'assise :</p> 	Excentricité fortuite e (dans toute direction) :	5 mm	3 mm

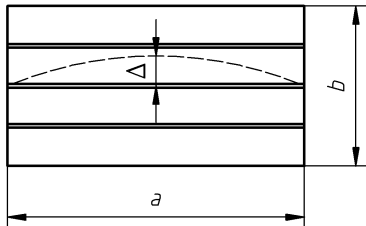
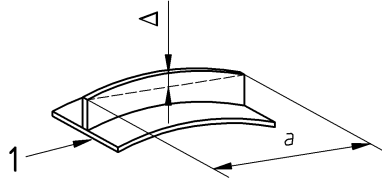


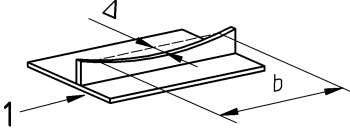
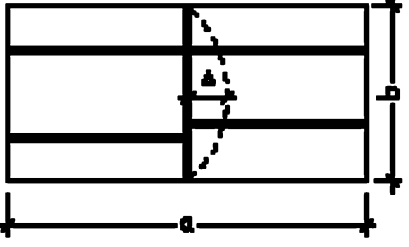
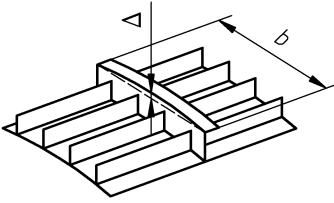
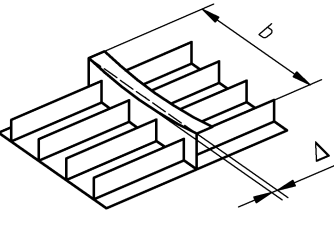
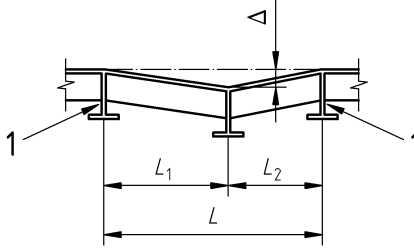
D.2.10 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Éléments en treillis

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Rectitude et contreflèche :</p>  <p>NOTE Écarts mesurés après soudage, avec l'élément posant à plat.</p> <p>Légende</p> <p><i>a</i> Contreflèche réelle <i>b</i> Contreflèche prévue <i>c</i> Axe réel <i>d</i> Axe prévu</p>	Écart au droit de chaque point de panneau, par rapport à une ligne droite — ou à la contreflèche ou à la courbure prévue	$\Delta = \pm L / 500$ Mais $ \Delta \geq 12 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 500$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

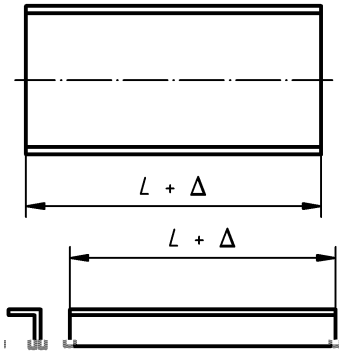
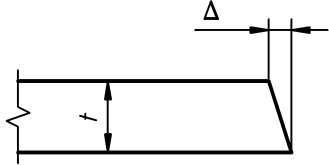
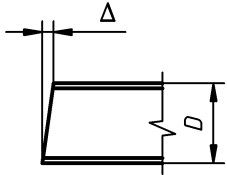
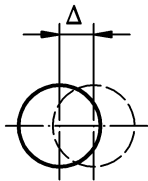
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
2	Dimensions des panneaux : 	Écart des distances individuelles p entre axes au droit des points d'épure des panneaux :	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
		Écart cumulé Σp de la position des points d'épure des panneaux :	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
3	Rectitude des $\langle A_1 \rangle$ éléments de treillis de longueur $L_1 \langle A_1 \rangle$:	Écart de rectitude des éléments de treillis :	$\langle A_1 \rangle \Delta = \pm L_1/500 \langle A_1 \rangle$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$	$\langle A_1 \rangle \Delta = \pm L_1/1\,000 \langle A_1 \rangle$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
4	Sections transversales : 	Écart des distances D , W et X si : $s \leq 300 \text{ mm}$ $300 < s < 1\,000 \text{ mm}$ $s \geq 1\,000 \text{ mm}$ NOTE $s = D, W$ ou X selon le cas.	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
5	Joint d'intersection : 	Excentricité (par rapport à une excentricité spécifiée) :	$\Delta = \pm (B/20 + 5) \text{ mm}$	$\Delta = \pm (B/40 + 3) \text{ mm}$
6	Assemblages à espacement : 	Écartement g entre éléments en treillis : $g \geq (t_1 + t_2)$ avec t_1 et t_2 épaisseurs des treillis	$\langle A_1 \rangle$ texte supprimé $\langle A_1 \rangle$ $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$	$\langle A_1 \rangle$ texte supprimé $\langle A_1 \rangle$ $ \Delta \leq 3 \text{ mm}$
NOTE $\langle A_1 \rangle$ Les notations telles que $\Delta = \pm L/500$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$ signifient que $ \Delta $ est la plus grande valeur entre $L/500$ et 6 mm . $\langle A_1 \rangle$				

D.2.11 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Plaques raidies

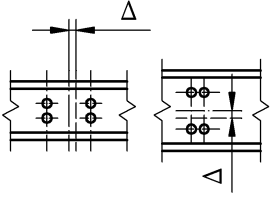
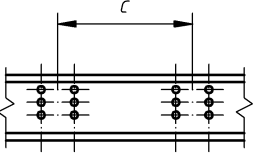
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Rectitude des raidisseurs longitudinaux dans une plaque raidie longitudinalement : 	Écart Δ perpendiculaire à la plaque : 	$\Delta = \pm a / 400$	$\Delta = \pm a / 750$ mais $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
2	Légende 1 Plaque	Écart Δ  parallèle à la plaque, mesuré par rapport à une longueur de référence égale à la largeur b de la plaque  : 	$\Delta = \pm a / 400$	$\Delta = \pm a / 500$
3	Rectitude des raidisseurs transversaux dans une plaque raidie transversalement et longitudinalement : 	Écart Δ perpendiculaire à la plaque : 	Le plus petit $\Delta = \pm a / 400$ ou $\Delta = \pm b / 400$	Le plus petit $\Delta = \pm a / 500$ ou $\Delta = \pm b / 750$ mais $ \Delta \geq 2 \text{ mm}$
4		Écart Δ parallèle à la plaque : 	$\Delta = \pm b / 400$	$\Delta = \pm b / 500$
5	Niveaux des poutres transversales dans une plaque raidie : Légende 1 Poutre transversale	Niveau par rapport aux poutres transversales : 	$\Delta = \pm a / 400$	$\Delta = \pm a / 500$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
NOTE Les notations telles que $\Delta = \pm a / 500$ mais $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$ signifient que la <i>plus grande</i> des deux valeurs est autorisée.				

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

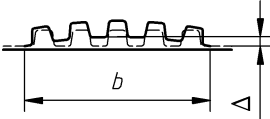
D.2.12 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tours et mâts

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Longueur des éléments : 	Longueur de coupe mesurée sur l'axe central (ou sur l'angle pour une cornière) :	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Longueur ou espacement :	Si des dimensions minimales sont spécifiées.	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 1 \text{ mm}$
3	Trusquinage des cornières :	Cote entre le talon de la cornière et centre du trou.	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
4	Équerrage des chants de coupe : 	Écart Δ d'un chant de coupe par rapport à 90°	$\Delta = \pm 0,05t$	$\Delta = \pm 0,05t$
5	Équerrage des extrémités : 	Rectitude par rapport à l'axe longitudinal : — extrémités prévues pour un appui par contact direct : — extrémités non prévues pour un appui par contact direct :	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $ \Delta = D/300$	$\Delta = \pm D/1\ 000$ $ \Delta = D/300$
6	Surfaces prévues pour un appui par contact direct :	Planéité :	1 sur 1 500	1 sur 1 500
7	Position des trous pour fixations : 	Écart Δ de l'axe d'un trou isolé par rapport à sa position prévue au sein d'un groupe de trous :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

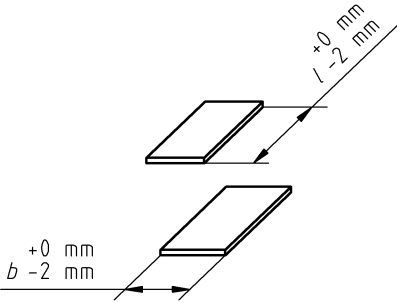
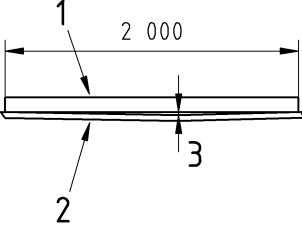
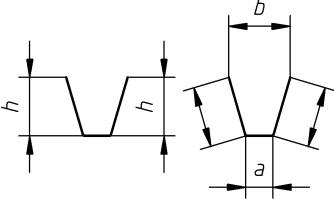
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
8	Position du groupe de trous : 	Écart Δ d'un groupe de trous par rapport à sa position prévue :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
9	Espacement des groupes de trous : 	Écart Δ de l'espacement c entre les centres des groupes de trous :	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
NOTE $\boxed{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm 0,10 \%$ mais $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$ signifient que $ \Delta $ est la <i>plus grande</i> valeur entre 0,10 % et 5 mm. $\boxed{A_1}$				

D.2.13 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tôles profilées formées à froid

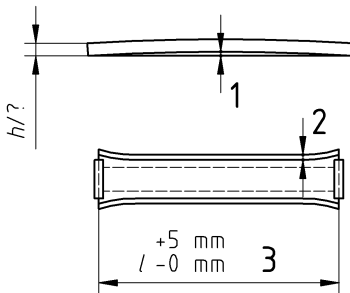
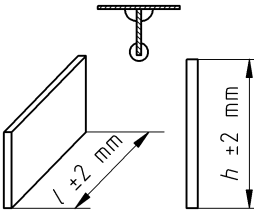
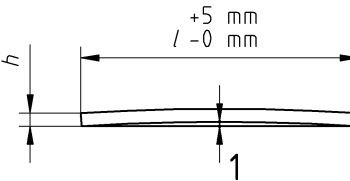
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Courbure verticale de la tôle : 	Écart Δ du cadre prévu sur la largeur de la tôle b	$\Delta \leq \pm b / 100$
2	Forme :	Écart Δ de l'angle prévu entre les éléments adjacents de la section transversale	$\Delta \leq \pm 3^\circ$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.14 Tolérances fonctionnelles de fabrication — Tabliers de ponts

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Longueur / hauteur / largeur de la plaque pour platelage : 	Dimensions hors tout l , b après coupage et redressage par laminage, y compris les dispositions pour le retrait, et après application de la préparation de soudure finale	Pas d'exigence	$0 \geq \Delta \geq -2 \text{ mm}$ (pas de valeur positive donnée)
2	Planéité de la tôle de platelage : 	Après application de la préparation de soudure finale Légende 1 Longueur de référence 2 000 mm 2 Tôle 3 Jeu d'ajustement Δ	Classe S selon l'EN 10029	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
3	Profil formé pour traverser des poutres transversales	Hauteur h , largeur a et b		
	avec trous de souris	Note pour a ou b : Si les tolérances sont dépassées, les découpes dans les poutres transversales doivent être adaptées pour satisfaire à la largeur maximale de jeu mesurée à une distance d'au moins 500 mm de l'extrémité.	$\Delta h = \pm 3 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 3 \text{ mm}$	$+2 \text{ mm} \geq \Delta(h \text{ ou } a \text{ ou } b) \geq -1 \text{ mm}$
	sans trous de souris	Note pour b : Si les tolérances sont dépassées, les découpes dans les poutres transversales doivent être adaptées pour satisfaire à la largeur maximale de jeu mesurée à une distance d'au moins 500 mm de l'extrémité.	$\Delta h = \pm 2 \text{ mm}$ $\Delta a = \pm 1 \text{ mm}$ $\Delta b = \pm 2,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
				

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

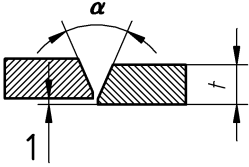
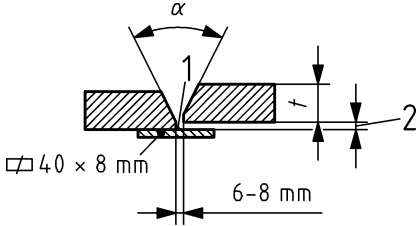
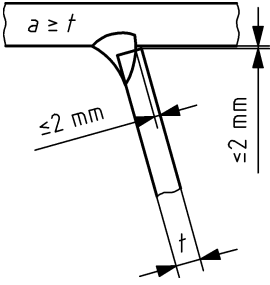
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
4	<p>Rectitude du profil formé</p> 	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ_1</p> <p>2 Élargissement maximal Δ_2</p> <p>3 Pour les rabouages de raidisseur avec plats à rabouage Δ_3</p> <p>rayon $r = r \pm \Delta_r$</p> <p>rotation Δ_ϕ mesurée sur une face plane sur une longueur de 4 m</p> <p>parallélisme Δ_p</p>	<p>$\Delta_1 = \pm L / 500$</p> <p>$\Delta_2 = 5 \text{ mm}$</p> <p>$5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$</p> <p>$\Delta_r = \pm 0,20 \text{ r}$</p> <p>$\Delta_\phi = \pm 1^\circ$</p> <p>$\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta_2 = \pm L / 1\,000$</p> <p>$\Delta_2 = 1 \text{ mm}$</p> <p>$5 \text{ mm} \geq \Delta_3 \geq 0$</p> <p>$\Delta_r = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta_\phi = \pm 1^\circ$</p> <p>$\Delta_p = \pm 2 \text{ mm}$</p>
5	<p>Longueur / largeur du profil plat pour soudage sur les deux côtés :</p> 	Dimensions hors tout l, h	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	<p>Rectitude d'un profil plat pour soudage sur les deux côtés :</p> 	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ_1</p> <p>Longueur Δ_l</p>	<p>$\Delta_1 = \pm L / 1\,000$</p> <p>$5 \text{ mm} \geq \Delta_l \geq 0$</p>	<p>$\Delta_1 = \pm L / 1\,000$</p> <p>$5 \text{ mm} \geq \Delta_l \geq 0$</p>

D.2.15 Tolérances fonctionnelles de montage — Ponts

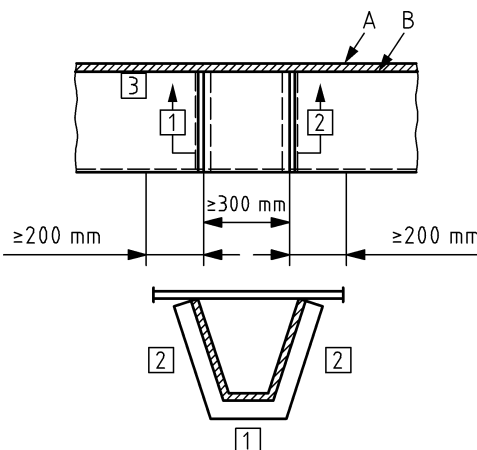
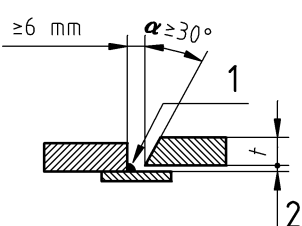
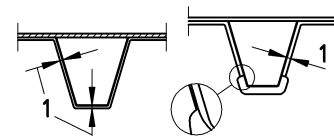
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Longueur de travée :	Écart Δ de la distance L , entre deux appuis consécutifs, mesurée sur le dessus de la semelle supérieure :	$\Delta = \pm (30 + L / 10\,000)$
2	Profil en long	<p>Écart Δ par rapport au profil théorique compte tenu des niveaux des appuis tels que construits</p> <p>$L \leq 20 \text{ m} :$</p> <p>$L > 20 \text{ m} :$</p>	<p>$\Delta = \pm (L / 1\,000)$</p> <p>$\boxed{A_1} \Delta = (L / 2\,000 + 10 \text{ mm}) \leq 35 \text{ mm} \boxed{A_1}$</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.16 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 1/3)

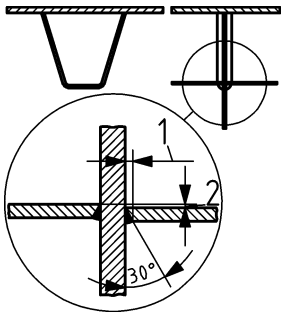
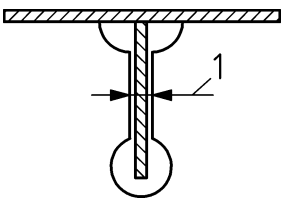
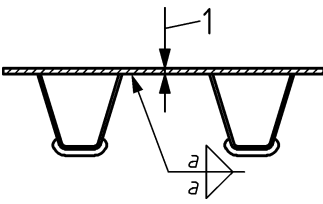
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Les raboutages des tôles de platelage sans latte de soudage ou raboutage de semelle inférieure ou d'âme de poutre transversale :</p> 	<p>Légende</p> <p>1 Défaut d'alignement Δ avant soudage</p>	<p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p>
2	<p>Raboutages de tôle de platelage avec latte de soudage :</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p> 	<p>Légende</p> <p>1 $\langle A_1 \rangle$ Passe de fond $\langle A_1 \rangle$</p> <p>2 Défaut d'alignement Δ avant soudage</p> <p>Jeux d'ajustement Δ_g entre la tôle et la latte de soudage après soudage</p>	<p>$\langle A_1 \rangle \Delta = 2 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$</p> <p>$\Delta_g = \pm 1 \text{ mm}$</p>
3	<p>Assemblage raidisseur-tablier :</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p> 	<p>Pénétration à la racine</p> <p>Jeu d'ajustement</p>	<p>$\langle A_1 \rangle \Delta = 2 \text{ mm} \langle A_1 \rangle$</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

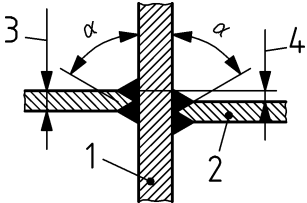
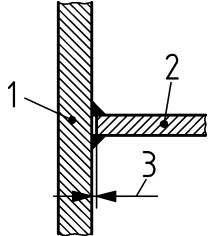
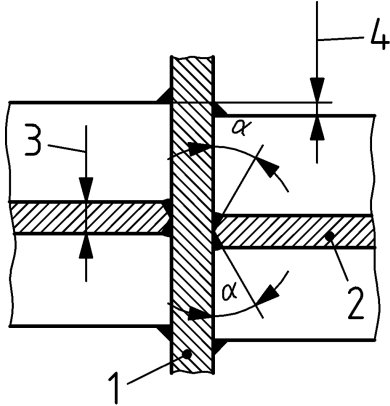
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
4	<p>Assemblage raidisseur-tablier avec plats à rabouillage :</p> <p>$\square A_1$</p>  <p>$\square A_1$</p>	<p>Désalignement Δ entre raidisseur et plat de rabouillage avant le soudage</p>	<p>$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$</p>
5	<p>Assemblage entre raidisseurs avec plats à rabouillage :</p> 	<p>Légende</p> <p>1 $\square A_1$ Passe de fond $\square A_1$ continue</p> <p>2 Défaut d'alignement Δ avant soudage</p>	<p>$\square A_1 \Delta = 2 \text{ mm} \square A_1$</p>
6	<p>Assemblages raidisseur-poutre transversale avec des raidisseurs traversant la poutre transversale avec ou sans lunule</p> 	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ_1</p> <p>Épaisseurs de gorge minimales a :</p> <p>pour un jeu avec $s \leq 2 \text{ mm}$:</p> <p>$a = a_{\text{nom}}$ selon l'analyse</p> <p>pour les jeux avec $s > 2 \text{ mm}$:</p> <p>$a = a_{\text{nom}} + (s-2)$</p> <p>mais $a \geq 4 \text{ mm}$</p>	<p>$\Delta_1 = \pm 3 \text{ mm}$</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.17 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 2/3)

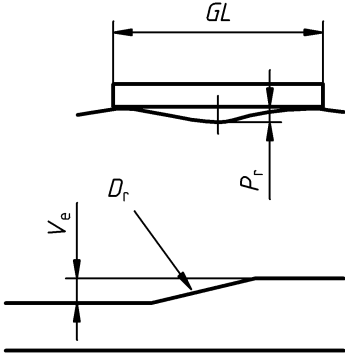
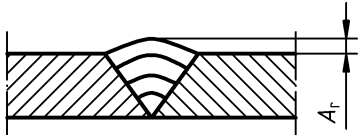
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Assemblage raidisseur-poutre transversale avec des raidisseurs installés entre les poutres transversales (ne les traversant pas)</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p>  <p>$\langle A_1 \rangle$</p>	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ_1</p> <p>2 Défaut d'alignement Δ_2 avant soudage</p>	<p>$\Delta_1 = \pm 2 \text{ mm}$</p> <p>$\Delta_2 = \pm 2 \text{ mm}$</p>
2	<p>Assemblage raidisseur-poutre transversale avec des plats transversants</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p>  <p>$\langle A_1 \rangle$</p>	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ</p>	<p>$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$</p>
3	<p>Assemblage âme de poutre transversale-tablier (avec ou sans lunule)</p> <p>$\langle A_1 \rangle$</p>  <p>$\langle A_1 \rangle$</p>	<p>Légende</p> <p>1 Jeu maximal Δ</p>	<p>$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

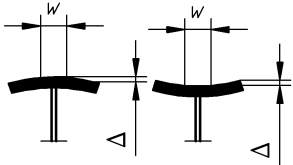
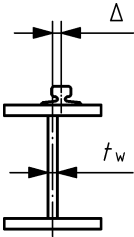
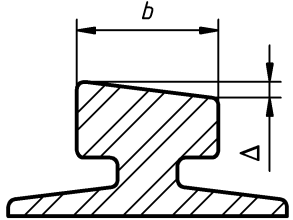
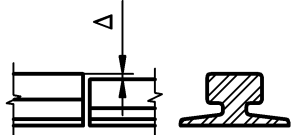
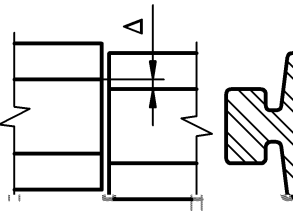
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
4	<p>Assemblage entre âmes de poutres transversales et âme de poutre maîtresse</p> <p>a) pour les poutres transversales continues [A1]</p>  <p>b) pour les poutres transversales non continues [A1]</p>  <p>[A1]</p>	<p>Légende</p> <p>1 Ame de poutre maîtresse</p> <p>2 Ame de poutre transversale</p> <p>3 Dans la Figure a) = $t_{w,crossb}$</p> <p>3 Dans la Figure b) = jeu Δ_b</p> <p>4 Défaut d'alignement Δ_a avant soudage</p>	<p>a) $\Delta_a = \pm 0,5 t_{w,crossb}$</p> <p>b) [A1] $\Delta_b = 2 \text{ mm}$ [A1]</p>
5	<p>Assemble de semelles d'une poutre transversale à l'âme de poutre maîtresse [A1]</p>  <p>[A1]</p>	<p>Légende</p> <p>1 Ame de poutre maîtresse</p> <p>2 Ame de poutre transversale</p> <p>3 $t_{w,crossb}$</p> <p>4 Défaut d'alignement Δ avant soudage</p>	<p>$\Delta = \pm 0,5 t_{w,crossb}$</p>

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.18 Tolérances fonctionnelles de montage — Tabliers de ponts (feuille 3/3)

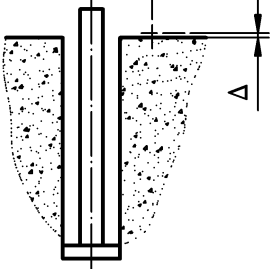
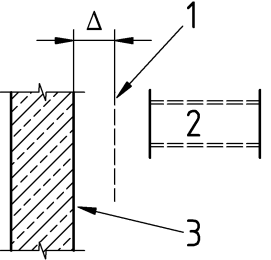
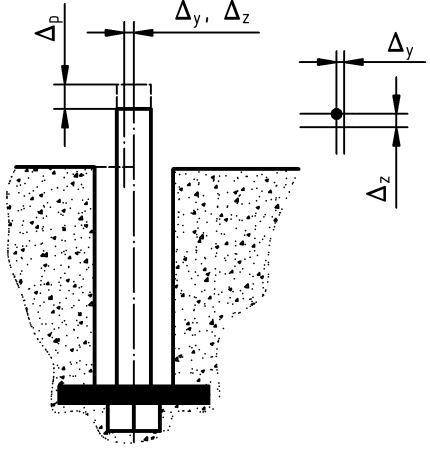
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Ajustement, après montage, des dalles orthotropes d'épaisseur de plaque t</p>  <p>Légende GL Longueur de référence P_r Écart V_e Palier D_r Pente</p>	<p>Différence de niveau au point de raccordement :</p> <p>$t \leq 10$ mm :</p> <p>10 mm < $t \leq 70$ mm</p> <p>$t > 70$ mm :</p> <p>Pente au point de jonction (point de raccordement) :</p> <p>$t \leq 10$ mm :</p> <p>10 mm < $t \leq 70$ mm</p> <p>$t > 70$ mm :</p> <p>Planéité dans toutes les directions :</p> <p>$t \leq 10$ mm :</p> <p>$t > 70$ mm :</p> <p>Cas général :</p> <p>Longitudinalement :</p> <p>NOTE Les valeurs pour P_r peuvent être interpolées pour 10 mm < $t \leq 70$ mm</p>	<p>$V_e = 2$ mm</p> <p>$V_e = 5$ mm</p> <p>$V_e = 8$ mm</p> <p>$D_r = 8$ %</p> <p>$D_r = 9$ %</p> <p>$D_r = 10$ %</p> <p>$P_r = 3$ mm sur la longueur de référence de 1 m</p> <p>$P_r = 4$ mm sur la longueur de référence de 3 m</p> <p>$P_r = 5$ mm sur la longueur de référence de 5 m</p> <p>$P_r = 5$ mm sur la longueur de référence de 3 m</p> <p>$P_r = 18$ mm sur la longueur de référence de 3 m</p>
2	<p>Soudage des dalles orthotropes :</p> 	<p>Surépaisseur A_r de la soudure au-dessus de la surface environnante :</p>	<p>$A_r = - 0$ mm / + 1 mm</p>

D.2.19 Tolérances fonctionnelles de fabrication et de montage — Chemins de roulement et rails

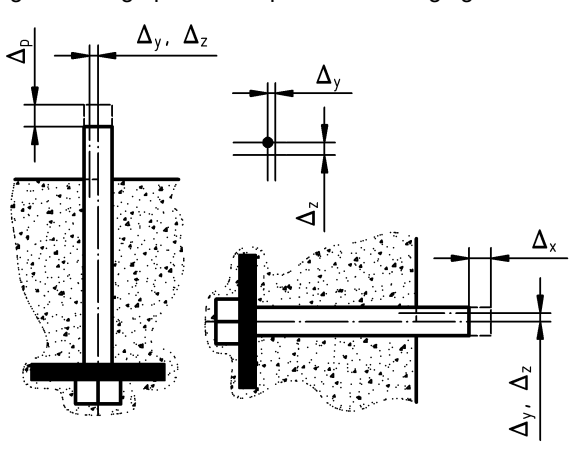
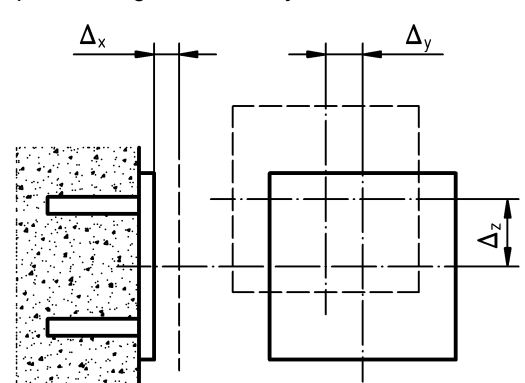
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Planéité de la semelle supérieure d'une poutre : 	Défaut de planéité sur une largeur centrale w égale à la largeur du rail plus 10 mm, de chaque côté du rail en position nominale :	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
2	Excentrement du rail par rapport à l'âme : 	Pour $t_w \leq 10 \text{ mm}$ Pour $t_w > 10 \text{ mm}$	$\pm 5 \text{ mm}$ $\pm 0,5 t_w$	$\pm 5 \text{ mm}$ $\pm 0,5 t_w$
3	Pente du rail : 	Pente de la face supérieure de la section transversale :	$\Delta = \pm b / 100$	$\Delta = \pm b / 100$
4	Niveau du rail : 	Ressaut dans la partie supérieure du rail au niveau du joint :	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$
5	Bord du rail : 	Décalage de l'axe du rail au niveau du joint :	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 0,5 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

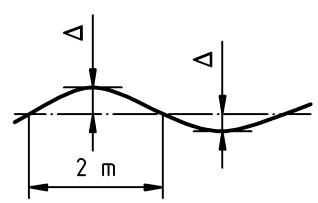
D.2.20 Tolérances fonctionnelles — Fondations et appuis béton

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Niveau de fondation :</p> 	Écart Δ par rapport au niveau spécifié	$-15 \text{ mm} \leq \Delta \leq +5 \text{ mm}$
2	<p>Paroi verticale :</p>  <p>Légende</p> <ul style="list-style-type: none"> 1 Position requise 2 Élément en acier 3 Paroi support 	Écart Δ par rapport à la position requise au niveau du point d'appui pour l'élément en acier	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$
3	<p>Tige d'ancrage préscellée prévue avec réglage :</p> 	<p>Écart Δ par rapport à la position et à la longueur saillante requises</p> <ul style="list-style-type: none"> — Position au niveau du sommet — Saillie verticale Δ_p : <p>NOTE L'écart autorisé pour l'emplacement du centre d'un groupe de boulons est de 6 mm.</p>	<p>$\Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>$-5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq +25 \text{ mm}$</p>

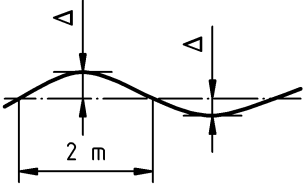
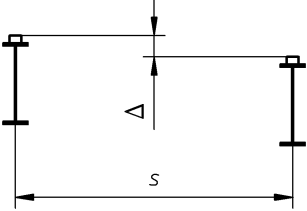
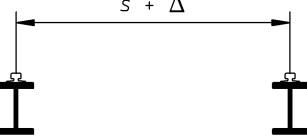
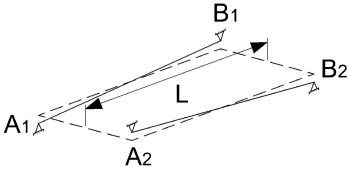
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
4	<p>Tige d'ancrage préscellée prévue sans réglage :</p> 	<p>Écart Δ par rapport à la position, au niveau et à la longueur saillante requis :</p> <ul style="list-style-type: none"> — Position ou niveau au sommet : — Saillie verticale Δ_p : — Saillie horizontale Δ_x : <p>NOTE L'écart autorisé pour l'emplacement s'applique aussi au centre d'un groupe de boulons.</p>	<p>$\Delta_y, \Delta_z = \pm 3 \text{ mm}$</p> <p>$- 5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq + 45 \text{ mm}$</p> <p>$- 5 \text{ mm} \leq \Delta_x \leq + 45 \text{ mm}$</p>
5	<p>Plaque d'ancrage en acier noyée dans le béton :</p> 	<p>Écarts $\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ par rapport à la position et au niveau requis</p>	<p>$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z = \pm 10 \text{ mm}$</p>

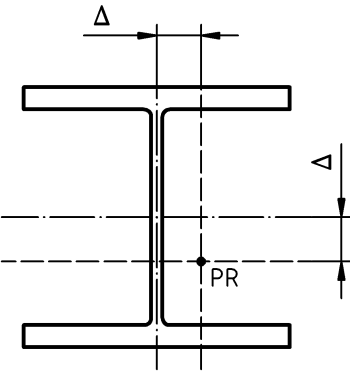
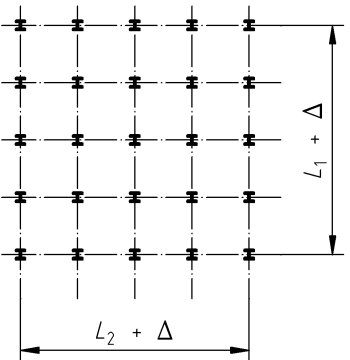
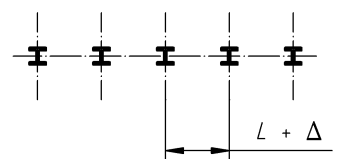
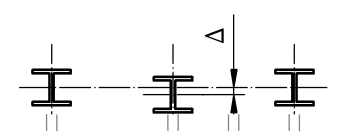
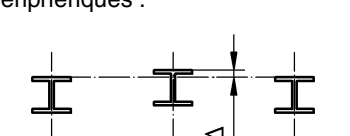
D.2.21 Tolérances fonctionnelles de montage — Chemins de roulement de ponts roulants

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Position du rail dans le plan :	Par rapport à la position prévue	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	<p>Alignement local du rail :</p> 	Alignement sur la longueur de référence de 2 m	$\Delta = \pm 1,5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
3	Niveau du rail :	Par rapport au niveau prévu	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$
4	Niveau du rail :	Niveau sur la portée L du pont roulant	$\Delta = \pm L / 500$ mais $ \Delta \geq 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm L / 1000$ mais $ \Delta \geq 10 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

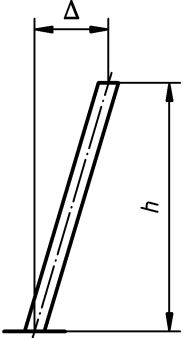
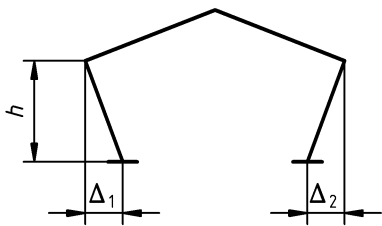
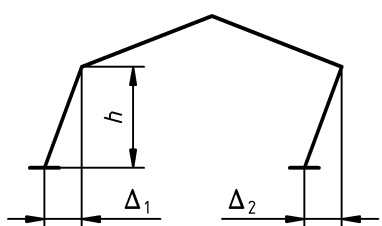
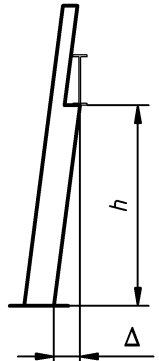
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
5	Niveau du rail : 	Variation sur la longueur de référence de 2 m :	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Niveaux relatifs sur les deux côtés d'un chemin de roulement : 	Différence de niveau : pour $s \leq 10 \text{ m}$ pour $s > 10 \text{ m}$	$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm s / 500$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm s / 1\,000$
7	Espacement s entre les axes des rails du pont roulant : 	Différence d'espacement : pour $s \leq 16 \text{ m}$ pour $s > 16 \text{ m}$	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm (10 + [s - 16]/3) \text{ mm}$, avec s en m et résultat en mm	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ $\Delta = \pm (5 + [s - 16]/4) \text{ mm}$, avec s en m et résultat en mm
8	Butées :	Position relative des butées au niveau de la même extrémité, mesurée dans le sens du chemin de roulement	$\Delta = \pm s / 1\,000$ mais $\Delta \leq \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm s / 1\,000$ mais $\Delta \leq \pm 10 \text{ mm}$
9	Inclinaison de rails opposés  $ \Delta = N_1 - N_2 $ Légende N_1 Inclinaison $A_1 B_1$ N_2 Inclinaison $A_2 B_2$ L Distance entre appuis successifs	Décalage	$\Delta = L / 500$	$\Delta = L / 1\,000$

D.2.22 Tolérances fonctionnelles de montage — Positions des poteaux

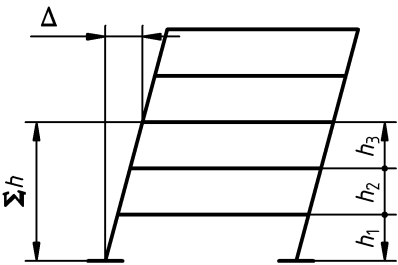
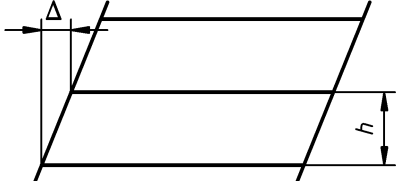
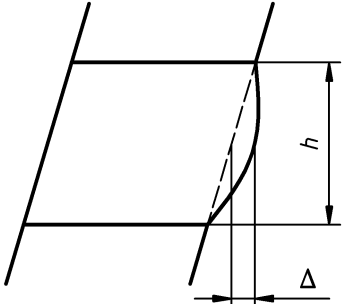
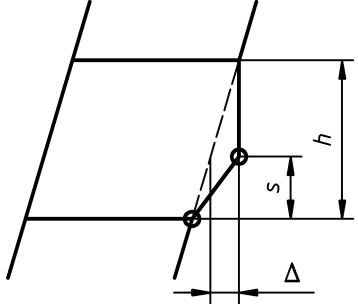
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Emplacement</p> 	<p>Position en plan de l'axe du poteau au niveau de sa base, par rapport au point de référence (PR) de la position</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
2	<p>Longueur hors-tout d'un bâtiment :</p> 	<p>Distance entre poteaux d'extrémité dans chaque file, au niveau de base :</p> <p>$L \leq 30 \text{ m}$ $30 \text{ m} < L < 250 \text{ m}$ $L \geq 250 \text{ m}$</p>	<p>$\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,25 (L + 50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1 (L + 500) \text{ mm}$ [L en mètres]</p>	<p>$\Delta = \pm 16 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2 (L + 50) \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,1 (L + 350) \text{ mm}$ [L en mètres]</p>
3	<p>Espacement des poteaux :</p> 	<p>Entraxe entre poteaux adjacents au niveau de leur base :</p> <p>$L \leq 5 \text{ m}$ $L > 5 \text{ m}$</p>	<p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2 (L + 45) \text{ mm}$ [L en mètres]</p>	<p>$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 0,2 (L + 30) \text{ mm}$ [L en mètres]</p>
4	<p>Alignement des axes de poteaux :</p> 	<p>Position du centre du poteau au niveau de sa base, par rapport à la file de poteaux établie (ECL)</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$
5	<p>Alignement des faces de poteaux périphériques :</p> 	<p>Position de la face extérieure d'un poteau, au niveau de sa base, par rapport à la ligne joignant les faces des poteaux adjacents</p>	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 7 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.23 Tolérances fonctionnelles de montage — $\boxed{A_1}$ Poteaux de bâtiments à un seul niveau $\boxed{A_1}$

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Inclinaison $\boxed{A_1}$ en général de poteaux de bâtiments à un seul niveau $\boxed{A_1}$:</p> 	Inclinaison totale	$\Delta = \pm h/300$	$\Delta = \pm h/500$
2	<p>Inclinaison de poteaux de portiques pris séparément dans des bâtiments à un seul niveau :</p> 	<p>Inclinaison Δ de chaque poteau :</p> $\Delta = \Delta_1 \text{ ou } \Delta_2$	$\Delta = \pm h/150$	$\Delta = \pm h/300$
3	<p>Inclinaison de portiques de bâtiments à un seul niveau :</p> 	<p>Inclinaison moyenne Δ de tous les poteaux dans le même portique :</p> <p>[Pour deux poteaux : $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$]</p>	$\Delta = \pm h/500$	$\Delta = \pm h/500$
4	<p>Inclinaison d'un poteau de portique avec pont roulant :</p> 	Inclinaison entre niveau du sol et appui d'un chemin de roulement	$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 15 \text{ mm}$

D.2.24 Tolérances fonctionnelles de montage — Poteaux dans une structure à plusieurs niveaux

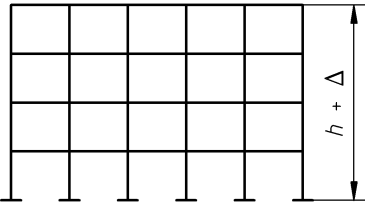
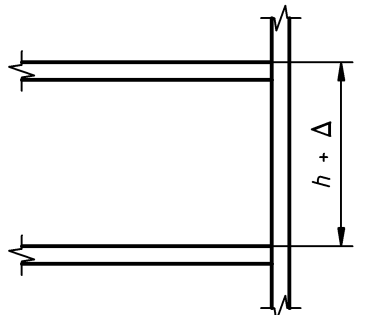
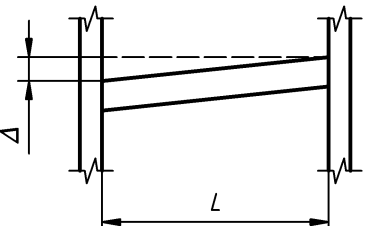
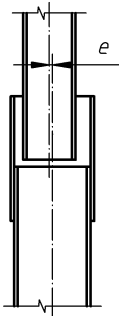
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Position à chaque niveau de plancher, par rapport à celle au niveau de sa base : 	Position du poteau dans le plan, par rapport à une verticale traversant son axe au niveau de sa base :	$\Delta = \pm \Sigma h / (300\sqrt{n})$	$\Delta = \pm \Sigma h / (500\sqrt{n})$
2	Inclinaison d'un poteau, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Emplacement du poteau dans le plan, par rapport à une ligne verticale passant par son axe au niveau inférieur suivant	$\Delta = \pm h / 500$	$\Delta = \pm h / 1\,000$
3	Rectitude d'un poteau continu, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Position du poteau dans le plan, par rapport à une ligne droite entre points de repère à des niveaux de plancher adjacents	$\Delta = \pm h / 750$	$\Delta = \pm h / 1\,000$
4	Rectitude de l'éclissage d'un poteau, entre des niveaux de plancher adjacents : 	Emplacement du poteau dans le plan au niveau de l'éclisse, par rapport à une ligne droite entre points de repère à des niveaux de plancher adjacents :	$\Delta = \pm s / 750$ avec $s \leq h/2$	$\Delta = \pm s / 1\,000$ avec $s \leq h/2$

NOTE Le Tableau D2.24 Poteaux dans les structures à plusieurs niveaux s'applique à ceux qui sont continus sur plus d'un niveau.

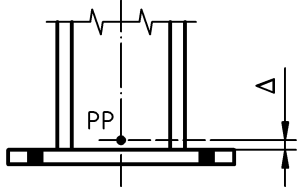
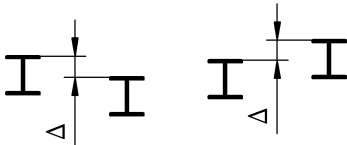
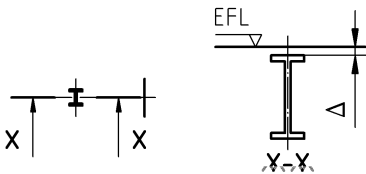
Le Tableau D2.23 Poteaux dans une structure à un seul niveau s'applique aux poteaux hauts d'un niveau dans des bâtiments à plusieurs niveaux.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

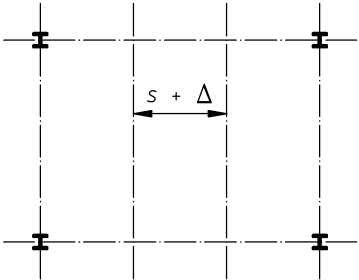
D.2.25 Tolérances fonctionnelles de montage — Bâtiments

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	<p>Hauteur :</p> 	<p>Hauteur hors-tout, par rapport au niveau de base :</p> <p>$h \leq 20$ m $20 \text{ m} < h < 100$ m $h \geq 100$ m</p>	<p>$\Delta = \pm 20$ mm $\Delta = \pm 0,5 (h + 20)$ mm $\Delta = \pm 0,2 (h + 200)$ mm [h en mètres]</p>	<p>$\Delta = \pm 10$ mm $\Delta = \pm 0,25 (h + 20)$ mm $\Delta = \pm 0,1 (h + 200)$ mm [h en mètres]</p>
2	<p>Hauteur des étages :</p> 	<p>Hauteur par rapport aux niveaux adjacents</p>	<p>$\Delta = \pm 10$ mm</p>	<p>$\Delta = \pm 5$ mm</p>
3	<p>Pente :</p> 	<p>Niveau à l'extrémité opposée d'une poutre</p>	<p>$\Delta = \pm L / 500$ mais $\Delta \leq 10$ mm</p>	<p>$\Delta = \pm L / 1\,000$ mais $\Delta \leq 5$ mm</p>
4	<p>Eclissage de poteau :</p> 	<p>Excentricité fortuite e (selon l'un ou l'autre des axes) :</p>	<p>5 mm</p>	<p>3 mm</p>

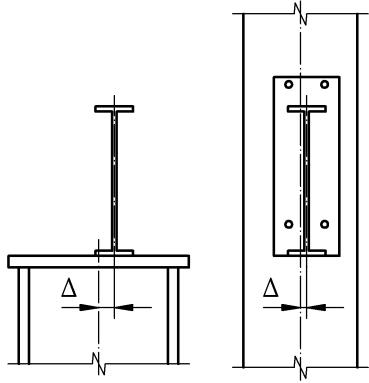
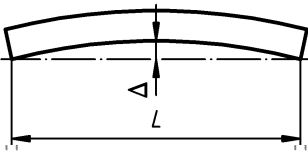
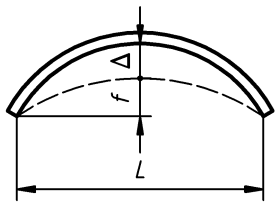
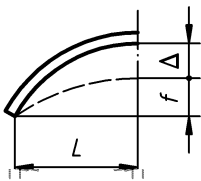
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
5	Pied de poteau : 	Le niveau du pied de poteau, par rapport au niveau spécifié de son point de repère (PP)	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
6	Niveaux relatifs : 	Niveaux de poutres adjacentes, mesurés aux extrémités correspondantes	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
7	Niveaux d'assemblage : 	Niveau de la poutre au droit d'un assemblage poutre-poteau, mesuré par rapport au niveau d'étage tel que construit (EFL)	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$
NOTE 1 Il convient de mesurer les niveaux des poutres par rapport aux niveaux de planchers établis [le meilleur ajustement aux niveaux de plancher spécifiés, réglés pour les tolérances de hauteur des poteaux]. NOTE 2 $\sqrt{A_1}$ Les notations telles que $\Delta = \pm L / 500$ mais $ \Delta \leq 5 \text{ mm}$ signifient que $ \Delta $ est la <i>plus petite</i> valeur entre $L / 500$ et 5 mm. $\sqrt{A_1}$				

D.2.26 Tolérances fonctionnelles de montage — Poutres de bâtiments

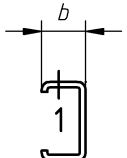
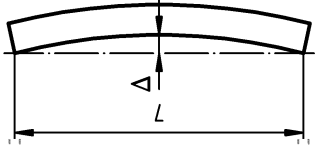
N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
1	Espacement : 	Écart Δ par rapport à la distance prévue entre des poutres voisines, mesuré à chaque extrémité	$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ	
			Classe 1	Classe 2
2	<p>Position au droit d'un poteau :</p> 	<p>Écart Δ entre l'emplacement prévu d'un assemblage poutre-poteau, mesuré par rapport au poteau</p>	$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 3 \text{ mm}$
3	<p>Rectitude dans le plan :</p> 	<p>Écart Δ de rectitude d'une poutre ou d'une console de longueur L</p>	$\Delta = \pm L / 500$	$\Delta = \pm L / 1\,000$
4	<p>Contreflèche :</p> 	<p>Écart Δ à mi-portée par rapport à la contreflèche prévue f d'une poutre ou d'un élément de treillis de longueur L :</p>	$\Delta = \pm L / 300$	$\Delta = \pm L / 500$
5	<p>Préréglage de la partie en porte à faux d'une poutre avec porte à faux :</p> 	<p>Écart Δ par rapport au préréglage prévu à l'extrémité d'une poutre en console de longueur L :</p>	$\Delta = \pm L / 200$	$\Delta = \pm L / 300$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

D.2.27 Tolérances fonctionnelles de montage — Tôle de toiture pour collaboration des parois

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	<p>Écart de fixation (par rapport à la ligne de fixation prévue) 1)</p> 	Largeur de l'aile de la panne : b	$\Delta = \pm b / 10$ $ \Delta \geq 5 \text{ mm}$
2	<p>Rectitude d'une panne de soutien (dans le plan de toiture) :</p> 	Portée de la panne : L	$\Delta = \pm L / 300$

D.2.28 Tolérances fonctionnelles de montage — Couverture en tôles d'acier profilées

N°	Critère	Paramètre	Écart autorisé Δ
1	Largeur hors tout des tôles profilées	Largeur hors tout b de tôles d'acier profilées mesurée sur une distance de 10 m	$\Delta \leq \pm 200 \text{ mm}$

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe E

(informative)

Assemblages soudés de profils creux

E.1 Généralités

La présente annexe donne des recommandations pour l'exécution des assemblages soudés de profils creux.

E.2 Guide pour les positions de départ et d'arrêt

Le présent guide peut être utilisé pour des assemblages en ligne :

- a) il convient de choisir les positions d'arrêt et de départ de soudures pour des assemblages en ligne par couvre-joints dans des membrures de façon que ces positions ne soient pas situées sous une soudure ultérieure entre une entretoise et une membrure ;
- b) il convient que les positions d'arrêt et de départ pour les soudures entre deux profils creux carrés ou rectangulaires en ligne ne se situent pas au droit ou à proximité des angles.

Le présent guide peut être utilisé pour d'autres assemblages :

- c) il convient que les positions d'arrêt et de départ ne se situent pas sur ou au voisinage du point d'arçon ou des points de quartier d'un assemblage en gueule de loup de deux profils creux circulaires conformément à la Figure E.1 ;
- d) il convient que les positions d'arrêt et de départ ne se situent pas sur ou au voisinage des angles d'un assemblage entre une entretoise en profil creux carré ou rectangulaire et une membrure en profil creux;
- e) la séquence de soudage recommandée pour le soudage d'assemblages entretoise-membrure est indiquée à la Figure E.1 ;
- f) il convient que le soudage entre des profils creux soit réalisé tout autour, même si cette longueur totale de soudure n'est pas nécessaire pour des raisons de résistance mécanique.

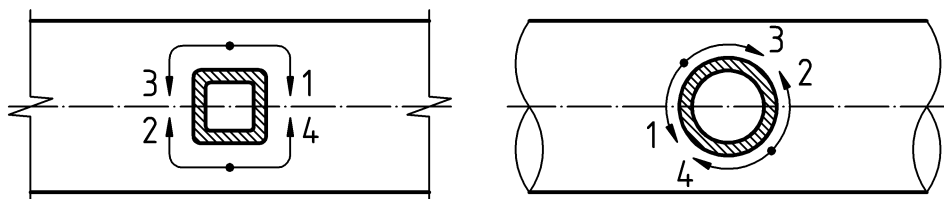


Figure E.1 — Positions de départ et d'arrêt et séquence de soudage



E.3 Préparation des bords à souder

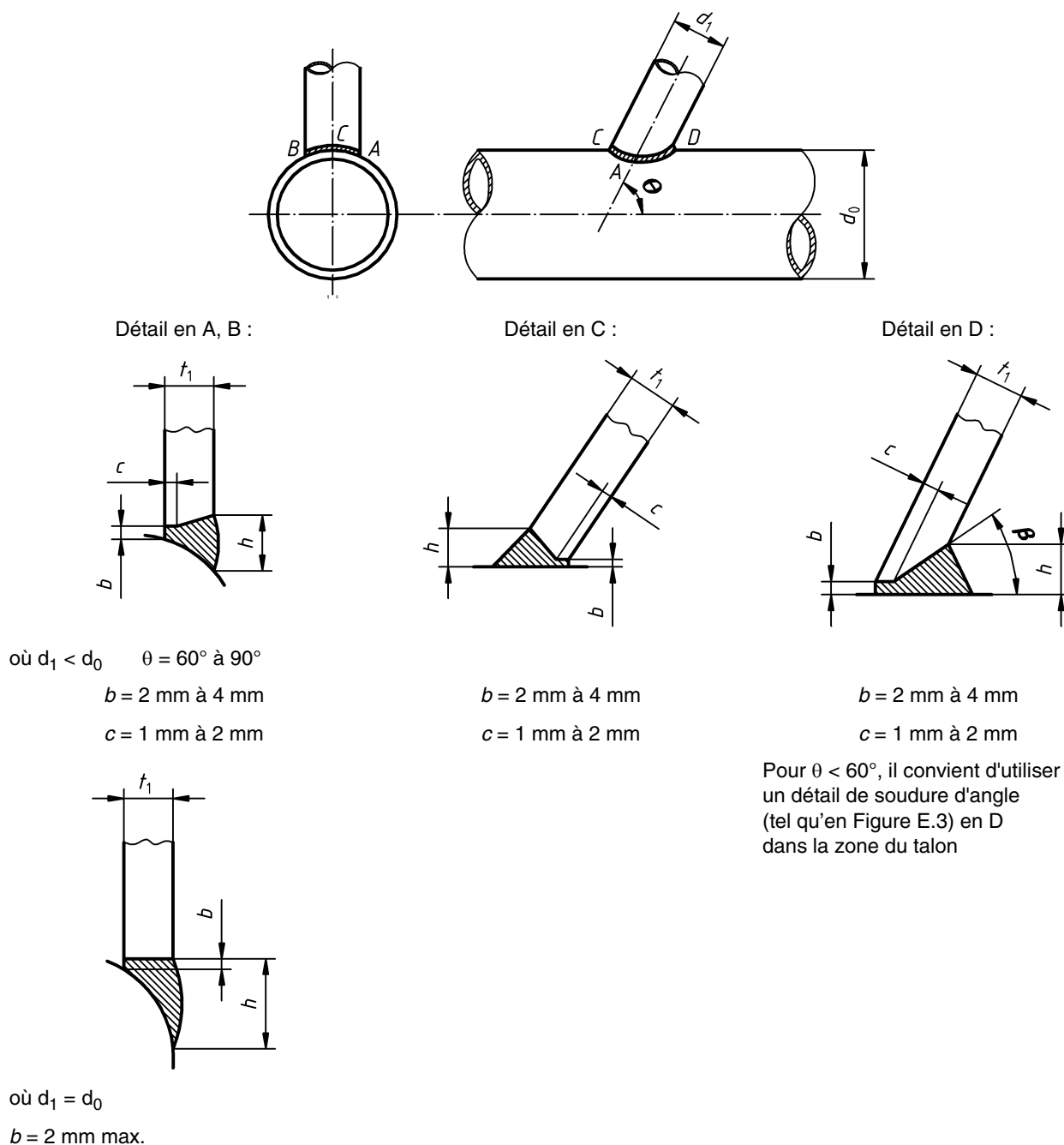
En référence à 7.5.1.2, des exemples d'application de l'EN ISO 9692-1 à des assemblages entretoise-membrure entre profils creux sont donnés dans les Figures E.2 à E.5.

Les recommandations concernant la préparation et l'ajustage des bords pour les assemblages avec coupe d'onglet à pleine pénétration sont identiques localement à celles concernant les soudures bout à bout entre deux éléments alignés, qui préconisent notamment l'augmentation de l'angle de chanfrein sur la partie interne de l'assemblage et sa réduction sur la partie externe comme indiqué dans la Figure E.6.

E.4 Assemblage en vue du soudage

Conformément à 7.5.4, l'assemblage d'éléments en profils creux à souder doit satisfaire aux exigences suivantes :

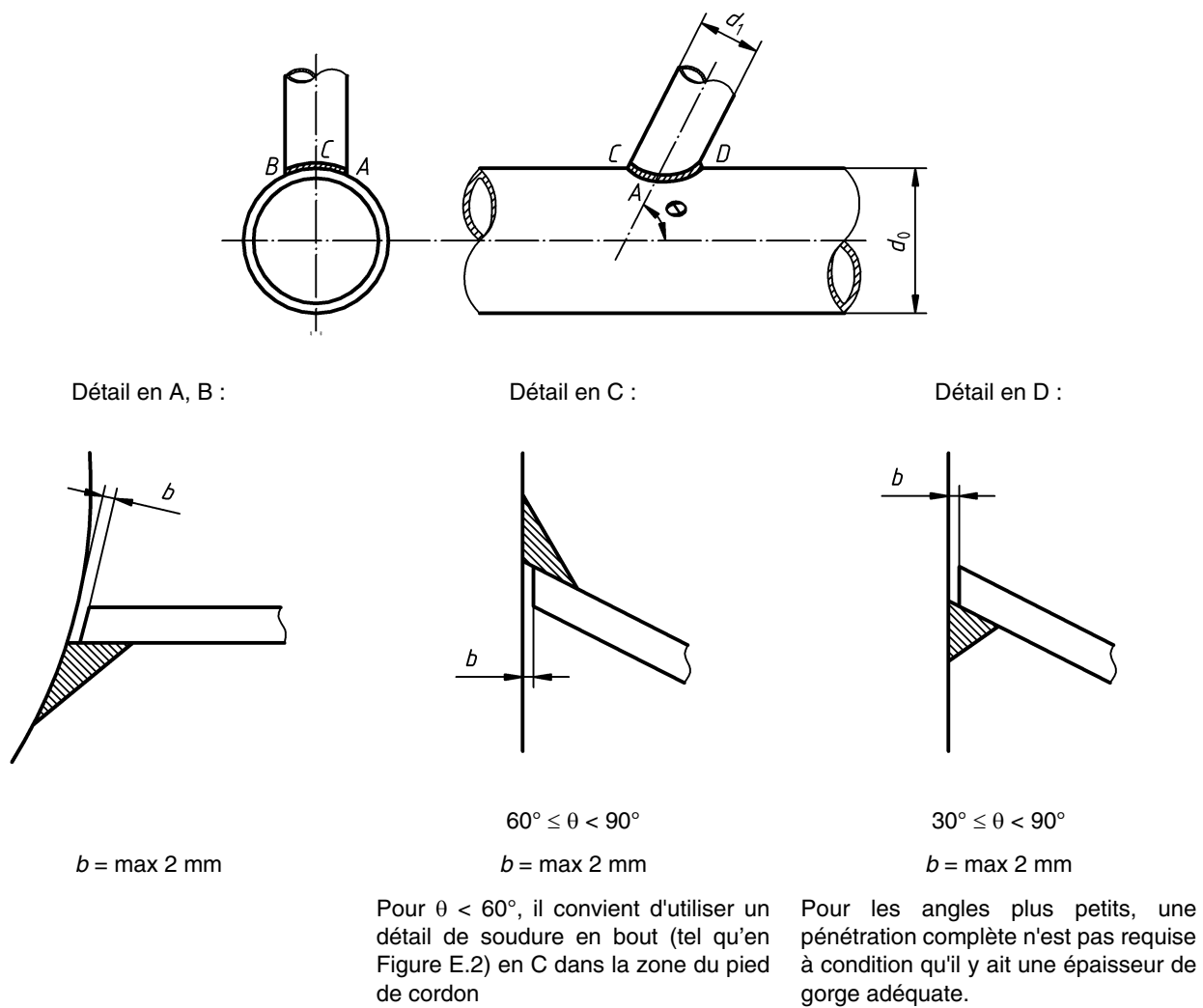
- un assemblage utilisant un soudage sans recouvrement des différents éléments est préférable (cas A de la Figure E.7) ;
- il convient d'éviter l'assemblage d'éléments qui se recouvrent ; si nécessaire le cas B de la Figure E.7 est acceptable ;
- si des éléments se recouvrent (comme dans le cas B), les détails du soudage doivent spécifier quels éléments doivent être découpés pour s'ajuster autour des autres éléments ;
-  il n'est pas nécessaire de souder la zone masquée de raccordement (comme dans le cas B), sauf spécification contraire. 



NOTE Application du cas 1.4 de l'EN ISO 9692-1 aux profils creux circulaires.

**Figure E.2 — Préparation et ajustage des bords à souder —
Soudures bout à bout dans des assemblages entretoise-membrure à profils creux circulaires**

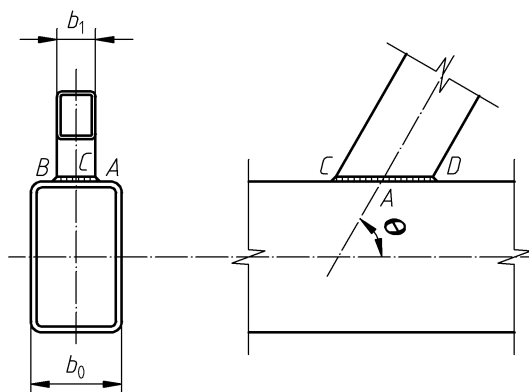
EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



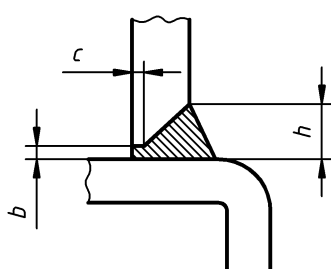
NOTE Application du cas 3.1.1 de l'EN ISO 9692-1 aux profils creux circulaires.

**Figure E.3 — Préparation et ajustage des bords à souder —
Soudures d'angle dans des assemblages entretoise-membrure à profils creux circulaires**

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



Détail en A, B :

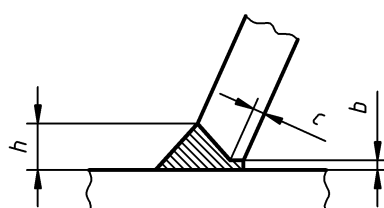


où $b_1 < b_0$

$b = 2 \text{ mm à } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm à } 2 \text{ mm}$

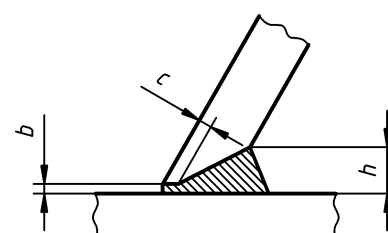
Détail en C :



$b = 2 \text{ mm à } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm à } 2 \text{ mm}$

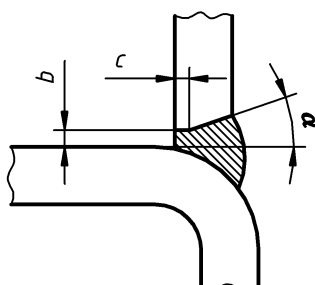
Détail en D :



$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$

$b = 2 \text{ mm à } 4 \text{ mm}$

$c = 1 \text{ mm à } 2 \text{ mm}$



où $b_1 = b_0$

$b = 2 \text{ mm max.}$

$c = 1 \text{ mm à } 2 \text{ mm}$

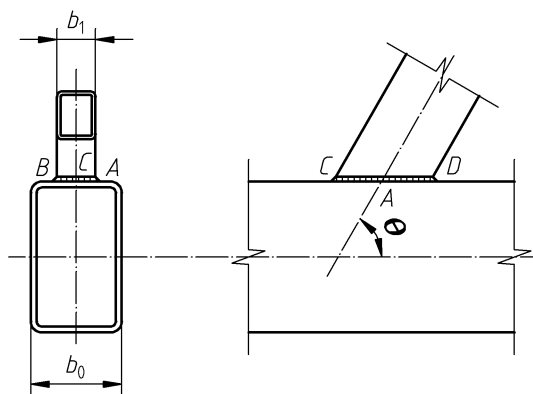
$\alpha = 20^\circ \text{ à } 25^\circ$

Pour $\theta < 60^\circ$, un détail de soudure d'angle (tel qu'en Figure E.5) est préférable au détail en D dans la zone du talon.

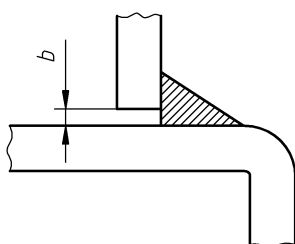
NOTE Application du cas 1.4 de l'EN ISO 9692-1 aux profils creux carrés ou rectangulaires.

**Figure E.4 — Préparation et ajustage des bords à souder —
Soudures bout à bout dans des assemblages entretoise-membrure
à profils creux carrés ou rectangulaires**

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

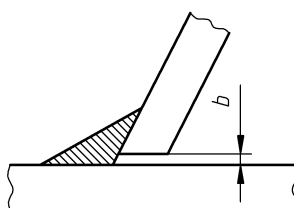


Détail en A, B :



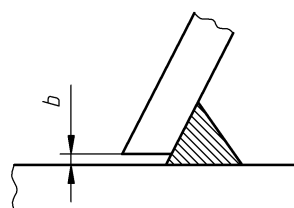
où $b_1 < b_0$
 $b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

Détail en C :



$60^\circ \leq \theta < 90^\circ$
 $b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

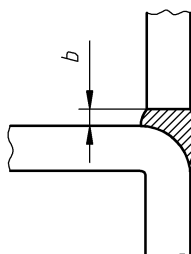
Détail en D :



$30^\circ \leq \theta < 90^\circ$
 $b = \text{max. } 2 \text{ mm}$

Pour $\theta < 60^\circ$, il convient d'utiliser un détail de soudure bout à bout (tel qu'en Figure E.4) en C dans la zone du pied de cordon.

Pour les angles les plus petits, une pénétration complète n'est pas nécessaire à condition qu'il y ait une épaisseur de gorge adéquate.



où $b_1 = b_0$
 $b = 2 \text{ mm max.}$

NOTE Application du cas 3.101 de l'EN ISO 9692-1 aux profils creux carrés ou rectangulaires.

**Figure E.5 — Préparation et ajustage des bords à souder —
Soudures d'angles dans des assemblages entretoise-membrure
à profils creux carrés ou rectangulaires**

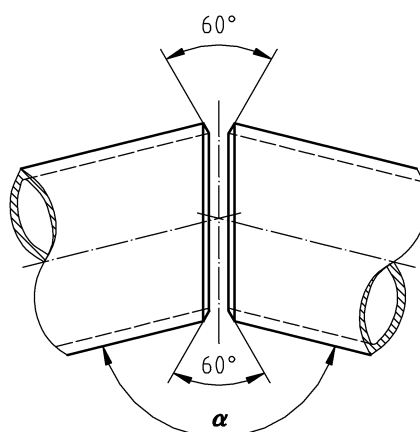
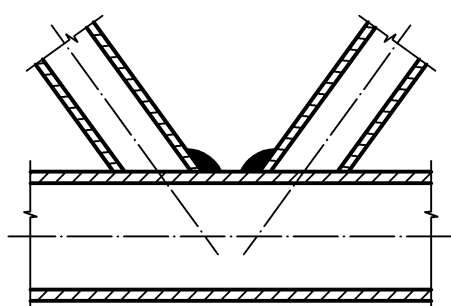
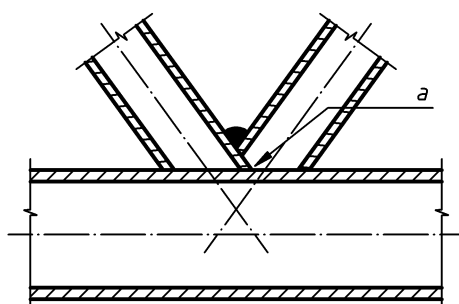


Figure E.6 — Préparation et ajustage des bords à souder pour les assemblages avec coupe d'onglet de profils creux



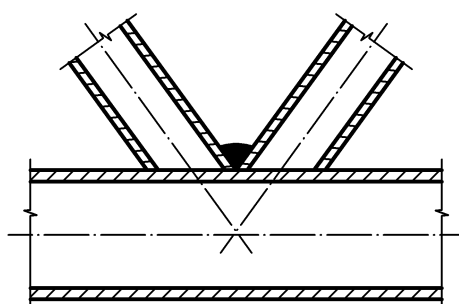
Éléments séparés
Soudures sans recouvrement
DÉTAIL PRÉFÉRÉ

Cas A



a = il n'est pas nécessaire de souder la zone masquée, sauf spécification contraire.

Éléments à recouvrement
DÉTAIL ACCEPTABLE
Cas B



Éléments séparés
mais soudures à recouvrement
DÉTAIL À ÉVITER

Cas C

Figure E.7 — Assemblage de deux éléments entretoise à un élément membrure

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

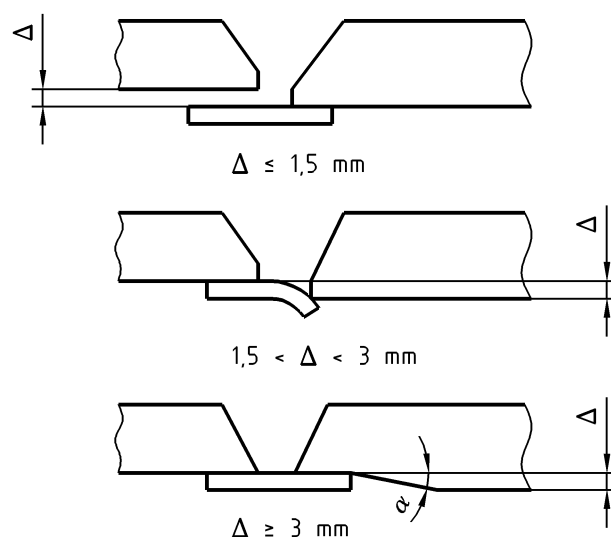
Pour les assemblages qui ne sont pas soumis de façon significative à un chargement dynamique, les écarts d'alignement suivants, à la racine, peuvent être permis entre les arêtes ou les talons des assemblages à pleine pénétration entre des éléments de profils creux.

- a) 25 % de l'épaisseur du produit constitutif le plus mince pour un matériau d'épaisseur ≤ 12 mm ;
- b) 3 mm pour tout matériau d'épaisseur supérieure à 12 mm.

Cet alignement peut être obtenu par usinage des extrémités pour corriger les variations d'épaisseurs de parois ainsi que l'ovalisation ou les défauts d'équerrage des profils creux, à condition que l'épaisseur de matériau restante soit conforme à la valeur minimale spécifiée.

Pour les assemblages à pleine pénétration entre des profils creux alignés d'épaisseur différente, il est possible de raccorder les épaisseurs en suivant les indications suivantes conformément à la Figure E.8 :

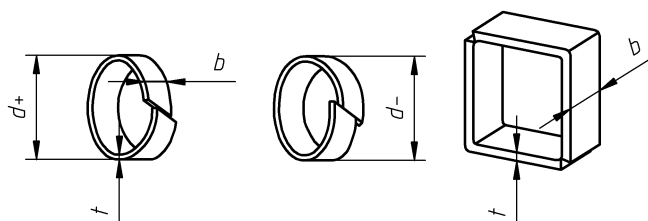
- a) si la différence d'épaisseur ne dépasse pas 1,5 mm, aucune mesure particulière n'est nécessaire ;
- b) si la différence d'épaisseur ne dépasse pas 3 mm, il est possible de donner au support envers une forme permettant de compenser la différence (il est possible de procéder à un formage à chaud local du matériau envers) ;
- c) si la différence dépasse 3 mm, il convient de d'amincir la paroi de l'élément le plus épais, selon une pente maximale de 1/4.



Les symboles Δ et α signifient : Δ = différence d'épaisseur ; $\tan \alpha$ = pente, qui ne doit pas dépasser 1/4.

Figure E.8 — Détails de support envers pour des éléments d'épaisseur différente

Si l'utilisation d'une partie de la structure en acier comme support envers n'est pas appropriée, il est recommandé de se reporter à la Figure E.9 qui fournit des indications sur les formes qui conviennent pour les bagues ou les supports envers.



Épaisseur t : 3 mm à 6 mm

Largeur b : 20 mm à 25 mm

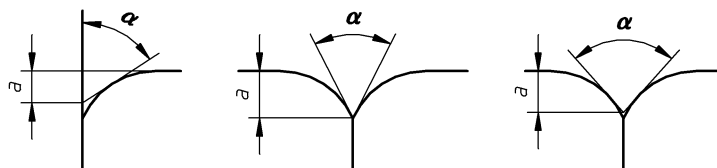
Figure E.9 — Formes appropriées pour bagues ou supports envers

E.5 Assemblages par soudure d'angle

Pour les assemblages entretoise-membrure, il convient de choisir le mode opératoire de soudage et le profil local d'écartement des bords de la soudure de manière à assurer une transition douce entre les parties de la soudure qui correspondent à des soudures à pleine pénétration (qui doivent normalement être conformes aux Figures E.2 et E.4) et les parties qui correspondent à des soudures d'angle (qui doivent normalement être conformes aux Figures E.3 et E.5).

Pour les soudures évasées, il convient que l'angle d'ouverture de la préparation de soudure soit supérieur à 60° pour la hauteur efficace de la soudure, comme indiqué dans la Figure E.10.

Ici, le symbole α signifie : Angle d'ouverture de 60° .



Détermination de la hauteur efficace maximale de la soudure, a , sans renfort basé sur l'angle d'ouverture, α , de 60° .

**Figure E.10 — Soudure en gouttière évasée
assemblant deux éléments en profils creux carrés/rectangulaires**

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe F

(normative)

Protection contre la corrosion



F.1 Généralités

F.1.1 Domaine d'application

La présente annexe contient des exigences et des recommandations concernant l'exécution de la protection contre la corrosion, réalisée hors chantier et/ou sur chantier, sur des éléments en acier, à l'exception des aciers inoxydables. Le domaine d'application est la protection contre la corrosion au moyen d'une préparation de surface et l'application de systèmes de peintures ou de revêtements métalliques par projection thermique ou par galvanisation. La protection cathodique n'y est pas incluse.

Les exigences pour la protection contre la corrosion doivent être données dans le cahier des charges d'exécution en termes de spécification de performance ou sous forme d'exigences de performance pour le traitement de protection devant être utilisé.

NOTE 1 L'EN ISO 12944-8 donne des recommandations concernant l'élaboration de spécifications relatives à la protection contre la corrosion au moyen de peintures.

NOTE 2  Les lignes directrices relatives à l'application de revêtements de poudre sur un acier galvanisé sont données dans l'EN 13438 et l'EN 15773. 

La présente annexe ne couvre pas la protection contre la corrosion des câbles et accessoires..



NOTE 3 Voir l'Annexe A de l'EN 1993-1-1:2006.

F.1.2 Prescription de performance

La prescription de performance doit spécifier :

- a) la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion (voir l'EN ISO 12944-1) et
- b) la catégorie de corrosivité (voir l'EN ISO 12944-2) ;

La prescription de performance peut aussi préciser une préférence pour la peinture, la projection thermique ou la galvanisation.

NOTE  En termes de performance, l'EN ISO 4628 peut être utilisée pour évaluer la dégradation des peintures et produits assimilés. 

F.1.3 Exigences

Si la durée de vie prévue d'une protection contre la corrosion et une catégorie de corrosivité sont spécifiées, des exigences doivent être établies pour y satisfaire. Sinon, le cahier des charges d'exécution doit définir les exigences donnant les détails des points suivants, selon le cas :

- a) préparation de surface des éléments d'acier fabriqués à peindre (voir F.2.1) ;
- b) préparation de surface des éléments d'acier fabriqués pour une projection thermique (voir l'EN 14616 et le paragraphe F.2.1) ;
- c) préparation de surface des éléments d'acier fabriqués pour une galvanisation (voir F.2.2) ;
- d) procédés pour la préparation de surface des éléments de fixation (voir F.5) ;
- e) système de peinture conforme à l'EN ISO 12944-5 et/ou produits de peinture dont les performances ont été évaluées conformément à l'EN ISO 12944-6. Cela peut inclure les exigences relatives aux revêtements décoratifs ultérieurs et aux restrictions concernant le choix des couleurs pour les produits de revêtement ;

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- f) méthodes de travail pour l'application initiale de produits de peinture et les réparations (voir l'EN ISO 12944-8 et F.6.1) ;

NOTE Les réparations sur chantier des revêtements appliqués en atelier peuvent nécessiter une attention particulière.

- g) projection thermique (voir F.6.2) ;
h) galvanisation (voir F.6.3) ;
i) exigences particulières pour les contrôles et les vérifications (voir F.7) ;
a) exigences particulières concernant les interfaces bimétalliques ;
a) exigences particulières pour les plaques formées à froid.

F.1.4 Méthode de travail

La protection contre la corrosion doit être mise en œuvre conformément à des méthodes de travail basées sur un plan qualité et conformes aux articles F.2 à F.6 selon le cas. Le plan qualité peut être mis au point à partir des exigences données au F.1.3.

Les méthodes de travail doivent préciser si les travaux doivent être entrepris avant ou après la fabrication.

Les produits de protection contre la corrosion doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant. Les procédures de stockage et de manutention doivent garantir que les produits de peinture à utiliser sont dans les limites de leur durée de conservation et d'utilisation, une fois ouverts ou mélangés.

Les produits peints, revêtus par projection thermique ou galvanisés à chaud doivent être manipulés, stockés et transportés avec le plus grand soin afin d'éviter d'endommager leurs surfaces. Les matériaux d'emballage, de colisage et autres utilisés pour la manutention et le stockage doivent en général être non métalliques.

Un espace adéquat bien aéré, protégé contre les effets des intempéries, de l'humidité et des influences d'autres travaux de revêtement doit être fourni pour permettre aux peintures de sécher à un degré suffisant et éviter la corrosion des revêtements métalliques.

Toute opération de manutention, de stockage ou de transport est interdite tant que le système de revêtement n'a pas séché à un degré acceptable.

Le temps de séchage ne doit pas être inférieur à celui recommandé par le fabricant du produit..

Les modes opératoires de réparation doivent être adaptés aux détériorations subies lors des opérations de manutention et de stockage.

F.2 Préparation de surface des aciers au carbone

F.2.1 Préparation de surface des aciers au carbone avant peinture et métallisation

La préparation des surfaces doit être conforme aux EN ISO 12944 -4 et EN ISO 8501.

Des essais de modes opératoires doivent être effectués pour les procédés de décapage par projection afin de déterminer le degré de propreté et la rugosité de surface réalisables. Ces essais doivent être répétés périodiquement en cours de production.

Les résultats des essais de modes opératoires des procédés de décapage par projection doivent permettre d'établir qu'un procédé convient à l'application de revêtement ultérieur.

Le mesurage et l'évaluation de la rugosité des surfaces doivent être réalisés conformément aux EN ISO 8503-1 et EN ISO 8503-2.

Si des matériaux revêtus doivent subir un autre traitement, la préparation de surface doit convenir à ce traitement ultérieur.

NOTE 1 Le nettoyage à l'abrasif et le brossage ne conviennent pas aux éléments avec revêtement métallique ou organique sain. Toutefois, si des revêtements doivent être réparés, il est possible que l'élimination locale de débris ou de dépôts de corrosion soit nécessaire pour faire apparaître le subjectile en acier avant d'effectuer les réparations.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Une application de peinture sur une surface en acier revêtu de zinc nécessite une attention particulière pour le décapage de la surface. Les surfaces doivent être nettoyées (élimination de poussière et de graisse) et éventuellement traitées par application d'une peinture primaire réactive ou par un balayage à l'abrasif conformément à l'EN ISO 12944-4 jusqu'à une rugosité de surface «fine» conformément à l'EN ISO 8503-2. Le traitement préalable doit être vérifié avant d'appliquer un revêtement supplémentaire.

NOTE 2 Le feuillard en acier galvanisé prélaqué fait souvent l'objet d'une passivation au chromate.

F.2.2 Préparation de surface des aciers au carbone avant galvanisation

Sauf spécification contraire, la préparation des surfaces doit être conforme aux EN ISO 8501 et EN ISO 1461.

Avec un décapage chimique à l'acide effectué avant galvanisation, les aciers à haute résistance peuvent devenir sensibles à la fragilisation induite par l'hydrogène **A1** (voir l'EN ISO 14713-2) **A1**.

F.3 Soudures et surfaces à souder

Lorsqu'un élément doit être soudé ultérieurement, les surfaces de cet élément sur une distance de 150 mm autour de la soudure, ne doivent pas recevoir de revêtement qui altéreront la qualité de la soudure (voir également 7.5.1.1).

Les soudures et le métal de base voisin ne doivent pas être peints avant élimination du laitier, nettoyage, vérification et acceptation de la soudure (voir également 10.2 — Tableau 22).

F.4 Surfaces des assemblages précontraints

Pour les assemblages résistant au glissement, le cahier des charges d'exécution doit spécifier les exigences concernant les surfaces de frottement et la classe de traitement ou les essais requis (voir 8.4 et 12.5.2.1).

Pour les assemblages précontraints dont la résistance au glissement n'est pas requise, l'étendue des surfaces concernées par les boulons précontraints doit être spécifiée. Si les surfaces de contact doivent être peintes avant assemblage, l'épaisseur du film sec doit être comprise entre 100 µm et 75 µm. Après assemblage et mise en précontrainte, les assemblages doivent être nettoyés et finalement peints avec le système approprié.

F.5 Préparation des éléments de fixation

La spécification relative aux éléments de fixation doit être compatible avec :

- a) le classement de protection contre la corrosion spécifié pour les travaux ou pour une partie des travaux ;
- b) le matériau et le type de fixation ;
- c) les matériaux en contact avec l'élément de fixation mis en place et les revêtements de ces matériaux ;
- d) la méthode de serrage de l'élément de fixation ;
- e) la nécessité ultérieure de réparation du revêtement de l'élément de fixation après serrage.

Aucun traitement des éléments de fixation après leur mise en place ne doit être entrepris avant l'exécution de leur contrôle.

La partie scellée des tiges d'ancrage doit être protégée sur au moins les premiers 50 mm sous la surface finie de béton. Les parties restantes de l'acier ne doivent pas être traitées, sauf spécification contraire (voir l'EN ISO 12944-3).

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

F.6 Méthodes de revêtement

F.6.1 Peinture

L'état de surface des éléments doit être vérifié immédiatement avant l'application de peinture afin de s'assurer qu'il est conforme aux spécifications requises, à l'EN ISO 12944-4, à l'EN ISO 8501 et à l'EN ISO 8503-2, ainsi qu'aux instructions du fabricant relatives au produit à appliquer

La peinture doit être effectuée conformément à l'EN ISO 12944-7.

Lorsque plusieurs couches doivent être appliquées, une teinte différente doit être utilisée pour chaque couche.

[A1] Les structures ayant une durée de vie prévue de la protection contre la corrosion supérieure à cinq ans et une catégorie de corrosivité C3 (et supérieure) doivent avoir des arêtes arrondies ou chanfreinées conformément à l'EN ISO 12944-3. À défaut, les arêtes doivent être protégées par un revêtement supplémentaire s'étendant sur **[A1]** environ 25 mm de part et d'autre des arêtes et appliqué avec une épaisseur nominale appropriée au système de revêtement.

On ne doit pas effectuer des travaux si :

- la température ambiante est inférieure à celle indiquée dans les recommandations du fabricant pour le produit à appliquer ;
- les surfaces à revêtir sont humides ;
- la température des surfaces à revêtir est inférieure à 3 °C au dessus du point de rosée, sauf spécification contraire dans la fiche technique du produit.

Après application, les surfaces peintes doivent être protégées contre l'accumulation d'eau pendant une durée conforme aux exigences de la fiche-produit.

Le regroupement des éléments peints en fardeaux ne doit pas être effectué avant la fin de la durée de durcissement indiquée par le fabricant. Un espace approprié, bien ventilé et protégé contre les intempéries, doit être prévu pour permettre au revêtement de durcir suffisamment. Des mesures appropriées doivent être prises pour éviter toute détérioration du revêtement pendant le conditionnement et la manutention.

NOTE Les éléments formés à froid sont souvent produits sous forme de profils emboîtables. Le conditionnement des éléments en fardeaux imbriqués attachés avant que le revêtement de peinture n'ait suffisamment durci peut entraîner des détériorations.

F.6.2 Métallisation

La métallisation par projection thermique doit être effectuée au zinc, à l'aluminium ou à l'alliage zinc/aluminium 85/15 et conformément à l'EN ISO 2063.

Les surfaces ayant reçu une métallisation par projection thermique doivent être traitées avec un produit de colmatage approprié avant recouvrement de peinture conformément à F.6.1 Le produit de colmatage doit être compatible avec la peinture de recouvrement et doit être appliqué immédiatement après le refroidissement du revêtement de métallisation afin d'éviter l'oxydation ou de piéger l'humidité.

F.6.3 Galvanisation

La galvanisation doit être effectuée conformément à l'EN ISO 1461.

La surface galvanisée des éléments formés à froid doit être obtenue à partir de feuillards préalablement revêtus ou par galvanisation à chaud après fabrication.

NOTE 1 Les masses, finitions et qualités de surface des revêtements sont précisées dans l'**[A1]** EN 10346 **[A1]**.

Si une galvanisation à chaud après fabrication est spécifiée, celle-ci doit être effectuée conformément à l'EN ISO 1461 et les exigences relatives à la qualification du mode opératoire du procédé de galvanisation doivent être spécifiées.

NOTE 2 Les éléments minces formés à froid présentent souvent un manque inhérent de raideur. Les éléments minces longs peuvent être sensibles à la torsion due à la relaxation des contraintes à la température élevée du bain de zinc.

Les exigences relatives au contrôle, à la vérification ou à la qualification de la préparation à effectuer avant un recouvrement de peinture ultérieur doivent être spécifiées.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

F.7 Contrôles et vérifications

F.7.1 Généralités

Les contrôles et les vérifications doivent être effectués conformément au plan qualité et aux paragraphes F.7.2 à F.7.4. Le cahier des charges d'exécution doit spécifier les éventuelles exigences relatives à des contrôles et essais supplémentaires.

Les contrôles et vérifications, y compris la vérification de routine conforme à F.7.2, doivent être enregistrés.

F.7.2 Vérification de routine

La vérification de routine de la protection contre la corrosion doit inclure :

- a) des vérifications pour s'assurer que les surfaces en acier préparées, devant recevoir un traitement de protection contre la corrosion, sont conformes au niveau spécifié de propreté (évaluation conformément à l'EN ISO 8501) et à la rugosité de surface spécifiée (évaluation conformément à l'EN ISO 8503-2) ;
- b) des mesures d'épaisseur de :
 - 1) de chaque couche du revêtement de peinture conformément à $\overline{A_1}$ l'ISO 19840, mais lorsque la protection est assurée par une galvanisation, le revêtement de peinture doit être vérifié conformément à l'EN ISO 2808 ; $\overline{A_1}$
 - 2) projection thermique conformément à l'EN ISO 2063 ;
 - 3) galvanisation conformément à l'EN ISO 1461.
- c) contrôle visuel pour s'assurer que le traitement par peinture est conforme aux dispositions de l'EN ISO 12944-7.

F.7.3 Surfaces de référence

Conformément à l'EN ISO 12944-7, le cahier des charges d'exécution doit définir toutes surfaces de référence à utiliser pour établir le critère minimum acceptable pour les travaux. Sauf indication contraire, les surfaces de référence doivent être spécifiées pour les systèmes de protection contre la corrosion dans les catégories de corrosivité C3 à C5 et Im1 à Im3.

F.7.4 Éléments galvanisés

Sauf indication contraire, les éléments galvanisés doivent être soumis à un contrôle après galvanisation, en raison du risque de fragilisation induite par le métal en fusion (FIMF),

NOTE Des informations relatives à la FIMF sont données dans $\overline{A_1}$ [54], [55] et [56] $\overline{A_1}$.

La spécification des éléments doit préciser :

- a) les éléments qui ne nécessitent pas un contrôle après galvanisation ;
- b) les éléments ou les emplacements spécifiques qui doivent être soumis à un CND complémentaire, dont le domaine d'application et la méthode doivent être spécifiés.

Les résultats du contrôle après galvanisation doivent être enregistrés.

Si la preuve d'une fissuration est identifiée, l'élément et tous les éléments d'une forme semblable fabriqués avec des matériaux semblables et des détails de soudure semblables doivent être identifiés et placés en quarantaine comme produits non conformes. Un enregistrement photographique de la fissuration doit être réalisé et un mode opératoire spécifique doit être utilisé pour établir l'ampleur et l'origine du problème.

Annexe G

(normative)

Essai pour déterminer le coefficient de frottement

G.1 Généralités

Le but de cet essai est de déterminer le coefficient de frottement pour un traitement de surface particulier, impliquant souvent un revêtement de surface.

Le mode opératoire d'essai est destiné à s'assurer que la possibilité de déformation par fluage a été prise en compte.

La validité des résultats d'essai relatifs aux surfaces revêtues est limitée aux cas dans lesquels toutes les variables significatives sont similaires à celles des échantillons soumis à l'essai.

G.2 Variables significatives

Les variables suivantes doivent être considérées comme significatives sur les résultats d'essai :

- a) la composition du revêtement ;
- b) le traitement de surface et le traitement des couches primaires en cas de systèmes multi-couches, voir G.3 ;
- c) l'épaisseur maximale du revêtement, voir G.3 ;
- d) le mode opératoire de séchage ;
- e) l'intervalle de temps minimal entre l'application du revêtement et l'application de la charge sur l'assemblage ;
- f) la classe de qualité du boulon, voir G.6.

G.3 Éprouvettes d'essai

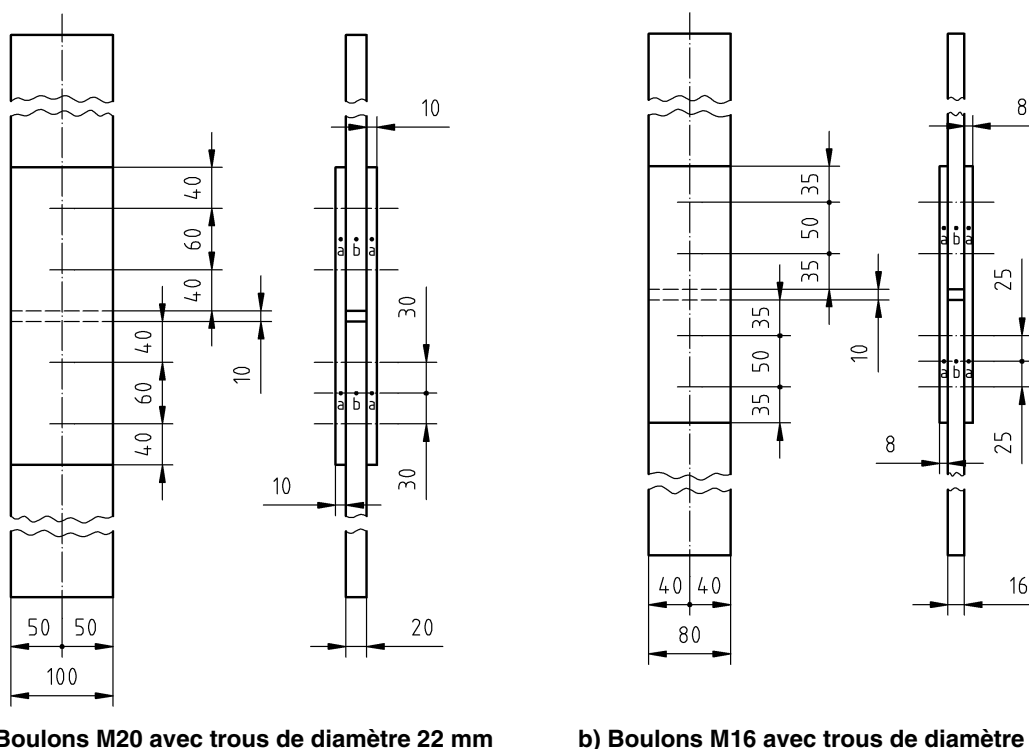
Les échantillons doivent être conformes aux détails dimensionnels indiqués dans la Figure G.1.

L'acier doit être conforme à l'EN 10025-2 à -6.

Afin que les deux plaques intérieures soient de même épaisseur, elles doivent être produites par coupe successive dans la même pièce et assemblées dans leurs positions relatives initiales.

Les plaques doivent présenter des bords coupés avec précision qui ne gênent pas le contact entre les surfaces des plaques. Les plaques doivent avoir une planéité suffisante pour permettre le contact entre les surfaces préparées après mise en précontrainte des boulons conformément à 8.1 et 8.5.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



a) Boulons M20 avec trous de diamètre 22 mm

b) Boulons M16 avec trous de diamètre 18 mm

Figure G.1 — Éprouvettes d'essai standardisées pour l'essai de coefficients de frottement

Le traitement de surface et le revêtement spécifiés doivent être appliqués sur les surfaces de contact des éprouvettes selon un procédé compatible avec l'application constructive prévue. L'épaisseur moyenne du revêtement sur la surface de contact des éprouvettes doit être supérieure d'au moins 25 % à l'épaisseur nominale spécifiée pour son utilisation dans la structure.

Le mode opératoire de séchage doit être documenté, soit par référence à des recommandations publiées soit par une description détaillée.

Les éprouvettes doivent être assemblées de telle sorte que les boulons soient en appui dans la direction opposée à la traction appliquée.

L'intervalle de temps (en heures) entre l'application du revêtement et les essais doit être enregistré.

Les boulons doivent être serrés à ± 5 % près de la précontrainte spécifiée, $F_{p,C}$, pour la dimension et la classe de qualité du boulon utilisé

La précontrainte dans les boulons doit être mesurée directement avec un équipement $\overline{A_1}$ ayant une précision de ± 4 %. $\overline{A_1}$

NOTE S'il est requis d'estimer les pertes de précontrainte des boulons dans la durée, les éprouvettes d'essai peuvent être laissées en l'état pendant une période spécifiée au terme de laquelle les précontraintes peuvent de nouveau être mesurées.

Les précontraintes des boulons de chaque éprouvette doivent être mesurées juste avant les essais et, si nécessaire, les boulons doivent être resserrés avec la précision requise de ± 5 %.

G.4 Mode opératoire de l'essai de glissement et évaluation des résultats

Au départ, cinq éprouvettes doivent être soumises à essai. Quatre éprouvettes doivent être mises en charge à la vitesse normale (durée de l'essai entre 10 min et 15 min environ). La cinquième éprouvette doit être réservée pour un essai de fluage.

Les éprouvettes doivent être soumises aux essais dans une machine de traction. La relation charge-glissement doit être enregistrée.

Le glissement doit être considéré comme le déplacement relatif entre points adjacents sur une plaque intérieure et un couvre-joint, dans la direction de la charge appliquée. Il doit être mesuré séparément à chaque extrémité de l'éprouvette. Pour chaque extrémité, le glissement doit être pris comme la moyenne des déplacements sur les deux faces de l'éprouvette.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

La charge de glissement individuelle pour un assemblage, F_{Si} , est définie comme étant la charge à laquelle se produit un glissement de 0,15 mm.

La cinquième éprouvette doit être soumise à une charge spécifique égale à 90 % de la charge moyenne de glissement F_{Sm} déterminée à partir des quatre premières éprouvettes (c'est-à-dire la moyenne de huit valeurs).

Si, pour la cinquième éprouvette, le glissement différé, à savoir la différence entre le glissement enregistré à cinq minutes et trois heures après l'application de la charge totale, ne dépasse pas 0,002 mm, les charges de glissement pour la cinquième éprouvette doivent être déterminées de la même manière que pour les quatre premières. Si le glissement différé dépasse 0,002 mm, des essais de fluage prolongés doivent être effectués conformément à G.5.

Si l'écart type s_{Fs} des dix valeurs (obtenues à partir des cinq éprouvettes d'essai) pour la charge de glissement est supérieur à 8 % de la valeur moyenne, des éprouvettes supplémentaires doivent être soumises aux essais. Le nombre total d'éprouvettes (y compris les cinq premières) doit être déterminé à partir de :

$$n > (s/3,5)^2$$

où :

n est le nombre d'éprouvettes ;

s est l'écart type s_{Fs} pour la charge de glissement déterminée sur les cinq premières éprouvettes (dix valeurs) exprimé en pourcentage de la valeur moyenne de la charge de glissement.

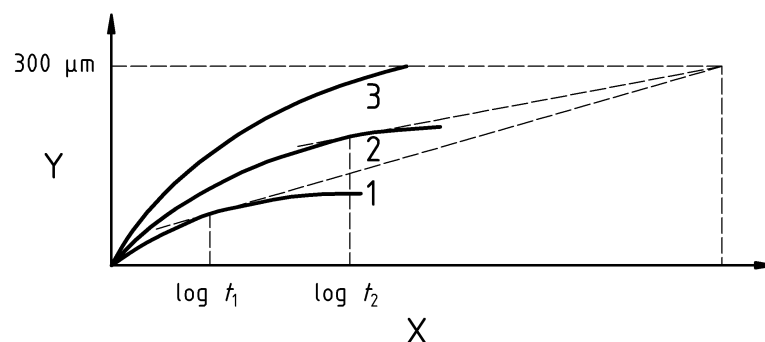
G.5 Mode opératoire et évaluation de l'essai de fluage prolongé

Si la réalisation d'essais de fluage prolongés s'avère nécessaire, trois éprouvettes au moins (six assemblages) doivent être soumis aux essais conformément à G.4.

Il doit être appliqué aux éprouvettes une charge spécifique dont la valeur doit être déterminée de manière à tenir compte à la fois du résultat de l'essai de fluage effectué au G.4 et des résultats de tous les essais précédents de fluage prolongé.

NOTE Une charge correspondant au coefficient de frottement proposé pour être utilisé dans l'application pour la structure peut être adoptée. Si le traitement de surface doit appartenir à une classe spécifiée, une charge correspondant au coefficient de frottement pour cette classe peut être prise conformément au Tableau 14.

Une courbe «déplacement – log temps» doit être tracée (voir Figure G.2) pour démontrer que la charge déterminée à l'aide du coefficient de frottement prévu n'entraînera pas de déplacements supérieurs à 0,3 mm pendant toute la durée de vie de calcul de la structure, estimée à 50 ans, sauf spécification contraire. Il est possible d'extrapoler linéairement cette courbe, dès que l'on peut déterminer la tangente avec une précision suffisante.



NOTE t_{Ld} Durée de vie de calcul de la structure
 t_1 Durée minimale pour l'essai A
 t_2 Durée minimale pour l'essai B
 (3) La charge (coefficients de frottement) pour l'essai C est trop élevée

Légende

- 1 Log (temps)
- 2 Déplacement par glissement

Figure G.2 — Utilisation de la courbe «déplacement – log temps» pour l'essai de fluage prolongé

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

G.6 Résultats d'essai

Les valeurs individuelles du coefficient de frottement sont déterminées comme suit :

$$\mu_i = \frac{F_{Si}}{4F_{p,C}}$$

La valeur moyenne de la charge de glissement F_{Sm} et son écart type s_{Fs} sont déterminés comme suit :

$$F_{Sm} = \frac{\sum F_{Si}}{n}, \quad s_{Fs} = \sqrt{\frac{(F_{Si} - F_{Sm})^2}{n-1}}$$

La valeur moyenne du coefficient de frottement μ_m et son écart type s_μ sont déterminés comme suit :

$$\mu_m = \frac{\sum \mu_i}{n}, \quad s_\mu = \sqrt{\frac{(\mu_i - \mu_m)^2}{n-1}}$$

La valeur caractéristique du coefficient de frottement μ doit être prise comme la valeur correspondant au fractile à 5 % avec un niveau de confiance de 75 %.

Pour dix valeurs, $n = 10$, obtenues à partir de cinq échantillons, la valeur caractéristique peut être considérée comme étant la valeur moyenne moins 2,05 fois l'écart-type.

À moins que l'essai de fluage prolongé soit requis, le coefficient de frottement nominal doit être pris égal à sa valeur caractéristique.

Si l'essai de fluage prolongé est requis, le coefficient de frottement nominal peut être considéré comme la valeur dont on a démontré qu'elle satisfait à la limite de fluage prescrite (voir G.5).

Des coefficients de frottement déterminés avec des boulons de classe de qualité 10.9 peuvent également être utilisés pour des boulons de classe de qualité 8.8.

Il est possible d'effectuer des essais séparés pour des boulons de classe de qualité 8.8. Des coefficients de frottement déterminés avec des boulons de classe de qualité 8.8 ne doivent pas être considérés valables pour des boulons de classe de qualité 10.9.

Si requis, le traitement de surface doit être affecté à la classe appropriée de surface de frottement comme suit, conformément à la valeur caractéristique du coefficient de frottement μ déterminé au G.4 ou au G.5 selon le cas :

$\mu \geq 0,50$	classe A
$0,40 \leq \mu < 0,50$	classe B
$0,30 \leq \mu < 0,40$	classe C
$0,20 \leq \mu < 0,30$	classe D

Annexe H

(normative)

Essai d'étalonnage pour boulons précontraints en conditions de chantier

H.1 Domaine d'application

Cette annexe spécifie un essai de serrage en vue de représenter les conditions de chantier pour calibrer des boulons à haute résistance pour assemblages boulonnés précontraints.

L'objectif de cet essai est de déterminer la valeur du couple nécessaire pour assurer que la force minimale de précontrainte est obtenue de façon fiable avec les méthodes de serrage spécifiées dans cette Norme Européenne.

Cet essai n'a pas pour but de surclasser les propriétés d'un boulon, déclarées conformément à l'EN 14399-1.

H.2 Symboles and unités

A_s	section nominale résistante de la vis, (mm ²) (voir EN ISO 898-1)
e_M	rapport admissible ($e_M = (M_{\max} - M_{\min})/M_m$)
F_b	précontrainte dans la vis durant l'essai, (kN)
F_m	valeur moyenne des valeurs d'essai $F_{b,i}$ (kN)
$F_{p,C}$	précontrainte requise de $0,7 f_{ub} A_s$, (kN)
f_{ub}	résistance nominale à la traction de la vis (R_m), (MPa)
M_i	valeur individuelle du couple correspondant à $F_{p,C}$, (N m)
M_m	valeur moyenne des valeurs M_i , (N m)
M_{\max}	valeur maximale des valeurs M_i , (N m)
M_{\min}	valeur minimale des valeurs M_i , (N m)
s_M	écart type estimé des valeurs M_i , (kN)
V_M	coefficient de variation des valeurs M_i
V_F	coefficient de variation des valeurs F_i
θ_{pi}	valeur individuelle de l'angle θ pour laquelle la précontrainte dans la vis atteint la valeur $F_{p,C}$, (°)
θ_{1i}	valeur individuelle de l'angle θ pour laquelle la précontrainte dans la vis atteint sa valeur maximale $F_{bi, \max}$, (°)
θ_{2i}	valeur individuelle de l'angle θ pour laquelle l'essai est arrêté, (°)
$\Delta\theta_{1i}$	valeur individuelle de la différence angulaire ($\theta_{1i} - \theta_{pi}$), (°)
$\Delta\theta_{2i}$	valeur individuelle de la différence angulaire ($\theta_{2i} - \theta_{pi}$), (°)
$\Delta\theta_{2 \min}$	valeur minimale requise de la différence angulaire $\Delta\theta_{2i}$ spécifiée dans la norme de produit pertinente, (°)

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

H.3 Principe de l'essai

■^{A1} L'essai permet de mesurer les paramètres suivants pendant le serrage ■^{A1} :

- la force dans le boulon ;
- ■^{A1} le couple, si requis ■^{A1} ;
- la rotation relative entre l'écrou et la vis, si requis.

H.4 Appareillage d'essai

Le dispositif de mesure de la force dans le boulon peut être conforme à l'EN 14399-2, ou un équipement mécanique ou hydraulique tel qu'une cellule de force, sous réserve que la précision du dispositif de mesure de force satisfasse aux exigences données dans le Tableau H.1 ou H.2 selon le cas. Le dispositif de mesure de force doit être étalonné au moins une fois par an (ou plus fréquemment selon les recommandations du fabricant de l'équipement) par un organisme d'essai reconnu.

Les clés utilisées pour l'essai doivent être celles utilisées sur le chantier. Elles doivent présenter une plage de fonctionnement appropriée. Des clés manuelles ou automatiques peuvent être utilisées à l'exception des clés à chocs. Les exigences relatives à la précision des clés sont données dans le Tableau H.1 ou H.2 selon le cas. La clé doit être étalonnée au moins une fois par an (ou plus fréquemment selon les recommandations du fabricant de l'équipement).

H.5 Ensembles pour essais

Des essais séparés doivent être réalisés sur des échantillons représentatifs prélevés dans chaque lot d'éléments de fixation concernés. Les éléments d'essai doivent être choisis de sorte que tous les aspects pertinents de leurs conditions soient similaires.

NOTE Les conditions de chantier pour les éléments de fixation, en particulier la qualité de la lubrification, peuvent varier si ces éléments sont laissés exposés à des conditions environnementales extrêmes sur le chantier ou s'ils sont stockés pendant une longue durée.

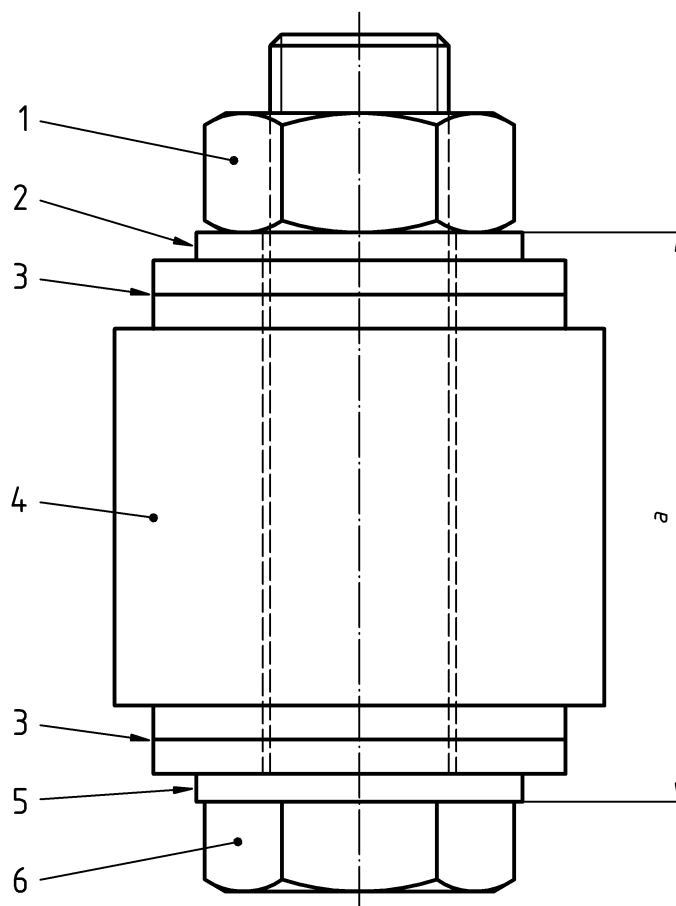
Les ensembles représentatifs doivent consister en un certain nombre de vis, d'écrous et de rondelles de chaque lot de contrôle. Les ensembles utilisés pour les essais ne doivent être réutilisés ni dans des essais supplémentaires ni dans la structure.

H.6 Montage d'essai

Le montage d'essai (voir Figure H.1) peut comporter les cales nécessaires pour convenir au dispositif de mesure.

Les ensembles d'essai et les cales doivent être placés de telle manière que :

- la composition de l'ensemble soit similaire à celle utilisée dans la pratique ;
- une rondelle chanfreinée ou une cale chanfreinée soit placée sous la tête de vis ;
- une rondelle soit placée sous l'écrou lorsque l'écrou tournera au cours du serrage ;
- la longueur de serrage y compris les cales et rondelle(s) soit le minimum permis par la norme de produit concernée.



Légende

- 1 Écrou
- 2 Rondelle sous l'écrou lorsque l'écrou doit tourner lors du serrage
- 3 Cale(s)
- 4 Dispositif de mesure de la traction des boulons
- 5 Rondelle chanfreinée du boulon ou cale chanfreinée
- 6 Tête de vis

Figure H.1 — Assemblage type du dispositif de mesure de traction

H.7 Mode opératoire d'essai

Pour des essais sur chantier, la méthode utilisée pour le serrage au cours de l'essai doit être la même que celle utilisée lors du chantier. Pour les essais sur chantier, la base du calibrage est d'enregistrer $\overline{A_1}$ les valeurs de couple M_i ou les précontraintes dans la vis $F_{b,i}$ $\overline{A_1}$ nécessaires pour obtenir la précontrainte visée dans le boulon.

Les essais peuvent être réalisés en laboratoire ou autre dans des conditions appropriées. La méthode à utiliser pour le serrage doit être la même que celle sur chantier.

NOTE Dans certains cas, il est plus commode que ce soit le fabricant de produit qui vérifie si les éléments de fixation répondent encore aux caractéristiques déclarées existant à la livraison.

Le nombre des mesures qui doivent être effectuées pour le couple, la précontrainte correspondante du boulon et, si requis, la rotation correspondante de la partie qui tourne doit être suffisant pour permettre l'évaluation des résultats d'essai conformément à H.8.

Ni la partie fixe ni la rondelle sous la partie tournante ne doivent tourner durant l'essai.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

La base de la calibration est l'enregistrement des valeurs de couple M_i nécessaires pour atteindre la précontrainte dans le boulon $F_b = F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$.

Ⓐ Pour la méthode du couple, l'essai doit être Ⓐ arrêté lorsque l'une quelconque des conditions suivantes est remplie :

- la précontrainte dans le boulon dépasse $1,1 F_{p,C}$;
- l'angle de rotation de l'écrou dépasse $(\theta_{pi} + \Delta\theta_1)$ et/ou $(\theta_{pi} + \Delta\theta_{2 \text{ min}})$, si requis ;
- la ruine du boulon par rupture survient.

H.8 Évaluation des résultats d'essai

Les Tableaux H.1 et H.2 donnent respectivement les critères d'acceptation pour les valeurs du couple pour la méthode combinée et pour la méthode du couple.

Tableau H.1 — Valeurs maximales de e_M pour la méthode combinée

Nombre d'essais	3	4	5	6
$e_M = (M_{\max} - M_{\min}) / M_m$	0,25	0,30	0,35	0,40
Conditions requises pour l'appareillage d'essai : incertitude du dispositif calibré de mesure de traction des vis $\pm 6 \%$, erreur de répétabilité $\pm 3 \%$, précision de la clé dynamométrique calibrée $\pm 4 \%$, erreur de répétabilité $\pm 2 \%$.				

Tableau H.2 — Valeurs maximales de V_M pour la méthode du couple

Nombre d'essais	5	6	8
V_M	0,04	0,05	0,06
Conditions requises pour l'appareillage d'essai : incertitude du dispositif calibré de mesure de traction des vis $\pm 2 \%$, erreur de répétabilité $\pm 1 \%$, précision de la clé dynamométrique calibrée $\pm 4 \%$, erreur de répétabilité $\pm 1 \%$.			

avec :

$$M_m = \frac{\sum_{i=1}^n M_i}{n} \quad s_M = \sqrt{\frac{\sum (M_i - M_m)^2}{n-1}} \quad V_M = \frac{s_M}{M_m}$$

Si leur vérification est requise, les critères d'acceptation pour les rotations $\Delta\theta_1$ et $\Delta\theta_2$ doivent être ceux indiqués dans la partie concernée de l'EN 14399 pour les éléments de fixation du lot.

NOTE Les rotations $\Delta\theta_1$ et $\Delta\theta_2$ sont illustrés à la Figure 2 de l'EN 14399-2:2005.

Si les rotations sont vérifiées, la traction maximale dans le boulon doit être mesurée (c'est-à-dire la précontrainte correspondant à la rotation $\Delta\theta_1$). L'exigence est que la traction maximale soit supérieure ou égale à $0,9 f_{ub} A_s$ avec f_{ub} et A_s sur la base des valeurs nominales.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

A1 Les critères d'acceptation pour la méthode HRC doivent être fondés sur la précontrainte de huit boulons après la rupture des extrémités cannelées.

Les exigences suivantes s'appliquent :

- valeur individuelle de $F_b \geq F_{p,C}$;
- valeur moyenne de $F_m \geq 1,1 F_{p,C}$;
- coefficient de variation de $F_{b,i}$ $V_F \leq 0,10$.

Les critères d'acceptation pour la méthode DTI doivent être fondés sur la mesure de la précontrainte de huit boulons lorsque les déformations des protubérances indicatrices ont juste atteint les valeurs mentionnées dans le Tableau J.1.

L'exigence suivante s'applique aux huit valeurs échantillons de $F_{b,i}$:

$$F_{p,C} \leq F_{b,i} \leq 1,2 F_{p,C}$$

NOTE Les valeurs de $F_{p,C}$ sont indiquées dans le Tableau 19. **A1**

H.9 Rapport d'essais

Les informations minimales suivantes doivent être incluses dans le rapport d'essais :

- date des essais,
- numéro d'identification du lot ou du lot élargi,
- nombre d'ensemble soumis aux essais,
- désignation des éléments de fixation,
- marquage des vis, écrous et rondelles,
- état de revêtement ou de finition de surface et de lubrification ; le cas échéant, description des altérations des surfaces en raison de l'exposition sur le chantier,
- longueur de serrage d'essai,
- détails du montage d'essai et des dispositifs utilisés pour mesurer la traction et le couple,
- remarques concernant la réalisation des essais (y compris les conditions et modes opératoires d'essai particuliers, tels que la rotation de la tête de vis),
- résultats d'essai selon la présente annexe,
- spécifications pour la précontrainte des éléments de fixation relatives au **A1** lot de contrôle testé ;
- certificats d'étalonnage des clés dynamométriques et des dispositifs de mesure de la force étalonnés. **A1**

Le rapport d'essai doit être signé et daté.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe J



(normative)

Utilisation d'indicateurs directs de précontrainte de type rondelles compressibles

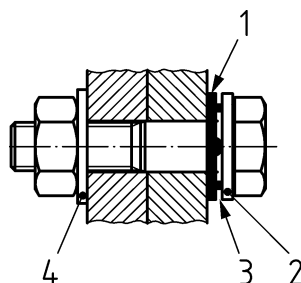
J.1 Généralités

La présente annexe donne les exigences pour l'installation et la vérification des indicateurs directs de précontrainte du type rondelles compressibles.


J.2 Installation

Les indicateurs sont généralement placés sous la tête du boulon et le boulon est généralement serré par rotation de l'écrou, comme indiqué dans la Figure J.1a. Un accès limité à la tête du boulon pour le contrôle des interstices de l'indicateur peut nécessiter une installation sous l'écrou. Si l'indicateur est utilisé de la sorte, la rondelle sous l'écrou est placée entre les protubérances de l'indicateur et l'écrou (voir  Figure J.1b) .





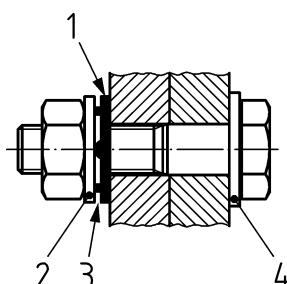
Légende

- 1 Indicateur direct de précontrainte
- 2 Rondelle côté tête de la vis (non exigée pour la classe de qualité 8.8)
- 3 Interstice
- 4 Rondelle conforme à l'EN 14399-5 ou à l'EN 14399-6 


NOTE Pour les applications avec boulon 10.9, une rondelle chanfreinée est nécessaire sous la tête de vis.

a) Installation sous la tête de vis, avant serrage





Légende

- 1 Indicateur direct de précontrainte
- 2 Rondelle côté écrou
- 3 Interstice
- 4 Rondelle conforme à l'EN 14399-6 (non exigée pour la classe de qualité 8.8) 

NOTE Pour les applications avec boulon 10.9, une rondelle chanfreinée est nécessaire sous la tête de vis.

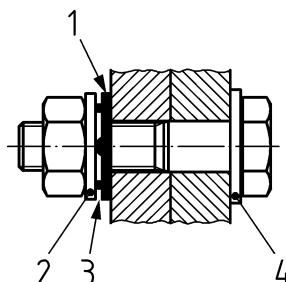
b) Installation sous l'écrou, avant serrage

Figure J.1 — Serrage du boulon par rotation de l'écrou (méthode normale d'assemblage)

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Il est possible que des conditions d'accès limité nécessitent le serrage du boulon par rotation de la tête de la vis. Dans ce cas, une rondelle est placée côté écrou entre les protubérances et la face d'appui de l'écrou, comme indiqué dans la Figure J.2a.

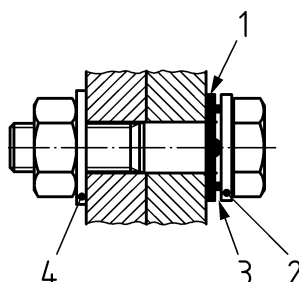
Lorsque l'espace pour positionner le boulon est limité et que l'accès pour le contrôle des interstices de l'indicateur est limité, il est possible que l'on soit amené à placer l'indicateur sous la tête de la vis et à serrer l'assemblage par rotation de la tête. Dans ce cas, une rondelle est placée côté vis entre les protubérances de l'indicateur et la face d'appui de la tête de la vis (voir Figure J.2b).



Légende

- 1 Indicateur direct de précontrainte
- 2 Rondelle côté écrou
- 3 Interstice
- 4 Rondelle conforme à l'EN 14399-6

a) Installation sous l'écrou, avant serrage



Légende

- 1 Indicateur direct de précontrainte
- 2 Rondelle côté tête de la vis
- 3 Interstice
- 4 Rondelle conforme à l'EN 14399-5 ou à l'EN 14399-6

NOTE Pour les applications avec boulon 10.9, une rondelle plate est nécessaire sous l'écrou.

b) Installation sous la tête de vis, avant serrage

Figure J.2 — Serrage du boulon par rotation de la vis (autre méthode d'assemblage)

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

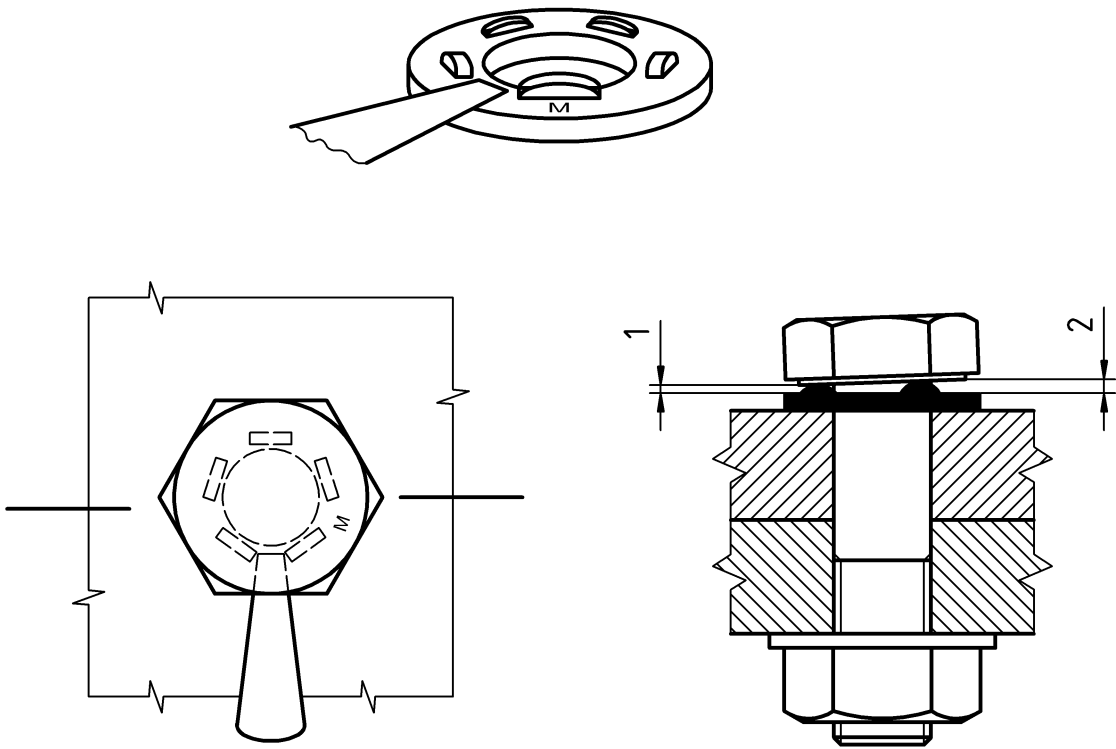
J.3 Vérification

Un calibre d'épaisseur tel que spécifié au Tableau J.1 doit être utilisé pour déterminer si l'indicateur direct de précontrainte est comprimé conformément aux exigences **A1** de l'EN 14399-9 **A1**.

Tableau J.1 — Épaisseur du calibre d'épaisseur

Emplacements de l'indicateur	Épaisseur du calibre d'épaisseur ^{a)} (mm)
Sous la tête de vis, lorsque l'écrou tourne (Figure J.1a))	0,40
Sous l'écrou, lorsque la tête de vis tourne (Figure J.2a))	
Sous l'écrou, lorsque l'écrou tourne (Figure J.1b))	0,25
Sous la tête de vis, lorsque la vis tourne (Figure J.2b))	
a) Ce tableau s'applique aux indicateurs H8 et H10.	

L'interstice de l'indicateur doit être contrôlé avec un calibre «n'entre pas» comme outil de contrôle. Le calibre d'épaisseur doit être pointé au centre de la vis comme illustré à la Figure J.3.



Légende

- 1 Interstice «n'entre pas» s'il se produit un refus
- 2 Interstice «entre» s'il ne se produit pas de refus

Figure J.3 — Vérification de l'interstice dû aux protubérances

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

L'indicateur a été suffisamment comprimé lorsque le nombre de refus du calibre d'épaisseur répond à l'exigence donnée au Tableau J.2.

Tableau J.2 — Refus du calibre d'épaisseur

Nombre de protubérances de l'indicateur	Nombre minimal de refus du calibre d'épaisseur ^{a)}
4	3
5	3
6	4
7	4
8	5
9	5
<i>a) Pas plus de 10 % des indicateurs dans un même groupe de boulons d'assemblage ne doivent présenter une compression totale de l'indicateur.</i>	

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe K

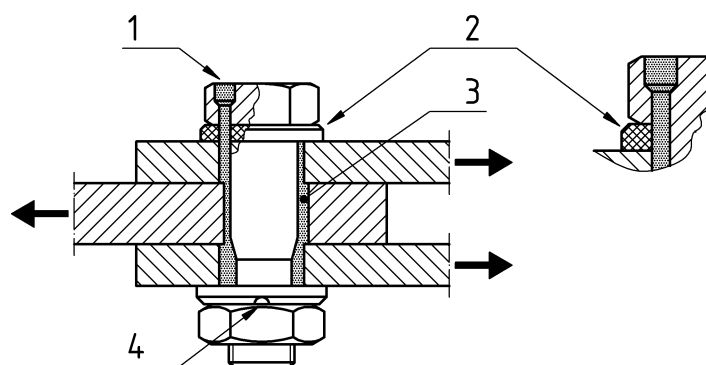
(informative)

Boulons hexagonaux injectés

K.1 Généralités

La présente annexe fournit des informations sur la fourniture et l'utilisation de boulons hexagonaux injectés.

Il convient d'utiliser des boulons injectés comme boulons non précontraints ou précontraints, selon ce qui est spécifié. Le remplissage de l'interstice entre le boulon et la paroi du trou s'effectue à travers un petit orifice dans la tête du boulon comme illustré à la Figure K.1. Après injection et polymérisation complète de la résine, l'assemblage devient résistant au glissement.



Légende

- 1 Trou d'injection
- 2 Rondelle chanfreinée
- 3 Résine
- 4 Rainure d'évent dans la rondelle

Figure K.1 — Boulon injecté dans un assemblage à double recouvrement

Il convient que les boulons injectés soient constitués de produits conformes à l'article 5 et utilisés conformément aux prescriptions de l'article 8 complétées par les recommandations fournies dans la présente annexe.

NOTE Des informations détaillées sont données dans [A1] [53] [A1].

K.2 Dimensions des trous

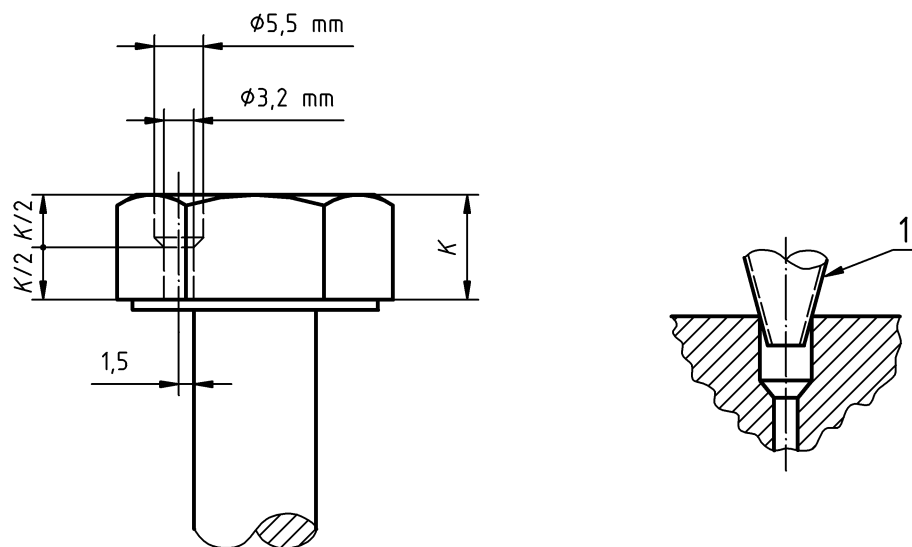
Il convient que le jeu nominal des boulons dans le trou soit de 3 mm. Pour des boulons de diamètre inférieur à M27, il convient de réduire le jeu à 2 mm, comme cela est indiqué en 6.6 pour les trous ronds normaux.

K.3 Vis

Il convient que la tête de la vis soit munie d'un orifice de position et dimensions indiquées à la Figure K.2.

En cas d'utilisation de types de buses autres qu'en plastique, il se peut qu'il soit nécessaire de réaliser un chanfrein pour garantir une étanchéité adéquate.

Dimensions en millimètres



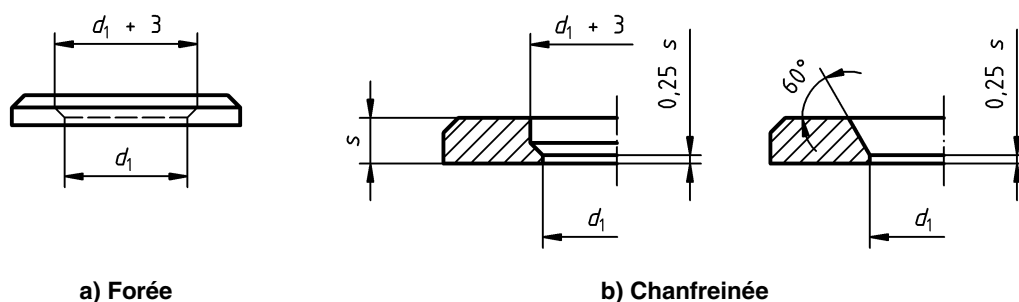
Légende

1 Buse du dispositif d'injection

Figure K.2 — Orifice dans la tête de la vis

K.4 Rondelles

Il convient d'utiliser une rondelle spéciale sous la tête de la vis. Il convient que le diamètre intérieur de cette rondelle soit supérieur d'au moins 0,5 mm au diamètre réel de la vis. Il convient d'usiner une face conformément à la Figure K.3 a) ou K.3 b).



a) Forée

b) Chanfreinée

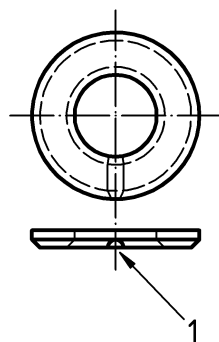
Figure K.3 — Préparation de la rondelle à placer sous la tête de la vis

Il convient de positionner la rondelle sous la tête de la vis avec le chanfrein orienté vers la tête.

Il convient d'utiliser une rondelle spéciale munie d'une gorge sous l'écrou, conformément à la Figure K.4. Il convient que les bords de la gorge soient lisses et arrondis.

Il convient de positionner la rondelle sous l'écrou avec la gorge orientée vers l'écrou.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)



Légende

1 Gorge

Figure K.4 — Préparation de la rondelle à placer sous l'écrou

K.5 Écrous

On peut considérer que les écrous sont suffisamment bloqués par la résine.

K.6 Résine

Il convient d'utiliser une résine à deux composants.

Une fois les deux composants mélangés, il convient que le produit ait, à la température de mise en œuvre, une viscosité telle que les interstices de l'assemblage boulonné soient facilement remplis. Cependant, il convient que le produit cesse de couler dès que la pression d'injection est supprimée.

Il convient que la durée de vie en pot de la résine soit d'au moins 15 minutes à la température ambiante.

Si aucune donnée n'est disponible, il convient d'effectuer des essais de modes opératoires pour déterminer la température et le temps de polymérisation appropriés.

Il convient de déterminer la résistance de calcul de la résine en utilisant une procédure similaire à celle utilisée pour déterminer le coefficient de frottement spécifiée dans l'Annexe G.

K.7 Serrage

Il convient de procéder au serrage des boulons conformément à l'article 8 avant de commencer l'opération d'injection.

K.8 Mise en œuvre

Il convient de procéder à la mise en œuvre conformément aux recommandations données par le fabricant du produit.

Il convient que la température de la résine se situe entre 15 °C et 25 °C. Par temps très froid, il convient de préchauffer la résine et, si nécessaire, les éléments en acier. Si la température est trop élevée, on peut utiliser de la pâte à modeler pour obturer l'orifice dans la tête et la gorgue dans la rondelle immédiatement après l'injection.

Il convient que l'assemblage soit exempt d'humidité lors de l'injection.

NOTE 1 Pour permettre l'élimination de l'humidité, un temps sec pendant une journée est généralement nécessaire avant de commencer l'injection.

Il convient que le temps de polymérisation soit tel que la résine polymérise avant le chargement de la structure.

Le chauffage après injection est admis afin de réduire si nécessaire le temps de polymérisation.

NOTE 2 Dans certains cas, comme par exemple lors de la réparation de ponts ferroviaires, ce temps peut être relativement court. Pour réduire le temps de polymérisation (à environ 5 h), il est possible de chauffer l'assemblage à une température maximale de 50 °C après expiration du temps d'utilisation de la résine.

Annexe L (informative)

Guide pour l'organigramme de mise au point et d'utilisation d'un DMOS

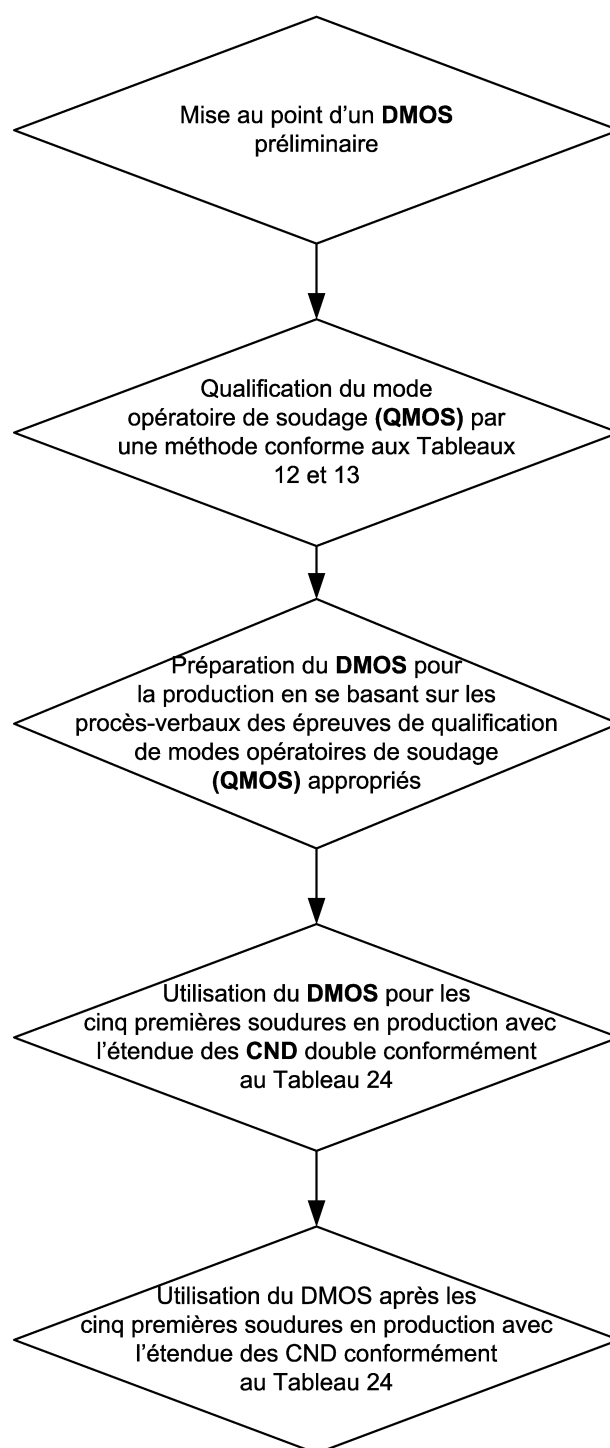


Figure L.1 — Organigramme pour la mise au point et l'utilisation d'un DMOS

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

Annexe M

(normative)

Méthode séquentielle de contrôle des éléments de fixation

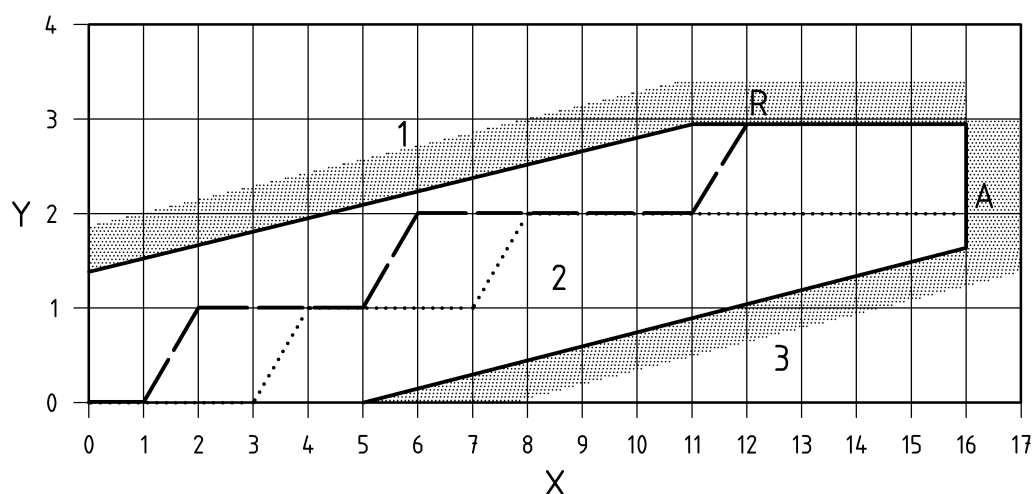
M.1 Généralités

La méthode séquentielle de contrôle des éléments de fixation doit être appliquée conformément aux principes énoncés dans l'ISO 2859-5, dont le but est de spécifier des règles fondées sur la détermination progressive des résultats des contrôles.

L'ISO 2859-5 spécifie deux méthodes pour établir des plans d'échantillonnage séquentiel : une méthode numérique et une méthode graphique. La méthode graphique est appliquée pour le contrôle des éléments de fixation.

Dans la méthode graphique (voir Figure M.1) ; l'axe horizontal représente le nombre d'éléments de fixation contrôlés et l'axe vertical représente le nombre d'éléments de fixation défectueux.

Les lignes sur le graphique définissent trois zones : la zone d'acceptation, la zone de rejet et la zone d'indécision. Tant que le résultat du contrôle se situe dans la zone d'indécision, il est nécessaire de poursuivre le contrôle jusqu'à ce que la courbe cumulée passe dans la zone d'acceptation ou dans la zone de rejet. Acceptation signifie qu'aucun contrôle d'échantillon supplémentaire n'est requis. Deux exemples sont donnés ci-après.



Légende

- X Nombre d'éléments de fixation contrôlés
- Y Nombre d'éléments de fixation défectueux
- 1 Zone de rejet
- 2 Zone d'indécision
- 3 Zone d'acceptation

Figure M.1 — Exemple de schéma de contrôle séquentiel

EXEMPLES

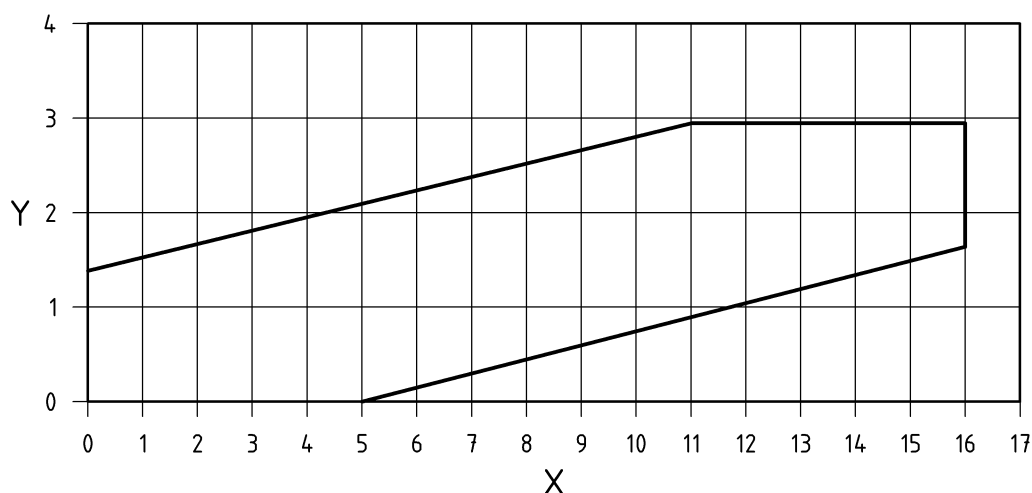
- Ligne pointillée Les quatrième et huitième éléments de fixation se sont révélés défectueux. Le contrôle a été poursuivi jusqu'au franchissement de la ligne de troncature/séparation verticale. Le résultat est «acceptation».
- Ligne tiretée Les deuxième, sixième et douzième éléments de fixation se sont révélés défectueux. La sortie de la zone d'indécision se situe dans la zone de rejet. Le résultat est «rejet».

M.2 Application

Les schémas suivants, M.2 (type séquentiel A) et M.3 (type séquentiel B) s'appliquent selon le cas.

a) Type séquentiel A :

- 1) nombre minimal d'éléments de fixation à contrôler : 5
- 2) nombre maximal d'éléments de fixation à contrôler : 16



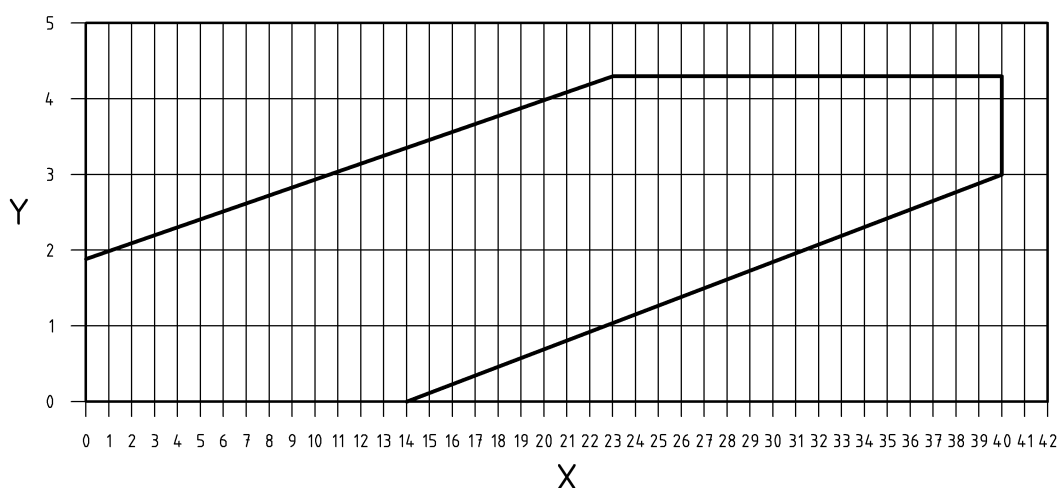
Légende

- X Nombre d'éléments de fixation contrôlés
Y Nombre d'éléments de fixation défectueux

Figure M.2 — Schéma de type séquentiel A

b) Type séquentiel B :

- 1) nombre minimal d'éléments de fixation à contrôler : 14
- 2) nombre maximal d'éléments de fixation à contrôler : 40



Légende

- X Nombre d'éléments de fixation contrôlés
Y Nombre d'éléments de fixation défectueux

Figure M.3 — Schéma de type séquentiel B

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)




Bibliographie

- [1] **EN 1090-1**, *Exécution des structures en acier et des structures en aluminium — Partie 1 : Évaluation de la conformité des éléments structuraux.*
- [2] **EN 1990:2002**, *Eurocode : Bases de calcul des structures.*
- [3] **EN 1993-1-1**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments.*
- [4] **EN 1993-1-2**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-2 : Règles générales — Calcul du comportement au feu.*
- [5] **EN 1993-1-3**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-3 : Règles générales — Règles supplémentaires pour les profilés et les plaques formées à froid.*
- [6] **EN 1993-1-4**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-4 : Règles générales — Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables.*
- [7] **EN 1993-1-5**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-5 : Plaques planes.*
- [8] **EN 1993-1-7**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-7 : Structures en plaques chargées hors de leur plan.*
- [9] **EN 1993-1-9**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-9 : Fatigue.*
- [10] **EN 1993-1-10**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-10 : Choix des qualités d'acier.*
- [11] **EN 1993-1-11**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-11 : Calcul des structures à câbles ou éléments tendus.*
- [12] **EN 1993-1-12**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-12 : Règles additionnelles pour l'utilisation de l'EN 1993 jusqu'à la nuance d'acier S 700.*
- [13] **EN 1993-2**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 2 : Ponts métalliques.*
- [14] **EN 1993-3-1**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 3-1 : Tours, mâts et cheminées — Tours et mâts haubanés.*
- [15] **EN 1993-3-2**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 3-2 : Tours, mâts et cheminées — Cheminées.*
- [16] **EN 1993-4-1**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-1 : Silos.*
- [17] **EN 1993-4-2**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-2 : Réservoirs.*
- [18] **EN 1993-4-3**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-3 : Canalisations.*
- [19] **EN 1993-5**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 5 : pieux et palplanches.*
- [20] **EN 1993-6**, *Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 6 : Chemins de roulement.*
- [21] **EN 1994 (toutes parties)**, *Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier — Béton.*
- [22] **EN 1998-1**, *Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes — Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.*
- [23] **EN 10020**, *Définition et classification des nuances d'acier.*
- [24] **EN 10027-1**, *Systèmes de désignation des aciers — Partie 1 : Désignation symbolique, symboles principaux.*
- [25] **EN 10027-2**, *Systèmes de désignation des aciers — Partie 2 : Système numérique.*
- [26] **EN 10079**, *Définition des produits en acier.*

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- [27] EN 10162, *Profilés en acier formés à froid — Conditions techniques de livraison — Tolérances dimensionnelles et sur sections transversales.*
- [28] EN 13001-1, *Appareils de levage à charge suspendue — Conception générale — Partie 1:Principes généraux et prescriptions.*
- [29] ^{A1} EN 13438, *Peintures et vernis — Revêtements de poudre organique pour produits en acier galvanisé ou sherardisé utilisés dans la construction*
- [30] EN 15773, *Application industrielle de revêtements de poudre organiques à des produits en acier galvanisés à chaud et shérardisés [systèmes duplex] — Spécifications, recommandations et lignes directrices.* ^{A1}
- [31] CEN ISO/TR 3834-6, *Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques — Partie 6 : Lignes directrices pour la mise en application de l'ISO 3834 (ISO/TR 3834-6 :2007).*
- [32] EN ISO 2320, *Écrous hexagonaux autofreinés en acier — Caractéristiques mécaniques et performances (ISO 2320:1997).*
- [33] ^{A1} EN ISO 4628 (toutes les parties), *Peintures et vernis — Évaluation de la dégradation des revêtements — Désignation de la quantité et de la dimension des défauts, et de l'intensité des changements uniformes d'aspect.* ^{A1}
- [34] EN ISO 7040, *Écrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique), style 1 — Classes de qualité 5, 8 et 10 (ISO 7040:1997).*
- [35] EN ISO 7042, *Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 2 — Classes de qualité 5, 8, 10 et 12 (ISO 7042:1997)*
- [36] EN ISO 7719, *Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 1 — Classes de qualité 5, 8 et 10 (ISO 7719:1997).*
- [37] EN ISO 10511, *Écrous hexagonaux bas autofreinés (à anneau non métallique) (ISO 10511:1997).*
- [38] EN ISO 10512, *Écrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique), style 1, à filetage métrique à pas fin — Classes de qualité 6, 8 et 10 (ISO 10512:1997).*
- [39] EN ISO 10513, *Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 2, à filetage métrique à pas fin — Classes de qualité 8, 10 et 12 (ISO 10513:1997).*
- [40] EN ISO 9000, *Systèmes de management de la qualité — Concepts et vocabulaire (ISO 9000:2005).*
- [41] EN ISO 21670, *Écrous hexagonaux à souder, à embase (ISO 21670:2003).*
- [42] EN ISO 17652-2, *Soudage — Essai sur peintures primaires en relation avec le soudage et les techniques connexes — Partie 2 : Propriétés relatives au soudage des peintures primaires (ISO 17652-2:2003).*
- [43] ISO 1803, *Construction immobilière — Tolérances — Expression de l'exactitude dimensionnelle — Principes et terminologie.*
- [44] ISO 3443-1, *Tolérances pour le bâtiment — Partie 1 : Principes fondamentaux de l'évaluation et de la spécification.*
- [45] ISO 3443-2, *Tolérances pour le bâtiment — Partie 2 : Méthode de prévision de la compatibilité des éléments.*
- [46] ISO 3443-3, *Tolérances pour le bâtiment — Partie 3 : Procédés pour choisir la dimension recherchée et prévoir l'ajustement.*
- [47] ISO 10005, *Systèmes de management de la qualité — Lignes directrices pour les plans qualité.*
- [48] ISO/TR 15608, *Soudage — Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux métalliques.*
- [49] ISO/TR 17663, *Soudage — Lignes directrices concernant les exigences de qualité relatives au traitement thermique en soudage et techniques connexes.*
- [50] ISO/TR 20172, *Soudage — Systèmes de groupement des matériaux — Matériaux européens.*
- [51] ASTM A325-06, *Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi Minimum Tensile Strength.*
- [52] FORCE Technology Report No. 94.34 Reference colour charts for purity of purging gas in stainless steel tubes. J. Vagn Hansen. revised May 2006.

EN 1090-2:2008+A1:2011 (F)

- [53] ECCS No 79 European recommendations for bolted connections with injection bolts; August 1994.
- [54] BCSA and Galvanizers Association Publication No. 40/05 — Galvanizing structural steelwork — An approach to the management of liquid metal assisted cracking; 2005.
- [55]  DAST-Ri 022 Guideline for hot-dip-zinc-coating of prefabricated load bearing steel components. 
- [56]  JRC Scientific and technical reports. Hot-dip-zinc-coating of prefabricated structural steel components. 