

# NF EN 15085-3

DÉCEMBRE 2007

[www.afnor.org](http://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.

Contacter :  
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](mailto: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 : N20150107-157859-T

le : 07/01/2015 à 16:04

Diffusé avec l'autorisation de l'éditeur

Distributed under licence of the publisher



# norme européenne

# norme française

**NF EN 15085-3**  
**Décembre 2007**

Indice de classement : **F 01-885-3**

**ICS : 25.160.10 ; 45.060.01**

Applications ferroviaires

## **Soudage des véhicules et des composants ferroviaires**

### **Partie 3 : Exigences de conception**

E : Railways applications — Welding of railway vehicles and components —  
Part 3: Design requirements

D : Bahnanwendungen — Schweissen von Schienenfahrzeugen  
und -fahrzeugteilen — Teil 3: Konstruktionsvorgaben

### ***Norme française homologuée***

par décision du Directeur Général d'AFNOR le 28 novembre 2007 pour prendre effet  
le 28 décembre 2007.

***Correspondance*** La Norme européenne EN 15085-3:2007 a le statut d'une norme française.

### ***Analyse***

Le présent document s'applique au soudage de matériaux métalliques au cours de  
la construction et de la maintenance des véhicules ferroviaires et de leurs  
composants.

Il spécifie les règles de conception et de classification applicables à la construction  
et à la maintenance des véhicules ferroviaires et de leurs composants.

### ***Descripteurs***

**Thésaurus International Technique** : véhicule de chemin de fer, soudage, métal,  
joint soudé, conception, exigence, dimension, contrainte, niveau, qualité, défaut des  
soudures, contrôle, acier, alliage, métal d'apport, sécurité, classe de qualité,  
comparaison, soudage par résistance, soudage par points.

### ***Modifications***

### ***Corrections***



# Commission de normalisation ferroviaire

**BNF 100**

## Membres de la commission de normalisation

Président : M LEROUGE

Secrétariat : M DESVIGNES — BNF

MME	ABDA	BNF
M	CHAZAL	SNCF
M	DANNE	RATP
MME	DEJEAN	RATP
M	GALLEY	RFF
M	GAUTIER	SNCF
M	GUILLEUX	SNCF
M	LAINE	UTE
M	LASNIER	SNCF
M	LEROUGE	ALSTOM
MME	LUKSA	FEDERATION DES INDUSTRIES FERROVIAIRES
M	MIGNEREY	DGMT
M	MOUCHARD	BNF
M	MOULIERE	AFNOR
M	RAOUL	FEDERATION DES INDUSTRIES FERROVIAIRES
M	RIONDET	CONSULTANT CEN
MME	SEGRETAIN	EPSF
M	SEILER	RATP
M	TOURRADE	

## Avant-propos national

### Références aux normes françaises

La correspondance entre les normes mentionnées à l'article «Références normatives» et les normes françaises identiques est la suivante :

EN 1011-2	: NF EN 1011-2 (indice de classement : A 89-101-2)
EN 1708-2	: NF EN 1708-2 (indice de classement : A 87-012-2)
EN 10025-2	: NF EN 10025-2 (indice de classement : A 35-501-2)
EN 12663	: NF EN 12663 (indice de classement : F 17-001)
EN 13479	: NF EN 13479 (indice de classement : A 81-055)
EN 15085-1	: NF EN 15085-1 (indice de classement : F 01-885-1)
EN 15085-2	: NF EN 15085-2 (indice de classement : F 01-885-2)
EN 15085-4	: NF EN 15085-4 (indice de classement : F 01-885-4)
EN 15085-5	: NF EN 15085-5 (indice de classement : F 01-885-5)
EN 22553	: NF EN 22553 (indice de classement : A 80-020)
EN ISO 4063	: NF EN ISO 4063 (indice de classement : A 80-021)
EN ISO 5817	: NF EN ISO 5817 (indice de classement : A 89-231)
EN ISO 6520-1	: NF EN ISO 6520-1 (indice de classement : A 80-230-1)

EN ISO 6520-2	: NF EN ISO 6520-2 (indice de classement : A 80-230-2)
EN ISO 9692-1	: NF EN ISO 9692-1 (indice de classement : A 87-013-1)
EN ISO 9692-2	: NF EN ISO 9692-2 (indice de classement : A 87-013-2)
EN ISO 9692-3	: NF EN ISO 9692-3 (indice de classement : A 87-013-3)
EN ISO 10042	: NF EN ISO 10042 (indice de classement : A 89-232)
EN ISO 13919-1	: NF EN ISO 13919-1 (indice de classement : A 89-233)
EN ISO 13919-2	: NF EN ISO 13919-2 (indice de classement : A 89-234)
EN ISO 14555	: NF EN ISO 14555 (indice de classement : A 89-600)
EN ISO 15614-1	: NF EN ISO 15614-1 (indice de classement : A 89-057-1)
EN ISO 15614-12	: NF EN ISO 15614-12 (indice de classement : A 89-057-12)
EN ISO 17653	: NF EN ISO 17653 (indice de classement : A 89-573)
ISO 10447	: NF EN ISO 10447 (indice de classement : A 89-580)

La correspondance entre la norme mentionnée à l'article «Références normatives» et la norme française de même domaine d'application mais non identique est la suivante :

CEN ISO/TR 15608 : FD CR ISO/TR 15608 (indice de classement : A 89-051)



**NORME EUROPÉENNE  
EUROPÄISCHE NORM  
EUROPEAN STANDARD**

**EN 15085-3**

**Octobre 2007**

ICS : 25.160.10 ; 45.060.01

**Version française**

**Applications ferroviaires —  
Soudage des véhicules ferroviaires et des pièces —  
Partie 3 : Exigences de conception**

Bahnanwendungen —  
Schweissen von Schienenfahrzeugen  
und -fahrzeugteilen —  
Teil 3: Konstruktionsvorgaben

Railways applications —  
Welding of railway vehicles and components —  
Part 3: Design requirements

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 26 août 2007.

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, 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 : rue de Stassart 36, B-1050 Bruxelles**

EN 15085-3:2007 (F)

## Sommaire

	Page
<b>Avant-propos</b> .....	5
<b>Introduction</b> .....	6
<b>1 Domaine d'application</b> .....	6
<b>2 Références normatives</b> .....	6
<b>3 Termes et définitions</b> .....	7
<b>4 Exigences de conception</b> .....	8
4.1 Généralités .....	8
4.2 Dimensionnement du joint en statique .....	8
4.3 Dimensionnement du joint en fatigue .....	8
4.4 Niveaux de contraintes et facteurs de contrainte .....	8
4.5 Catégories de sécurité .....	9
4.6 Classes de performance de soudure .....	9
4.7 Classes de contrôle .....	10
4.8 Relations entre catégories de contrainte, catégories de sécurité, classes de performance des soudures, niveaux de qualité par rapport aux défauts, classe de contrôle et essais .....	10
<b>5 Niveaux de qualité par rapport aux défauts</b> .....	11
5.1 Généralités .....	11
5.2 Niveaux de qualité par rapport aux défauts .....	11
<b>6 Choix des matériaux de base et des produits consommables</b> .....	13
6.1 Choix des matériaux de base .....	13
6.2 Choix des produits consommables de soudage .....	13
<b>7 Conception des joints soudés</b> .....	13
7.1 Généralités .....	13
7.2 Soudage dans des zones formées à froid .....	14
7.3 Dispositions de fabrication .....	14
7.4 Préparation des bords .....	25
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Liste des joints soudés</b> .....	26
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Préparation des bords</b> .....	27
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Préparation des bords de soudures en bouchon et en entailles</b> .....	35
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Types d'assemblages en fonction des contraintes et/ou des classes de contrôle</b> .....	36
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Diagramme de validation des joints soudés</b> .....	37
<b>Annexe F</b> (normative) <b>Soudage par résistance par points</b> .....	38
F.1 Généralités .....	38
F.2 Charges minimales de cisaillement .....	42
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Détermination des catégories de sécurité pour les joints soudés</b> .....	44
<b>Annexe H</b> (informative) <b>Soudage des alliages d'aluminium extrudés de la série 6000 — Recommandations du projet Aljoin pour une tenue à la collision améliorée</b> .....	45
<b>Bibliographie</b> .....	46



## Sommaire (suite)

	Page
<b>Figures</b>	
Figure 1 — Exemple de poutre en caisson avec catégorie de contrainte élevé dans la semelle tendue	14
Figure 2 — Assemblage bout à bout sur des pièces d'épaisseurs différentes	15
Figure 3 — Accès pour le soudage des soudures en bouchons et en entailles	16
Figure 4 — Dimensions pour des soudures en bouchons et les soudures en entailles	16
Figure 5 — Distance minimale entre zones fondues	17
Figure 6 — Raidisseurs soudés perpendiculairement à une soudure longitudinale	17
Figure 7 — Orifices de remplissage et d'évacuation	17
Figure 8 — Conception des extrémités de goussets et de raidisseurs	18
Figure 9 — Forme des goussets	18
Figure 10 — Bouclage	19
Figure 11 — Distance par rapport au bord de la tôle pour les soudures d'angle	19
Figure 12 — Distance de recouvrement minimale pour les assemblages à recouvrement	20
Figure 13 — Exemple d'appendices ou «plaquettes martyres» pour soudures en bout	20
Figure 14 — Assemblages bridés	21
Figure 15 — Assemblages mixtes	22
Figure 16 — Localisation de la corrosion	22
Figure 17 — Parachèvement des cordons de soudure	23
Figure 18 — Soudures discontinues	24
Figure D.1 — Types d'assemblages en fonction des contraintes et/ou des classes de contrôle	36
Figure F.1 — Soudage par résistance par points de profilés et de tôles	38
Figure F.2 — Soudage par résistance par points de tôles avec une seule rangée	39
Figure F.3 — Soudage par résistance de tôles, avec double rangée de points	39
Figure F.4 — Soudage par résistance de tôles, avec double rangée de points décalés	39
<b>Tableaux</b>	
Tableau 1 — Catégories de contrainte	8
Tableau 2 — Classes de performance de soudure	9
Tableau 3 — Correspondance entre les classes de performance de soudure et les classes de contrôle	10
Tableau 4 — Comparaison entre catégories de contrainte, catégories de sécurité, classes de performance des soudures, niveaux de qualité par rapport aux défauts, classes de contrôle et essais	10
Tableau 5 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour l'acier par rapport à la classe de performance de la soudure	11
Tableau 6 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour l'aluminium et ses alliages par rapport à la classe de performance de la soudure	11
Tableau 7 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par faisceau laser et par faisceau d'électrons pour l'acier par rapport à la classe de performance de soudure	12
Tableau 8 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par faisceau laser et par faisceau d'électrons pour l'aluminium et ses alliages par rapport à la classe de performance de la soudure	12

**EN 15085-3:2007 (F)**

**Sommaire (fin)**

	Page
<b>Tableau 9 — Soudage dans des zones formées à froid (pour l'acier) .....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons .....</b>	<b>27</b>
<b>Tableau C.1 — Forme des préparations et sections des soudures en bouchon et en entailles .....</b>	<b>35</b>
<b>Tableau F.1 .....</b>	<b>38</b>
<b>Tableau F.2 — Exigences de qualité .....</b>	<b>40</b>
<b>Tableau F.3 — Qualité des surfaces .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau F.4 — Charges minimales de cisaillement pour les soudures par résistance par points sur de l'acier pour les classes de performance de soudure CP C1, CP C2 et CP C3 .....</b>	<b>42</b>
<b>Tableau F.5 — Charges minimales de cisaillement pour les soudures par résistance par points sur de l'aluminium et des alliages d'aluminium pour les classes de performance de soudure CP 1, CP C2 CP C3 .....</b>	<b>43</b>

## Avant-propos

Le présent document (EN 15085-3:2007) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 256 «Applications ferroviaires», dont le secrétariat est tenu par DIN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en avril 2008, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en avril 2008.

La présente série de Normes européennes EN 15085 «Applications ferroviaires — Soudage des véhicules et des composants ferroviaires» est composée des parties suivantes :

- *Partie 1 : Généralités*
- *Partie 2 : Exigences de qualité et certification du constructeur*
- *Partie 3 : Exigences de conception*
- *Partie 4 : Exigences de production*
- *Partie 5 : Vérification, contrôles et documentations.*

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.

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, 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 15085-3:2007 (F)

### Introduction

Le soudage est un procédé spécial dans la construction des véhicules et des composants ferroviaires. Les dispositions requises pour ce procédé sont exposées dans les normes EN ISO 3834. Les bases de ces dispositions sont les normes techniques fondamentales en soudage tout en respectant les exigences spéciales relatives à la construction de véhicules ferroviaires.

La présente norme vise à définir les modalités d'application des Normes européennes. Elle ne doit pas être interprétée comme un document de remplacement de ces normes.

La présente norme peut être aussi utilisée par des parties internes ou externes, entre autres des organismes de certification, pour évaluer l'aptitude du constructeur à répondre aux exigences du client, de la réglementation et de sa propre organisation.

### 1 Domaine d'application

La présente série de normes s'applique au soudage de matériaux métalliques au cours de la construction et de la maintenance des véhicules ferroviaires et de leurs composants.

La présente partie de la série spécifie les règles de conception et de classification applicables à la construction et à la maintenance des véhicules ferroviaires et de leurs composants. Sous réserve d'accord avec le client, les dessins produits avant la présente Norme Européenne peuvent faire l'objet des dispositions de la présente Norme Européenne.

La présente série de normes ne définit pas les paramètres de dimensionnement (se référer aux autres normes par exemple sur l'essai de fatigue).

### 2 Références normatives

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

EN 1708-2, *Soudage — Descriptif de base des assemblages soudés en acier — Partie 2 : Composants non soumis à une pression interne.*

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 12663, *Applications ferroviaires — Exigences des structures des caisses des matériels roulants ferroviaires.*

EN 13749, *Applications ferroviaires — Bogies et organes de roulement — Méthodes de spécification des exigences structurelles des châssis de bogies.*

EN 15085-1:2007, *Applications ferroviaires — Soudage des véhicules et des composants ferroviaires — Partie 1 : Généralités.*

EN 15085-2:2007, *Applications ferroviaires — Soudage des véhicules et des composants ferroviaires — Partie 2 : Exigences de qualité et certification du constructeur.*

EN 15085-4:2007, *Applications ferroviaires — Soudage des véhicules et des composants ferroviaires — Partie 4 : Exigences de production.*

EN 15085-5:2007, *Applications ferroviaires — Soudage des véhicules et des composants ferroviaires — Partie 5 : Vérification, contrôles et documentations.*

**EN 15085-3:2007 (F)**

EN 22553, *Joints soudés et brasés — Représentations symboliques sur les dessins* (ISO 2553:1992).

EN ISO 4063, *Soudage et techniques connexes — Nomenclature des procédés et numéros de référence* (ISO 4063:1998).

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).

EN ISO 6520-1, *Soudage et techniques connexes — Classification des défauts géométriques dans les soudures des matières métalliques — Partie 1 : Soudage par fusion* (ISO 6520-1:1998).

EN ISO 6520-2, *Soudage et techniques connexes — Classification des défauts géométriques dans les soudures des matières métalliques — Partie 2 : Soudage avec pression* (ISO 6520-2:2001).

EN ISO 9692-1, *Soudage et techniques connexes — Recommandation pour la préparation du joint — 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 9692-3, *Soudage et techniques connexes — Recommandation pour la préparation du joint — Partie 3 : Soudage MIG et TIG de l'aluminium et de ses alliages* (ISO 9692-3:2000).

EN ISO 10042, *Assemblages en aluminium et alliages d'aluminium soudables soudés à l'arc — Guide des niveaux d'acceptation des défauts* (ISO 10042:2005).

EN ISO 13919-1, *Soudage — Assemblages soudés par faisceau d'électrons et par faisceau laser — Guide des niveaux de qualité des défauts — Partie 1 : Acier* (ISO 13919-1:1996).

EN ISO 13919-2, *Soudage — Assemblages soudés par faisceau d'électrons et par faisceau laser — Guide des niveaux de qualité des défauts — Partie 2 : Aluminium et ses alliages soudables* (ISO 13919-2:2001).

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

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 15614-12, *Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques — Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage — Partie 12 : Soudage par points, à la molette et par bossages* (ISO 15614-12:2004).

EN ISO 17653, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essai de torsion de soudures par résistance par points* (ISO 17653:2003).

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

CEN ISO/TR 15608, *Soudage — Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux métalliques* (ISO/TR 15608:2005).

### **3 Termes et définitions**

Pour les besoins de la présente Norme européenne, les termes et définitions donnés dans l'EN 15085-1:2007 s'appliquent.

## EN 15085-3:2007 (F)

### 4 Exigences de conception

#### 4.1 Généralités

Pour les assemblages soudés du matériel roulant ferroviaire, sauf exigences particulières mentionnées dans le cadre du projet ou dans les spécifications du produit, les exigences de conception et de réalisation doivent être définies comme suit.

#### 4.2 Dimensionnement du joint en statique

Les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites admissibles de l'assemblage considéré proposées dans la spécification du produit ou par le constructeur et acceptées par l'autorité de réception.

Des exemples de dimensionnement d'une soudure en statique : «sections efficaces  $a_R$ » sont donnés dans l'Annexe B et l'Annexe C.

Des calculs locaux doivent être effectués pour garantir que la section de la soudure est à la fois nécessaire et suffisante pour résister aux sollicitations statiques.

#### 4.3 Dimensionnement du joint en fatigue

Les joints doivent être conçus en fonction des catégories contraintes et de sécurité.

Les limites de fatigue admissibles, qui sont définies par des normes, des codes, des méthodes, des lignes directrices ou au moyen de diagrammes contrainte/cycle, sont proposées dans la spécification du produit ou par le constructeur et doivent être acceptées par l'autorité de réception ou par l'autorité nationale de sécurité.

La courbe de référence doit soit être définie dans les spécifications, soit être proposée par le constructeur et approuvée par le client. En général, cette courbe s'applique à un type de joint donné (soudure bout à bout, soudure d'angle, etc.).

#### 4.4 Niveaux de contraintes et facteurs de contrainte

Le niveau de contrainte est déterminé par le facteur de contrainte conformément au Tableau 1. Le facteur de contrainte est le rapport de la contrainte de fatigue calculée à la contrainte de fatigue admissible du type de joint, corrigée du facteur de sécurité approprié. La norme ou la source de données relative à la contrainte admissible doit faire l'objet d'un accord entre le client et le constructeur et, si exigé, avec l'autorité nationale de sécurité. Dans ce contexte, les normes européennes relatives à la construction des véhicules ferroviaires doivent être appliquées, par exemple EN 12663, EN 13749. En plus, l'application de normes nationales est également possible.

D'autre part, la contrainte de fatigue admissible peut être déterminée à partir d'essais de fatigue effectués sur des échantillons d'assemblages soudés représentatifs. L'évaluation statistique des essais de fatigue doit répondre à une norme ou à une ligne directrice ayant l'accord de l'autorité nationale de sécurité. Les normes européennes concernant les exigences structurelles relatives aux véhicules ferroviaires doivent être également appliquées, par exemple EN 12663. De plus, l'application de normes nationales est également possible.

**Tableau 1 — Catégories de contrainte**

Catégorie de contrainte	Facteur de contrainte (S)		
	Valeurs de contrainte de fatigue suivant les valeurs standards	Valeurs d'essai à la fatigue pour un échantillon d'assemblage soudé représentatif	
		Option 1	Option 2 <sup>a)</sup>
Élevée	$\geq 0,9$	$\geq 0,8$	$\geq 0,9$
Moyenne	$0,75 \leq S < 0,9$	$0,5 \leq S < 0,8$	$0,75 \leq S < 0,9$
Faible	$< 0,75$	$< 0,5$	$< 0,75$
a) La valeur limite prise en compte doit faire l'objet d'un accord avec le client ou avec l'autorité de réception.			

## 4.5 Catégories de sécurité

La catégorie de sécurité définit les conséquences de la défaillance d'un simple assemblage soudé en termes d'effets sur les personnes, les installations et l'environnement.

Les catégories de sécurité sont différenciées comme suit :

- Faible :** La défaillance de l'assemblage soudé ne conduit à aucune dégradation directe du fonctionnement global. Des répercussions entraînant des dommages corporels sont peu probables.
- Moyenne :** La défaillance de l'assemblage soudé conduit à une dégradation du fonctionnement global ou peut entraîner des dommages corporels.
- Élevée :** La défaillance de l'assemblage entraîne des dommages corporels et l'interruption du fonctionnement global.

## 4.6 Classes de performance de soudure

Des classes de performance de soudure doivent être définies durant la phase de conception en fonction de la catégorie de sécurité et de la catégorie de contrainte. Il convient que le coordinateur en soudage responsable soit consulté au sujet de la faisabilité et de la réalisabilité.

Les joints soudés que l'on trouve sur les matériels roulants sont répartis dans les six classes de performance (voir Tableau 2).

**Tableau 2 — Classes de performance de soudure**

Catégorie de contrainte	Catégorie de sécurité		
	Élevée	Moyenne	Faible
Élevée	CP A <sup>a)</sup>	CP B <sup>c)</sup>	CP C2
Moyenne	CP B <sup>b)</sup>	CP C2	CP C3
Faible	CP C1 <sup>d)</sup>	CP C3	CP D
<p><i>a) La classe de qualité de soudure CP A est une classe spéciale qui s'applique seulement aux soudures avec pénétration totale et accessibilité totale pour le contrôle et la maintenance</i></p> <p><i>b) Classe de qualité CP B :</i></p> <p><i>CP B pour catégorie de sécurité «élevée» : n'est valable que pour les soudures avec pénétration totale et accessibilité totale pour le contrôle et la maintenance</i></p> <p><i>c) CP B pour catégorie de sécurité «moyenne» : est également valable pour les soudures sans possibilité d'essai volumétrique; dans ce cas une mention spéciale «catégorie de sécurité moyenne/augmentation de la surface d'essai exigée» doit être indiquée sur le plan et les essais suivant le Tableau 1 de l'EN15085-5:2007 doivent être effectués.</i></p> <p><i>d) Classe de qualité CP C :</i></p> <p><i>CP C1 est également valable pour les soudures sans possibilité d'essai volumétrique. Dans ce cas une mention spéciale «essai de surface nécessaire» doit être indiquée sur le plan et les essais suivant le Tableau 1 de l'EN15085-5 :2007 doivent être effectués.</i></p>			

Les joints soudés avec classe de performance de soudure CP A, CP B et CP C1 qui peuvent être contrôlés pendant la fabrication mais ne peuvent pas être contrôlés et réparés en maintenance, doivent être soumis à la classe de contrôle la plus élevée suivant le Tableau 3, ou bien le niveau de contrainte doit être diminué.

S'il n'est pas possible de respecter les exigences de la classe de performance de soudage, le concepteur doit réduire la catégorie de contrainte ou bien changer la conception, voir Annexe D et Annexe E.

Le parachèvement d'une soudure est une des méthodes possibles pour augmenter la catégorie de contraintes de fatigue admissibles d'un assemblage et qui peut conduire à une réduction de la classe de performance de la soudure.

Les classes de performance de soudure et les classes de contrôle doivent figurer sur les plans ou dans d'autres documents, par exemple les listes de pièces.

## EN 15085-3:2007 (F)

### 4.7 Classes de contrôle

La classe de contrôle applicable à chaque joint soudé est définie en fonction de la classe de performance de soudure définie précédemment, voir Tableau 3.

Ces classes de contrôle sont utilisées pour identifier les types et les niveaux minimaux des contrôles à effectuer sur les joints soudés.

**Tableau 3 — Correspondance entre les classes de performance de soudure et les classes de contrôle**

Classe de performance de soudure	Classe de contrôle Exigence minimale
CP A	CT 1
CP B	CT 2
CP C1	CT 2
CP C2	CT 3
CP C3	CT 4
CP D	CT 4

Les essais applicables à ces classes de contrôle doivent être au minimum ceux décrits dans l'EN 15085-5.

### 4.8 Relations entre catégories de contrainte, catégories de sécurité, classes de performance des soudures, niveaux de qualité par rapport aux défauts, classe de contrôle et essais

Le Tableau 4 résume les relations entre catégorie de contrainte, catégorie de sécurité, classe de performance de soudure, niveau de qualité par rapport aux défauts, classe de contrôle et essais suivant le Tableau 1, le Tableau 2, le Tableau 3, le Tableau 5 et le Tableau 6 ainsi que l'EN 15085-5 :2007, Tableau 1.

**Tableau 4 — Comparaison entre catégories de contrainte, catégories de sécurité, classes de performance des soudures, niveaux de qualité par rapport aux défauts, classes de contrôle et essais**

Catégorie de contrainte	Catégorie de sécurité	Classe de performance	Niveau de qualité par rapport aux défauts EN ISO 5817 ISO 10042	Classe de contrôle	Contrôles volumétriques RT ou UT	Contrôles de surface MT ou PT	Contrôle visuel VT
Élevée	Élevée	CP A	voir Tableau 5 ou Tableau 6	CT 1	100 %	100 %	100 %
Élevée	Moyenne	CP B	B	CT 2	10 %	10 %	100 %
Élevée	Faible	CP C2	C	CT 3	Non exigé	Non exigé	100 %
Moyenne	Élevée	CP B	B	CT 2	10%	10 %	100 %
Moyenne	Moyenne	CP C2	C	CT 3	Non exigé	Non exigé	100 %
Moyenne	Faible	CP C3	C	CT 4	Non exigé	Non exigé	100 %
Faible	Élevée	CP C1	C	CT 2	10 %	10 %	100 %
Faible	Moyenne	CP C3	C	CT 4	Non exigé	Non exigé	100 %
Faible	Faible	CP D	D	CT 4	Non exigé	Non exigé	100 %



## 5 Niveaux de qualité par rapport aux défauts

### 5.1 Généralités

Les défauts de soudage doivent être définis suivant l'EN ISO 6520-1 et l'EN ISO 6520-2.

### 5.2 Niveaux de qualité par rapport aux défauts

Les niveaux de qualité par rapport aux défauts en fonction des classes de performance des soudures doivent être tels que listés dans le Tableau 5 et le Tableau 6 conformément aux EN ISO 5817 et EN ISO 10042.

#### 5.2.1 Niveaux de qualité par rapport aux défauts de soudage pour les joints soudés par fusion (sauf soudage par faisceau)

##### 5.2.1.1 Acier

Les niveaux de qualité par rapport aux défauts conformes à l'EN ISO 5817 sont donnés dans le Tableau 5.

**Tableau 5 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour l'acier par rapport à la classe de performance de la soudure**

Type de défaut selon EN ISO 5817	Classe de qualité des soudures			
	CP A	CP B	CP C1 / CP C2 / CP C3	CP D
1.1 à 1.6, 1.13, 1.15, 1.18, 1.19, 1.22, 2.1, 2.7, 2.8, 2.11 à 2.13	B	B	C	D
1.7, 1.8, 1.9, 1.11, 1.14, 1.17, 1.23, 2.2, 2.3 à 2.6, 2.9, 2.10, 3.1	Interdit	B	C	D
1.10, 1.16, 1.20, 1.21, 3.2	Non applicable	B	C	D
1.12 <sup>a)</sup> , 4.1, 4.2	Ces défauts ne sont pas examinés			
a) Pour CP A, voir aussi 7.3.15.				

##### 5.2.1.2 Aluminium et ses alliages

Les niveaux de qualité par rapport aux défauts conformes à l'ISO 10042 sont donnés au Tableau 6.

**Tableau 6 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour l'aluminium et ses alliages par rapport à la classe de performance de la soudure**

Type de défaut selon EN ISO 10042	Classe de qualité des soudures			
	CP A	CP B	CP C1 / CP C2 / CP C3	CP D
1.1, 1.2, 1.4, 1.5, 1.7 à 1.9, 1.15, 2.1, 2.3, 2.6, 2.10	B	B	C	D
1.3	Interdit	Interdit	Interdit	D
1.6, 1.10, 1.11, 1.14, 1.16, 1.18, 2.2, 2.4, 2.5, 2.7 à 2.9, 3.1	Interdit	B	C	D
1.12, 1.13, 1.17, 2.11, 2.12, 3.2	Non applicable	B	C	D
4.1	Ces défauts ne sont pas examinés			

Pour les joints en T bout à bout en CP A, le rayon à l'extrémité doit être  $\geq 3$  mm. Voir aussi la Figure 17.

## EN 15085-3:2007 (F)

### 5.2.2 Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par faisceau laser ou par faisceau d'électrons par rapport à la classe de performance de la soudure

Les niveaux de qualité par rapport aux défauts doivent être conformes à l'EN ISO 13919-1 et à l'EN ISO 13919-2 et sont donnés dans le Tableau 7 et le Tableau 8.

**Tableau 7 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par faisceau laser et par faisceau d'électrons pour l'acier par rapport à la classe de performance de soudure**

Type de défaut selon EN ISO 10042	Classe de performance des soudures			
	CP A	CP B	CP C1 / CP C2 / CP C3	CP D
1 à 4, 6, 7, 18	B	B	C	D
5, 8, 10 à 16	Interdit	B	C	D
9, 17	Non applicable	B	C	D

**Tableau 8 — Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par faisceau laser et par faisceau d'électrons pour l'aluminium et ses alliages par rapport à la classe de performance de la soudure**

Type de défaut selon EN ISO 10042	Classe de qualité des soudures			
	CP A	CP B	CP C1 / CP C2 / CP C3	CP D
1 à 5, 7, 8, 20	B	B	C	D
6, 9, 11 à 18	Interdit	B	C	D
10, 19	Non applicable	B	C	D

### 5.2.3 Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage en bouton par rapport à la classe de performance de soudure

Le soudage des goujons n'est autorisé que pour les classes de performance de soudure CP C3 et CP D. Les exigences suivant l'EN ISO 14555 doivent être satisfaites.

### 5.2.4 Niveaux de qualité par rapport aux défauts pour le soudage par résistance par point, le soudage par broissage et le soudage à la molette par rapport à la classe de performance de soudure

Les exigences de qualité pour le soudage par résistance par point, le soudage par broissage et le soudage à la molette sont définies dans le Tableau F.2. Pour la qualité de surface, le Tableau 3 s'applique.

Le soudage par résistance par point, le soudage par broissage et le soudage à la molette ne sont autorisés que pour les classes de performance de soudure CP A et CP B.

### 5.2.5 Définition des exigences de qualité pour les autres procédés de soudage

Les exigences de qualité pour les autres procédés de soudage peuvent faire l'objet d'un accord entre le client et le constructeur. Si exigé, cela doit faire également l'objet d'un accord de la part de l'autorité de sécurité nationale.

## **6 Choix des matériaux de base et des produits consommables**

### **6.1 Choix des matériaux de base**

Les matériaux de base doivent répondre aux exigences des groupes de matériaux suivant CEN ISO/TR 15608 et leur soudabilité doit être établie. La soudabilité suivant ISO/TR 581 est considérée comme établie si les matériaux sont repris dans les normes EN et sont désignés par ces normes comme des matériaux soudables.

Pour un matériau de base dont la soudabilité n'est pas établie, le constructeur doit démontrer au client ou à l'exploitant par une Qualification de Mode Opératoire de Soudage (QMOS) que les caractéristiques des assemblages réalisés au moyen du matériau choisi satisfont aux exigences définies par le bureau d'études ou le service technique (voir EN 15085-4:2007, 5.2.3).

Pour les pièces de véhicules ferroviaires avec des joints soudés de classe de sécurité moyenne ou haute, les seuls métaux de base qui peuvent être utilisés sont ceux pour lesquels il existe ou sont acceptées des valeurs de tenue en fatigue pour les charges dynamiques.

### **6.2 Choix des produits consommables de soudage**

Lorsque les propriétés des produits consommables de soudage choisis sont mises en cause, le constructeur doit démontrer au client ou à l'exploitant par la réalisation d'une Qualification de Mode Opératoire de Soudage (QMOS) que les caractéristiques des assemblages réalisés au moyen des produits concernés choisis sont conformes aux exigences définies par le bureau d'études ou le service technique (voir EN 15085-4:2007, 5.3.1).

## **7 Conception des joints soudés**

### **7.1 Généralités**

Il convient d'éviter de réaliser des assemblages à arêtes vives et à variations brutales de section transversale. Les lignes de force doivent être le moins perturbées possible.

Si cela est réalisable, il convient que les fibres neutres des pièces à assembler soient alignées. Il convient d'éviter les cordons de soudure dans les zones de contrainte élevée. En cas d'impossibilité, des exigences de contrôle plus contraignantes doivent être prévues.

Si cela est exigé, pour prendre une décision dans le processus de conception, une preuve de calcul de la section nécessaire d'une soudure peut être apportée par des essais de soudage.

Concernant la soudabilité des matériaux de base et les consommables de soudage, les exigences et les recommandations de leurs fabricants doivent être respectées.

Pour des pièces en acier avec des contraintes dans le sens de l'épaisseur, on doit appliquer les règles de conception suivant la norme EN 1011-2 et le choix du matériau en fonction de la réduction d'épaisseur sélectionnée.

Les lattes-soutres envers (soutres permanents du bain de soudure) doivent être pris en compte lors du calcul. Les lattes-soutres envers pour la fabrication en aluminium doivent posséder de préférence une gorge.

Sur les assemblages en T pour la fabrication en aluminium ou en acier, il peut être nécessaire d'utiliser des lattes-soutres envers présentant un chanfrein, par exemple pour un assemblage en T avec un chanfrein en demi-V.

Il convient d'assurer la protection contre la corrosion grâce à une conception adaptée de la soudure, par exemple pour les soudures à pleine pénétration. Il convient de réaliser une protection suffisante contre la corrosion des soudures à pénétration partielle ou les soudures intermittentes.

Le plan doit indiquer l'emplacement du marquage lors du marquage par poinçon.

Afin de limiter les déformations, il convient que les joints soudés soient positionnés sur l'axe neutre de l'assemblage ou symétriquement par rapport à celui-ci.

Les assemblages doivent être conçus de manière à permettre le soudage et le contrôle dans les meilleures conditions d'accès.

Il convient d'éviter les accumulations de soudure. Si nécessaire des pièces forgées ou moulées peuvent être utilisées.

Il convient d'éviter le soudage de pièces rapportées à l'aide de cordons transversaux sur des semelles tendues.

## EN 15085-3:2007 (F)

La perte en résistance dans la zone affectée thermiquement d'un acier ou d'un alliage d'aluminium formé à froid, doit être prise en compte lors du calcul.

Il convient d'éviter les conceptions présentant des assemblages mixtes combinant des joints soudés et des assemblages ou boulonnés ou rivés.

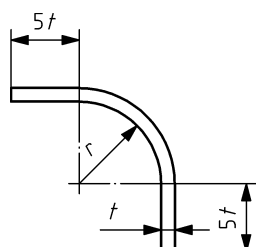
Les exigences pour le soudage par résistance par point sont données en Annexe F.

### 7.2 Soudage dans des zones formées à froid

Dans les zones formées à froid (incluant la zone adjacente égale à  $5 \times t$ ) d'un matériau appartenant aux groupes 1.1, 1.2 et 1.4 selon EN ISO/TR 15608, le soudage ne doit être permis que pour les structures de niveau de certification CL 3. Pour les structures de niveau de certification CL 1 et de niveau de certification CL 2, il ne doit être permis que si :

- après pliage et avant soudage, un traitement thermique (par exemple de normalisation) a été effectué, ou
- les conditions du Tableau 9 sont respectées (rapport du rayon de pliage à l'épaisseur de la tôle).

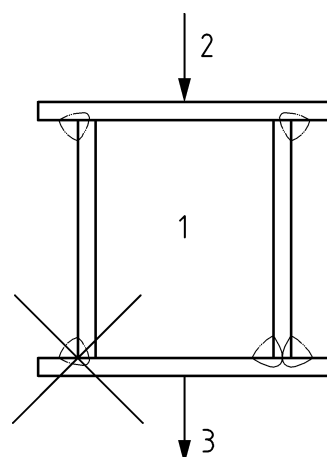
**Tableau 9 — Soudage dans des zones formées à froid (pour l'acier)**

min. $r/t$	Max. $t$	
10	50	
3	24	
2	12	
1,5	8	
1	4 <sup>a)</sup>	
a) Admissible jusqu'à 6 mm pour le matériau S235J2 suivant EN 10025-2.		

### 7.3 Dispositions de fabrication

#### 7.3.1 Poutres en caisson

Dans le cas de soudage de poutre en caisson avec semelle tendue (contrainte en flexion), les assemblages soudés des semelles inférieures réalisés au moyen d'une soudure d'angle d'un seul côté ne sont admis que si des calculs montrent que la rigidité de l'âme est telle que la catégorie de contrainte en racine du cordon reste inférieure à la valeur spécifiée. La Figure 1 montre un exemple de poutre en caisson avec un niveau élevé de contrainte dans la semelle tendue.



#### Légende

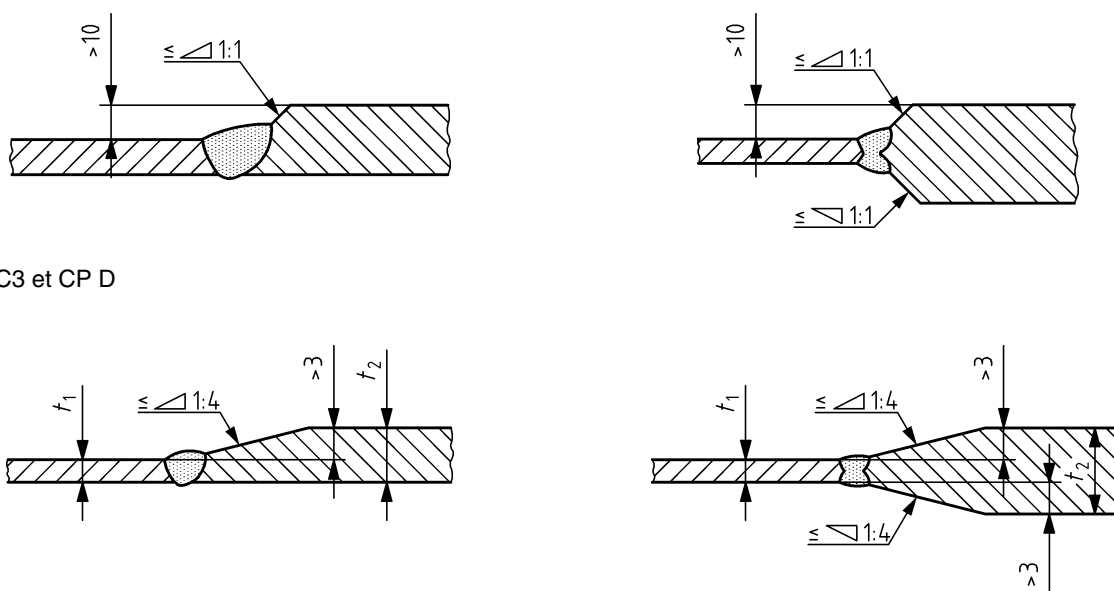
- 1 Section en caisson
- 2 Semelle en compression
- 3 Semelle en tension

**Figure 1 — Exemple de poutre en caisson avec catégorie de contrainte élevée dans la semelle tendue**

### 7.3.2 Soudures bout à bout sur des pièces d'épaisseurs différentes

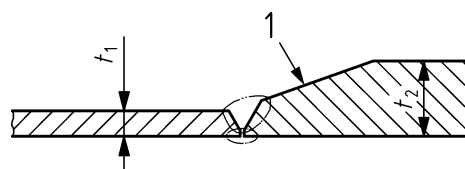
Pour les pièces d'épaisseurs différentes, la transition entre les différentes sections doit être progressive, avec une pente ne dépassant pas les valeurs indiquées à la Figure 2. Si la soudure n'est pas assez épaisse pour absorber la transition, la pièce la plus épaisse doit être délardée en conséquence.

Dimensions en millimètres



1:1 pour CP C3 et CP D

NOTE 1:4 pour des cordons de soudure des classes CP A, CP B, CP C1 et CP C2. La préparation des bords est représentée sur les plans. La pente  $< 1:1$  est un angle de  $< 45^\circ$ , la pente  $< 1:4$  est un angle  $< 14^\circ$ .



#### Légende

1 Pente

Précision complémentaire de la position du chanfrein. La forme extérieure de la soudure doit correspondre à la pente.

Figure 2 — Assemblage bout à bout sur des pièces d'épaisseurs différentes

### 7.3.3 Soudures en bouchons et soudures en entailles

Les soudures en bouchons et les soudures en entailles ne sont autorisées que pour les soudures de classes de performance CP C2, CP C3 ou CP D dans la mesure où celles-ci ne sont soumises qu'à une contrainte en cisaillement pur.

Les dimensions de l'entaille cylindrique ou oblongue doivent permettre un accès de l'électrode ou de la torche avec une inclinaison à un angle de  $45^\circ$  au minimum. Pour les tôles minces, ces exigences sont respectées si le diamètre du trou est supérieur ou égal à quatre fois l'épaisseur de la tôle et si la longueur totale des entailles oblongues est supérieure ou égale à trois fois le diamètre du trou.

Pour les soudures d'angle dans des trous ou dans des entailles, les propriétés suivantes doivent être respectées :

- le diamètre du trou doit être de :  $d > (3 \text{ à } 4) \times t_2$  ou
- la largeur de l'entaille doit être de :  $c > 3 \times t_2$ .

EN 15085-3:2007 (F)

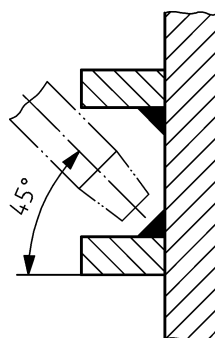
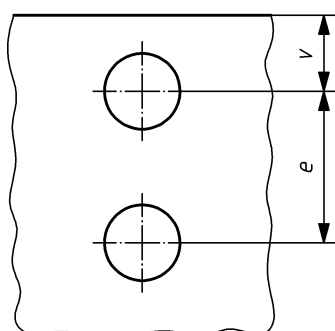
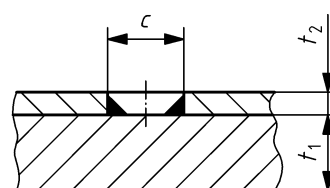
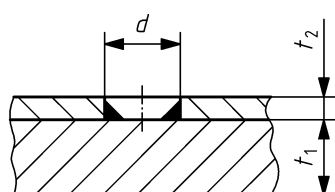
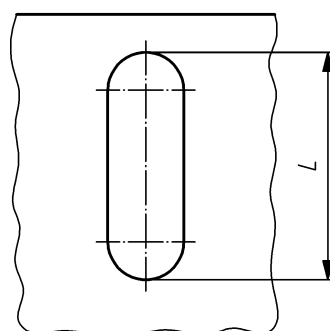


Figure 3 — Accès pour le soudage des soudures en bouchons et en entailles

Dimensions en millimètres



Soudure d'angle dans un trou



Soudure d'angle dans une entaille

$d$  minimum 12

$c$  minimum 12

$v \geq d$

$3 \times d \leq e \leq 4 \times d$

$L \geq 2 c$

Figure 4 — Dimensions pour des soudures en bouchons et les soudures en entailles

### 7.3.4 Proximité de deux joints

Il convient que les soudures soient positionnées à une distance telle que les zones affectées thermiquement ne se recouvrent pas. Le chevauchement de zones affectées thermiquement est acceptable pourvu que les effets de surchauffe ou de durcissement soient pris en compte dans la conception (par exemple contraintes résiduelles, chute de résistance, baisse de dureté).

Afin de réduire la déformation angulaire et le cumul des contraintes, la distance minimale entre deux joints est déterminée en fonction de l'épaisseur des pièces soudées et du bridage de l'assemblage.

Pour les épaisseurs inférieures à 20 mm, et particulièrement pour l'aluminium et les aciers à haute résistance, il est recommandé de maintenir un minimum de 50 mm entre les zones fondues, voir Figure 5.

Dimensions en millimètres

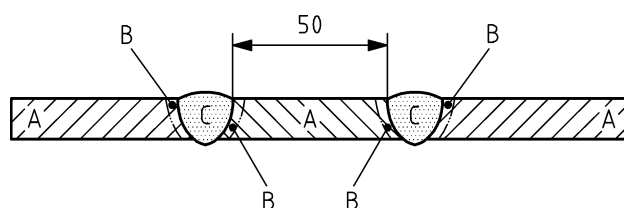


Figure 5 — Distance minimale entre zones fondues

### 7.3.5 Raidisseurs soudés à une soudure longitudinale

Il convient de ne pas pratiquer une ouverture sur des pièces en croisant une soudure bout à bout par une soudure d'angle. Il convient alors de meuler l'excès de soudure dans cette zone, afin de permettre le soudage du raidisseur par une soudure d'angle continue.

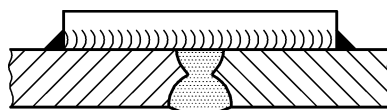
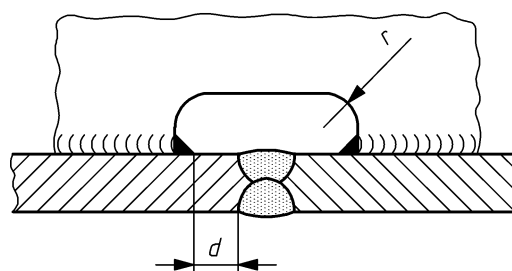


Figure 6 — Raidisseurs soudés perpendiculairement à une soudure longitudinale

### 7.3.6 Orifices de remplissage et d'évacuation

Il convient donc d'éviter les ouvertures de drainage. Si elles sont nécessaires, ces ouvertures doivent être suffisamment larges pour permettre le bouclage du trou, par une soudure d'étanchéité, sans induire une accumulation de contrainte dans la zone affectée thermiquement de la soudure de raboutage des tôles.



$r$  selon EN 1708-2, mais au minimum 30 mm

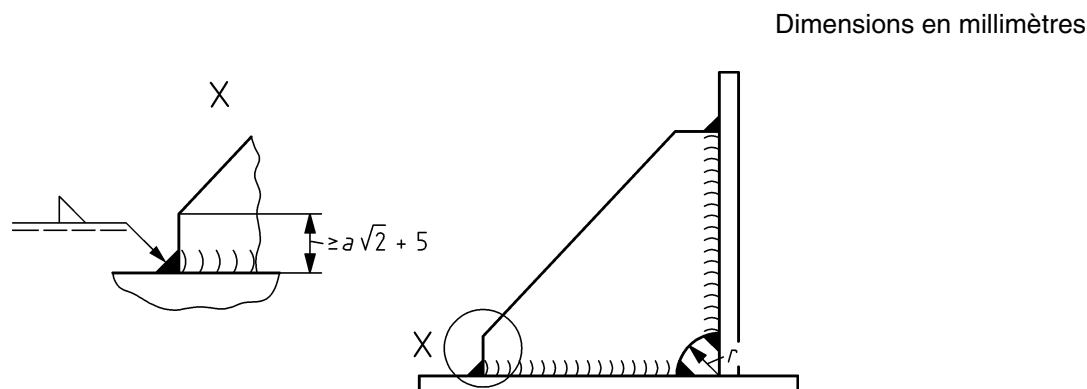
$d \geq 20$  mm

Figure 7 — Orifices de remplissage et d'évacuation

## EN 15085-3:2007 (F)

### 7.3.7 Extrémités de goussets et de raidisseurs

La Figure 8 et la Figure 9 montrent des exemples de conceptions pour des extrémités de goussets et de raidisseurs. Pour réaliser des bouclages dans de bonnes conditions, il convient que les extrémités de goussets et de raidisseurs soient conçues comme représenté à la Figure 8.



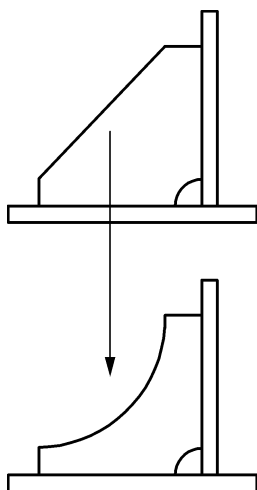
$r$  selon EN 1708-2, mais au minimum 30 mm

**Figure 8 — Conception des extrémités de goussets et de raidisseurs**

Sur des assemblages soumis à des contraintes élevées, les goussets doivent être soudés en continu.

### 7.3.8 Forme des goussets

La majorité des défaillances qui affectent des pièces soumises à une contrainte en fatigue (pièces subissant une sollicitation dynamique) résulte de problèmes de forme des goussets qui canalisent mal les efforts et introduisent des accumulations de contraintes.



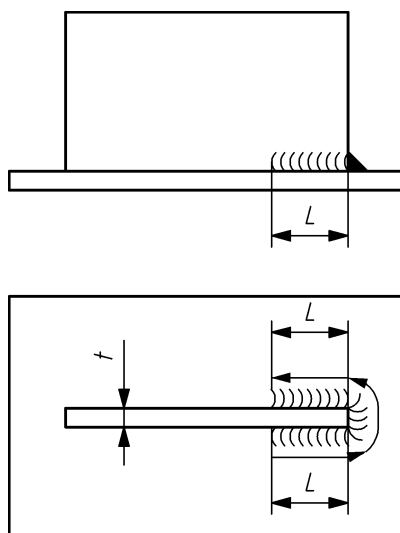
**Figure 9 — Forme des goussets**

### 7.3.9 Bouclages des soudures

Le cordon de soudure doit tourner aux extrémités du gousset si possible sans interruption sur une longueur de retour  $l$  qui est au moins égale à 2 fois l'épaisseur de la tôle ( $t$ ),

- a) pour éviter en général les problèmes de corrosion à l'extrémité de la tôle, indépendamment de la classe de performance ;
- b) pour les extrémités subissant des contraintes élevées ;
- c) si les soudures sont de classes de performance CP C3 ou CP D, le bouclage n'est pas obligatoire.





$l \geq 2 t$  où  $l_{\min} = 10 \text{ mm}$

#### Légende

$t$  Épaisseur de la tôle

$l$  Longueur du retour

La soudure de bouclage doit être effectuée si possible sans interruption.

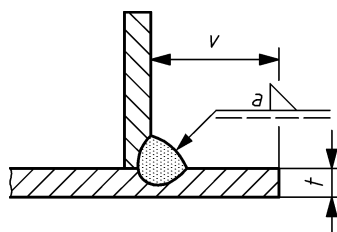
Figure 10 — Bouclage

### 7.3.10 Soudure d'angle

Lors de la conception de soudures d'angle, il convient de prendre en compte les exigences suivantes :

Il convient normalement que les soudures d'angle soient isocèles. Si pour des raisons constructives ou si un meilleur écoulement du flux de force est nécessaire, la longueur du côté de la soudure  $z$  doit être indiquée au plan en plus de l'épaisseur de la gorge  $a$ .

Il convient que l'épaisseur de la gorge  $a$  de la soudure d'angle ne soit pas supérieure à celle prescrite par calcul. Néanmoins elle peut être augmentée pour des raisons technologiques ou à des fins techniques.

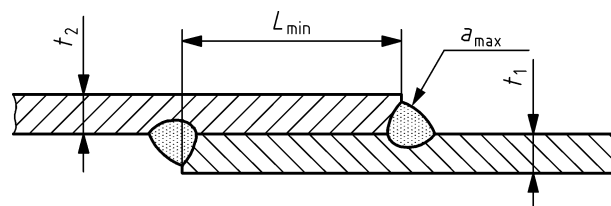


Il convient que la distance  $v$  par rapport au bord de la plaque soit de :  $v \geq 1,5 a + t$ .

Figure 11 — Distance par rapport au bord de la tôle pour les soudures d'angle

## EN 15085-3:2007 (F)

Pour des épaisseurs inférieures à 20 mm, et particulièrement pour l'aluminium et les aciers à haute limite élastique, il est recommandé de maintenir une distance entre les zones fondues d'au moins 50 mm, voir Figure 12.



$$t_2 \leq t_1$$

$$l_{\min} = 3 \times t_2 \text{ (min 50 mm pour } 5 \text{ mm} \leq t_2 \leq 20 \text{ mm)}$$

$$a_{\max} = \frac{t}{\sqrt{2}} - \frac{t}{10}$$

La section spécifiée  $a$  doit être inférieure ou égale à  $a_{\max}$  calculée.

**Figure 12 — Distance de recouvrement minimale pour les assemblages à recouvrement**

### 7.3.11 Soudures bout à bout

Pour les soudures de classes de performance CP A et CP B, des appendices ou «plaquettes martyres» doivent être utilisés au démarrage et à la fin des cordons de soudure, voir Figure 13 pour un exemple. Pour les autres soudures bout à bout, les appendices ou «plaquettes martyres» peuvent être utilisées pour empêcher une insuffisance de pénétration au début et la présence de cratères de soudage à la fin des cordons de soudure (voir EN 15085-4:2007, 5.2.1). Ils doivent être mentionnés sur les plans.

Les appendices ou «plaquettes martyres» doivent être réalisés de manière à permettre le démarrage ou l'arrêt du soudage au-delà de la longueur nécessaire.

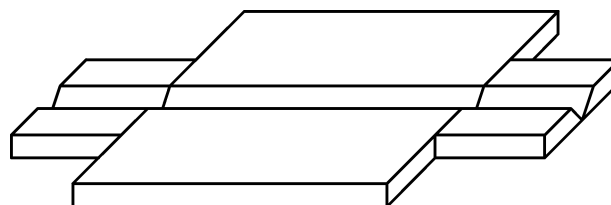
Les pièces à assembler et les plaques, qui sont «intégrées» dans la conception ou implantées comme de petites tôles sur les pièces à souder, doivent être homogènes.

La préparation de ces appendices doit être la même que celle utilisée pour les joints à réaliser.

Les appendices doivent être fixés des moyens mécaniques ou bien magnétiques mais peuvent être soudées.

Après avoir terminé la soudure, les appendices doivent être enlevés mécaniquement ou bien coupés au moyen d'un chalumeau ou d'une torche plasma. Un meulage longitudinal doit être effectué après enlèvement de ces appendices.

Toute rupture par un choc est interdite.



**Figure 13 — Exemple d'appendices ou «plaquettes martyres» pour soudures en bout.**

### 7.3.12 Assemblages bridés

La fissuration à froid et à chaud sont les causes de nombreuses défaillances. Les concepteurs devraient savoir que le bridage (contraintes résiduelles) des assemblages soudés favorise l'apparition de ces deux types de fissuration. Les joints soudés qui ont des contraintes résiduelles augmentées à cause du bridage peuvent conduire à des fissurations à froid ou à chaud.

Il convient d'éviter un certain nombre de types d'assemblages car leurs contraintes résiduelles peuvent conduire à ce genre de problème :

- lors du soudage de ronds pleins ou de tubes à paroi épaisse sur des tôles épaisses, le retrait du cordon ne peut se faire correctement (a) de la Figure 14) ;
- le soudage de petites pièces épaisses (doubleur) indéformables (b) à la Figure 14) ;
- le soudage de voiles dans des tubes épais indéformables (c) à la Figure 14) ;
- le soudage de pièces intermédiaires assemblées au dernier moment entre deux ensembles rigides et indéformables.

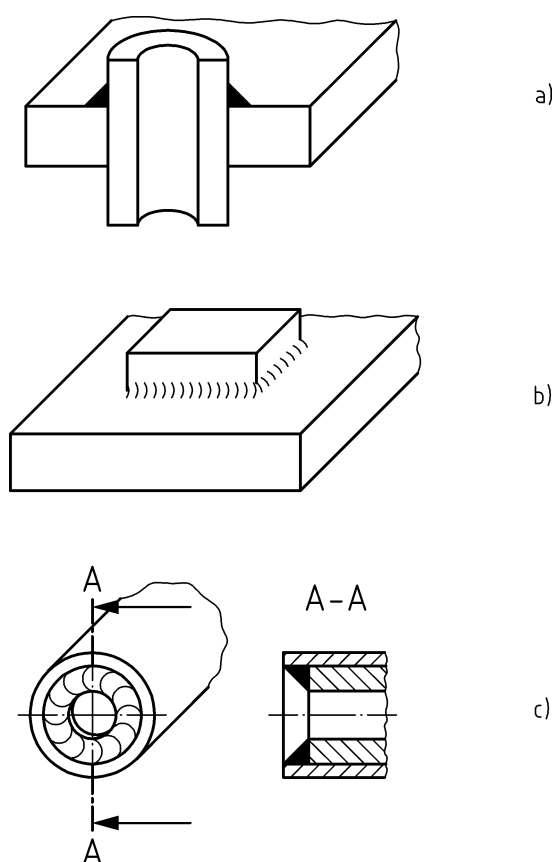


Figure 14 — Assemblages bridés

Afin de limiter ces risques de fissuration, les soudures d'angle doivent présenter des sections de gorges minimales du cordon en fonction de l'épaisseur des tôles à assembler.

## EN 15085-3:2007 (F)

### 7.3.13 Assemblages mixtes

Ce type d'assemblage est à éviter car seule une des pièces est sollicitée.

Les assemblages soudés et vissés ne se complètent pas pour transmettre les efforts et pour réduire les contraintes dues au retrait de l'opération de soudage.

Dans ce cas, seule la soudure est sollicitée. La soudure peut donc être à l'origine de la fissuration par fatigue d'un assemblage mixte soumis à des contraintes cycliques. En conséquence, seule la soudure est à prendre en compte lors du calcul.

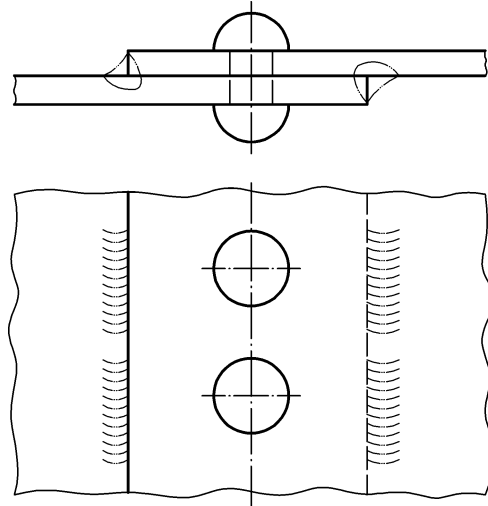


Figure 15 — Assemblages mixtes

Seuls les écrous ayant une soudabilité prouvée peuvent être immobilisés par soudage.

### 7.3.14 Prévention contre la corrosion

En cas de nécessité, pour empêcher les problèmes liés à la corrosion, le concepteur doit garantir l'étanchéité au revers de la soudure au moyen d'un bouclage et/ou d'une reprise envers ou d'un composite d'étanchéité.

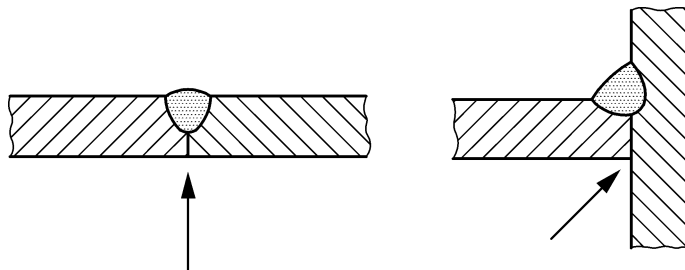


Figure 16 — Localisation de la corrosion

### 7.3.15 Traitements de parachèvement – Pieds de cordon — Amélioration de la forme de la soudure

Les traitements effectués après le soudage d'un assemblage ont pour but l'amélioration du comportement à la fatigue de ce dernier.

Cette amélioration peut consister en une augmentation de la durée de vie (pour un niveau de contrainte donné) ou en une augmentation de la limite de fatigue (pour une durée de vie donnée).

La réduction des contraintes maximales est obtenue en diminuant la concentration des contraintes (effet d'entaille) sur des accidents géométriques naturels des cordons, l'exemple le plus significatif étant celui du raccordement en pied de cordon sur une soudure d'angle.

Le traitement de parachèvement du pied de cordon à effectuer sur une soudure doit être défini dans une procédure et le gain de contrainte admissible réalisé doit être vérifié par le concepteur.

- Dans le cas d'un traitement par meulage, la profondeur doit être  $k \leq 0,3$  mm et le rayon doit être  $r \geq 3$  mm, voir Figure 17.
- La direction des marques de meulage doit être alignée avec la direction de la contrainte principale.

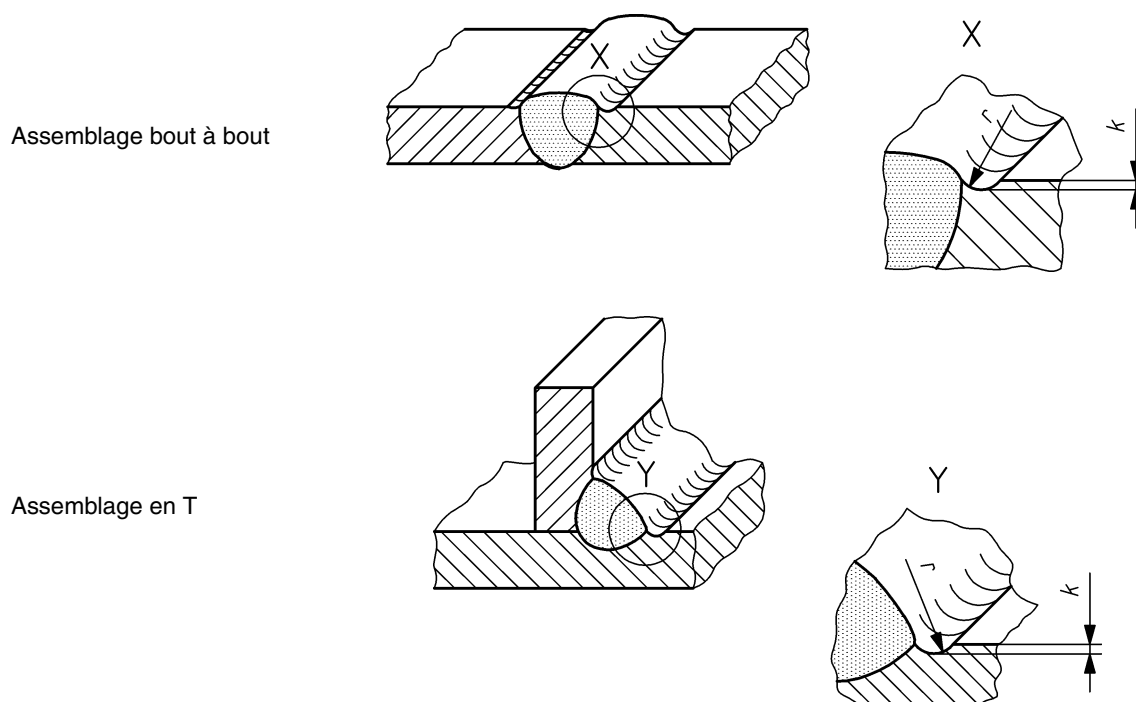


Figure 17 — Parachèvement des cordons de soudure

### 7.3.16 Traitements de parachèvement en vue de diminuer les contraintes résiduelles

#### 7.3.16.1 Généralités

Afin de diminuer les contraintes résiduelles, des opérations de précontrainte peuvent être effectuées, par exemple par grenaillage, ou par traitement thermique de relaxation.

#### 7.3.16.2 Paramètres et caractéristiques du grenaillage de précontrainte

Il convient que les paramètres et les caractéristiques du grenaillage soient acceptés par le client.

En cas de pratique du grenaillage, les points suivants doivent être pris en considération :

- grenaillage d'acier adaptée au travail (type et dimension) ;
- recouvrement de la soudure et de la zone affectée thermiquement.

Les valeurs recommandées de contraintes résiduelles de compression sont les suivantes pour l'acier :

- supérieures à 260 MPa à 0,1 mm sous la surface ;
- à une profondeur de 0,5 mm, les contraintes de compression doivent être supérieures ou égales à 50 MPa.

## EN 15085-3:2007 (F)

### 7.3.16.3 *Traitement thermique de relaxation des contraintes résiduelles de traction*

Pour les traitements thermiques après soudage, les traitements de normalisation ou les traitements de relaxation, il convient que toutes les dispositions soient prises pour réduire les déformations finales ou éviter la nécessité d'un redressage à froid.

Les conditions spécifiques de traitement thermique doivent apparaître sur les plans concernés ou être mentionnées dans les documents associés.

Ce document doit indiquer :

- la température maximale du four lors du chargement ;
- la vitesse moyenne d'échauffement ;
- la durée de maintien de la pièce à la température de traitement ;
- la température du traitement ;
- la vitesse maximale de refroidissement ;
- la température de retrait des pièces du four ;
- les conditions de refroidissement des pièces après le retrait du four.
- Les températures doivent être enregistrées par exemple au moyen d'un pyromètre enregistreur étalonné.

### 7.3.17 **Soudures discontinues (ou intermittentes)**

Il convient que la longueur minimale des soudures discontinues soit la suivante :

- pour  $t_{\max} < 10$  mm :  $l_{\min} > 5 \times t_{\max}$ , avec un minimum de 20 mm pour l'acier et de 30 mm pour les alliages d'aluminium ;
- pour  $t_{\max} > 10$  mm :  $l_{\min} > 3 \times t_{\max}$ , avec un minimum de 50 mm, voir Figure 18.

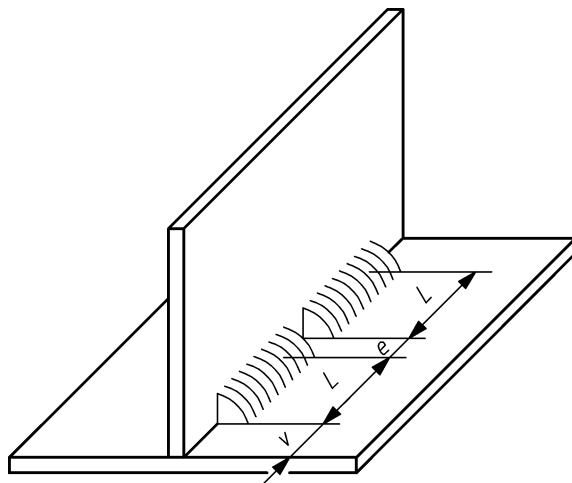


Figure 18 — Soudures discontinues

## 7.4 Préparation des bords

La préparation des bords doit être définie par le constructeur qui peut s'appuyer sur les normes EN ISO 9692-1, EN ISO 9692-2, EN ISO 9692-3.

Voir pour information les Annexes B et C.

La désignation symbolique des soudures sur les plans doit être conforme à la norme EN 22553. De plus les informations suivantes sont nécessaires :

- la classe de performance de la soudure conformément à la présente Norme Européenne doit être indiquée sur les plans. Si un plan contient différentes classes, elles doivent être indiquées près de la soudure. Pour les soudures réalisées par point par résistance, la qualité de surface doit être également indiquée conformément au Tableau F.3 ;
- les niveaux de certification CL 1 à CL 3 suivant l'EN 15085-2:2007 doivent être indiqués pour chaque pièce sur le plan ou sur la liste de pièces. Ce niveau dépend de la classe de performance de soudure la plus élevée de la pièce et des catégories de sécurité de l'ensemble ou du sous-ensemble dont elle fait partie. L'EN 15085-2:2007, Annexe A contient des exemples de possibilités d'affectation de pièces à des niveaux de certification ;
- la forme de la soudure, son épaisseur et sa longueur (voir Annexe B) doivent être indiquées sur le plan ;
- les consommables de soudage doivent être définis sur le plan, la liste de pièces ou d'autres documents.

Toutes les soudures doivent être repérées par un numéro d'ordre sur les plans, sur la nomenclature ou sur d'autres documents.

Si aucune tolérance admissible n'est donnée sur le plan, conformément à l'EN ISO 13920:1996 on doit appliquer ce qui suit :

- la classe de tolérance B pour les dimensions linéaires ou angulaires ;
- la classe de tolérance F pour la rectitude, la planéité et le parallélisme.

**Annexe A**  
(informative)  
**Liste des joints soudés**

Nom de la société, département :

**RÉPERTOIRE DES JOINTS SOUDÉS**

Projet :                      Numéro de commande :                      Niveau de certification/qualification pour le fabricant :                      Date :

Description de la pièce	Numéro de plan	Révision	Repère X	Repère Y	Épaisseur $t_1$	Épaisseur $t_2$	Type de joint	Type de préparation des bords	Classe de performance des soudures	Niveau de qualité par rapport aux défauts	Classe de contrôle	QMOS DMOS	Procédé de soudage	Consommables de soudage utilisés	Type de gaz de protection	Commentaires



## Annexe B

### (informative)

### Préparation des bords

Le Tableau B.1 donne une vue d'ensemble des préparations recommandées et des sections de cordon utilisées pour les soudures des véhicules ferroviaires réalisées par les procédés de soudage 111, 114, 131, 135, 136, 137, 141, 15 et 311 selon EN ISO 4063. D'autres préparations des bords peuvent être utilisées suivant l'EN 15085-4:2007.



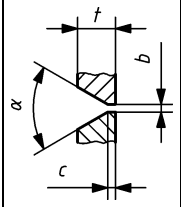
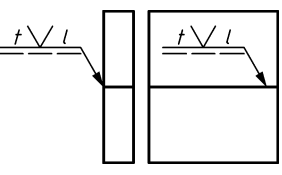


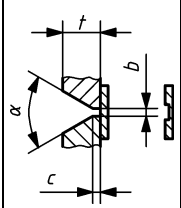
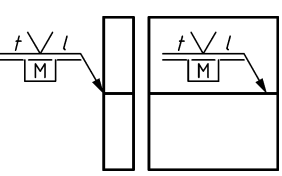


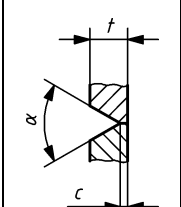
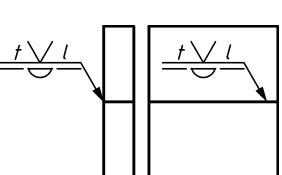


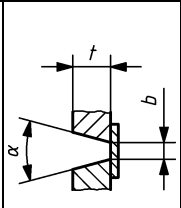
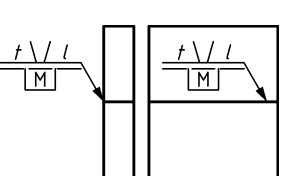
Pour les symboles de soudage, voir EN 22553, pour la préparation du joint voir EN ISO 9692.

**Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons**

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée $t$ (mm)		Angle de préparation $\alpha$		Écartement des bords $b$ (mm)		Hauteur du talon $c$ (mm)		Hauteur de la préparation $h$ (mm)		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
1a	Assemblage bout à bout avec préparation à bords droits soudage d'un seul côté					$\leq 4$	$\leq 4$	—	—	0 — 2	0 — 3	—	—	—	—	$a_R = t$
1b	Assemblage bout à bout avec préparation à bords droits avec latte support permanente <sup>a) b)</sup>					$\leq 6$	$\leq 6$	—	—	0 — 3	0 — 3	—	—	—	—	$a_R = t$
1c	Assemblage bout à bout avec préparation à bords droits soudage des deux côtés					3 — 6	3 — 6	—	—	0 — 2	0 — 3	—	—	—	—	$a_R = t$

(à suivre)

Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée $t$ (mm)		Angle de préparation $\alpha$		Écartement des bords $b$ (mm)		Hauteur du talon $c$ (mm)		Hauteur de la préparation $h$ (mm)		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
2a	Assemblage bout à bout avec chanfrein en V					3 — 15	3 — 15	60 — 70	50 — 60	0 — 2	0 — 3	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t$
2b	Assemblage bout à bout avec chanfrein en V avec latte support permanente <sup>b)</sup>					3 — 15	3 — 15	60 — 70	50 — 60	0 — 4	2 — 4	0 — 2	0 — 2			$a_R = t$
2c	Assemblage bout à bout avec chanfrein en V avec reprise envers <sup>c)</sup>					3 — 15	3 — 5	60 — 70	50 — 60	0 — 2	0 — 2	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t$
2d	Assemblage bout à bout avec chanfrein étroit (à flanc raide) avec latte support permanente <sup>b)</sup>					8 — 20	12 — 30	30 — 40	20 — 40	4 — 10	6 — 15	—	—	—	—	$a_R = t$

(à suivre)

Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée		Angle de préparation		Écartement des bords		Hauteur du talon		Hauteur de la préparation		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						$t$ (mm)		$\alpha$		$b$ (mm)		$c$ (mm)		$h$ (mm)		
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
3a	Assemblage bout à bout avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) <sup>d)</sup>				3 — 15	3 — 15	50 — 60	40 — 60	0 — 2	1 — 3	1 — 2	1 — 2	—	—	$a_R = t$	
3b	Assemblage bout à bout avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec latte support permanente <sup>b)</sup>				3 — 15	3 — 15	50 — 60	40 — 60	0 — 4	2 — 4	1 — 2	1 — 2			$a_R = t$	
3c	Assemblage bout à bout avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec reprise envers <sup>c)</sup>				3 — 15	3 — 15	50 — 60	40 — 60	0 — 2	0 — 2	1 — 2	1 — 2			$a_R = t$	
3d	Assemblage bout à bout avec $\frac{1}{2}$ chanfrein étroit (bord à flanc raide d'un seul côté) avec latte support permanente <sup>b)</sup>				8 — 20	12 — 30	30 — 40	20 — 40	4 — 10	6 — 15	—	—	—	—	$a_R = t$	

(à suivre)



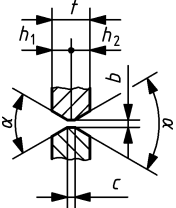
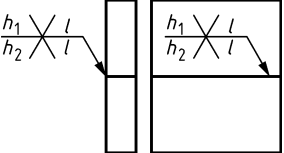

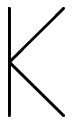
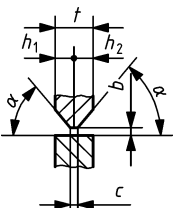
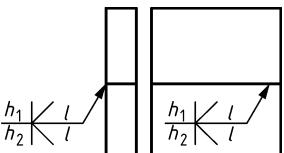

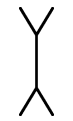
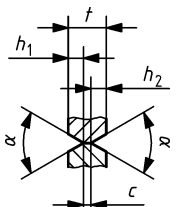
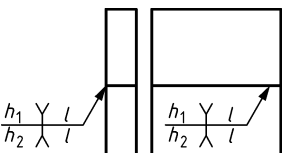

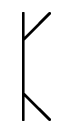
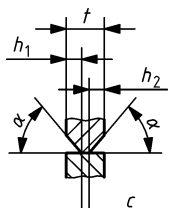
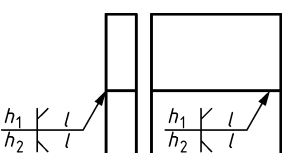
(à suivre)

Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée $t$ (mm)		Angle de préparation $\alpha$		Écartement des bords $b$ (mm)		Hauteur du talon $c$ (mm)		Hauteur de la préparation $h$ (mm)		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
4a	Assemblage bout à bout avec chanfrein en Y					3 — 15	3 — 15	60 — 70	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,8 t$	$\geq 0,8 t$	$a_R \leq t - c$
4b	Assemblage bout à bout avec chanfrein en Y avec reprise envers <sup>e)</sup>					3 — 15	3 — 15	60 — 70	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,8 t$	$\geq 0,8 t$	$a_R \leq t - c$
5a	Assemblage bout à bout avec chanfrein en ½ Y (HY)					3 — 15	3 — 15	50 — 60	40 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,8 t$	$\geq 0,8 t$	$a_R \leq t - c$
5b	Assemblage bout à bout avec chanfrein en ½ Y (HY) avec reprise envers					3 — 15	3 — 15	50 — 60	40 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,8 t$	$\geq 0,8 t$	$a_R \leq t - c$

(à suivre)

**Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons**

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée $t$ (mm)		Angle de préparation $\alpha$		Écartement des bords $b$ (mm)		Hauteur du talon $c$ (mm)		Hauteur de la préparation $h$ (mm)		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
6	Assemblage bout à bout avec chanfrein en X (DV) (double V) <sup>c)</sup>					$\geq 12$	$\geq 12$	60 — 70	50 — 60	0 — 3	0 — 3	1 — 2	1 — 2	$h_{1/2}$ $1/3 t - 1/2 t$		$a_R = t$
7	Assemblage bout à bout avec chanfrein en K (DHV) (double HV) <sup>c)</sup>					$\geq 12$	$\geq 12$	50 — 60	40 — 60	0 — 2	1 — 3	1 — 2	1 — 2	$h_{1/2}$ $1/3 t - 1/2 t$		$a_R = t$
8	Assemblage bout à bout avec chanfrein en double Y (DY) (double Y)					$\geq 12$	$\geq 12$	60 — 70	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,4 t$	$\geq 0,4 t$	$a_R \leq t - c$
9	Assemblage bout à bout avec chanfrein en double 1/2 Y (DHY) (double HY)					$> 12$	$> 12$	50 — 60	40 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	$\geq 0,4 t$	$\geq 0,4 t$	$a_R \leq t - c$

(à suivre)

Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée		Angle de préparation		Écartement des bords		Hauteur du talon		Hauteur de la préparation		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
10a	Assemblage en T avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) <sup>d)</sup>					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	1 — 3	1 — 3	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t_1$
10b	Assemblage en T avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec soudure d'angle à l'envers <sup>c)</sup>					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	0 — 3	0 — 3	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t_1$
10c	Assemblage en T avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec soudure d'angle additionnelle <sup>d)</sup>					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	0 — 3	0 — 3	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t_1$
10d	Assemblage en T avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec reprise envers <sup>c)</sup>					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	0 — 3	0 — 3	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t_1$
10e	Assemblage en T avec chanfrein en $\frac{1}{2}$ V (HV) avec latte support permanente <sup>b) d)</sup>					3 — 20	3 — 20	50 — 60	50 — 60	0 — 5	0 — 5	0 — 2	0 — 2	—	—	$a_R = t_1$


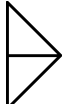
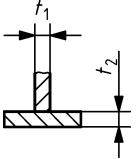
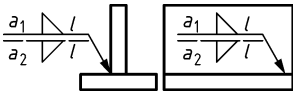


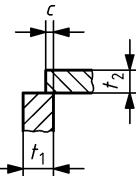
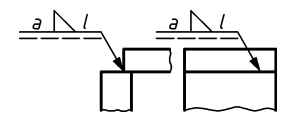

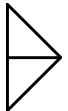
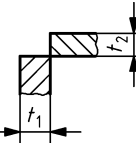
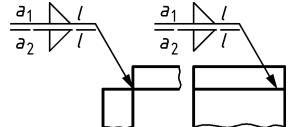


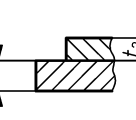
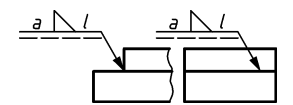
(à suivre)

Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée $t$ (mm)		Angle de préparation $\alpha$		Écartement des bords $b$ (mm)		Hauteur du talon $c$ (mm)		Hauteur de la préparation $h$ (mm)		Section de calcul du joint soudé $a_R$ (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
11a	Assemblage en T avec chanfrein en ½ Y (HY)					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	—	—	$a_R \leq t - c$
11b	Assemblage en T avec chanfrein en ½ Y (HY) avec soudure d'angle à l'envers <sup>e)</sup>					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	—	—	$a_R \leq h + a \leq t_1$
11c	Assemblage en T avec chanfrein en ½ Y (HY) avec soudure d'angle additionnelle					3 — 15	3 — 15	50 — 60	50 — 60	—	—	$\leq 0,2 t$	$\leq 0,2 t$	—	—	$a_R \leq h \leq t_1$ dans des cas particuliers : $a_R \leq h + a \leq t_1$
12	Assemblage bout à bout avec chanfrein reliant trois éléments					$t_2$ 4 — 20	$t_2$ 4 — 20	30 — 40	20 — 40	4 — 10	4 — 10	—	—	—	—	$a_R = b$ <sup>f)</sup> $a_R = t_2$ <sup>g)</sup>
13a	Assemblage en T Soudure d'angle					Al : $a_{\min}$ 3 mm, $a_{\max}$ 12 mm Acier : $a_{\min}$ 2 mm, $a_{\max}$ 12 mm										$a_R = a \leq 0,7 \times t_{\min}$

(à suivre)

**Tableau B.1 — Préparations des joints et sections des cordons**

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce traitée <i>t</i> (mm)		Angle de préparation <i>α</i>		Écartement des bords <i>b</i> (mm)		Hauteur du talon <i>c</i> (mm)		Hauteur de la préparation <i>h</i> (mm)		Section de calcul du joint soudé <i>a<sub>R</sub></i> (mm)
						Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	Al <sup>a)</sup>	Acier	
13b	Assemblage en T Double soudure d'angle					Al : <i>a<sub>min</sub></i> 3 mm, <i>a<sub>max</sub></i> 12 mm Acier : <i>a<sub>min</sub></i> 2 mm, <i>a<sub>max</sub></i> 12 mm										$a_R = a_1 + a_2 \leq t_{min}$ $a_{max} \leq 0,7 \times t_{min}$
13c	Assemblage en angle extérieur soudure d'angle					$t_1 \geq 1$	$t_1 \geq 1$	—	—	—	—	—	—	—	—	$a_R = a \leq 0,7 \times t_2$ $t_2 \leq t_1$
13d	Assemblage en angle extérieur double soudure d'angle					$t_2 \geq 3$	$t_2 \geq 3$	—	—	—	—	—	—	—	—	$a_R = a_1 + a_2 \leq t_2$ $a_1 \leq 0,7 \times t_2$ $t_2 \leq t_1$
13e	Assemblage à recouvrement soudure d'angle (à clin)					$t_2 \geq 1,5$ $t_1 \geq 3$	$t_2 \geq 1,5$ $t_1 \geq 2$	—	—	—	—	—	—	—	—	$a_R = a \leq 0,7 \times t_2$ $t_2 \leq t_1$
Il est possible de s'écarter de ces préparations si des procédés de soudage spéciaux (par exemple des procédés de soudage mécanisés) sont utilisés et si la section de soudure requise est démontrée au moyen d'un témoin de production.																
<p>a) Aluminium et alliages d'aluminium.</p> <p>b) M ou MR (voir EN 22553).</p> <p>c) Avant soudage de la reprise envers, la racine doit être gougée.</p> <p>d) Pour les soudures en HV sans reprise envers, on doit s'assurer lors de la conception, de la production et par des contrôles de la bonne fusion de la racine (éprouvettes d'essai).</p> <p>e) La reprise envers sert à empêcher la corrosion au revers de la soudure.</p> <p>f) transmission d'effort de <i>t1</i> à <i>t2</i> et <i>t3</i> ; les épaisseurs <i>t2</i> et <i>t3</i> et l'ouverture <i>b</i> de la racine du joint doivent être en plus considérées dans le calcul.</p> <p>g) transmission d'effort de <i>t2</i> à <i>t3</i>.</p>																



## Annexe C

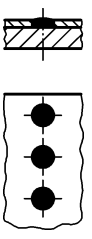

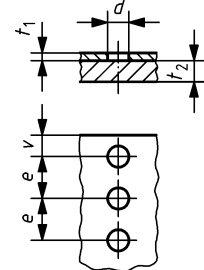
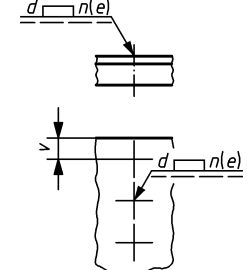
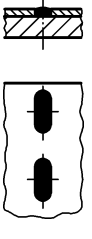

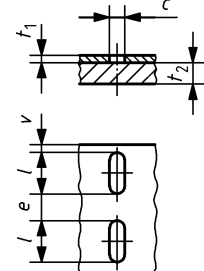
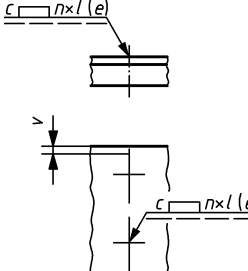
(informative)

### Préparation des bords de soudures en bouchon et en entailles

Le Tableau C.1 donne une vue d'ensemble des préparations recommandées et des sections de soudure utilisées pour des soudures en bouchon sur des véhicules ferroviaires.

Tableau C.1 — Forme des préparations et sections des soudures en bouchon et en entailles

Dimensions en millimètres

N°	Désignation	Figure	Symbole	Vue en coupe de la forme de la préparation	Représentation symbolique	Épaisseur de la pièce		Épaisseur de la pièce		Largeur du bouchon ou de l'entaille		Distance entre les soudures bouchon ou les entailles		Section de calcul de la soudure $a_R$
						Al	Acier	Al	Acier	Al	Acier	Al	Acier	
1	Soudure en bouchon					≥ 3	≥ 2	≤ 4	≤ 4	$3 \times t_2 \leq d \leq 4 \times t_2$	$3 \times t_2 \leq d \leq 4 \times t_2$	$3 \times d \leq e \leq 4 \times d$	$3 \times d \leq e \leq 4 \times d$	$A = \frac{\pi d^2}{4}$
2	Soudure en entaille					≥ 3	≥ 2	≤ 6	≤ 6	$3 \times t_2 \leq c \leq 4 \times t_2$	$c \geq 3 \times t_2$	$3 \times d \leq e \leq 4 \times d$	$3 \times d \leq e \leq 4 \times d$	$A_R = c \times (l - e)$
Conditions pour la distance des bords $v$ : $v \geq d$ ou $v \geq c$ .														

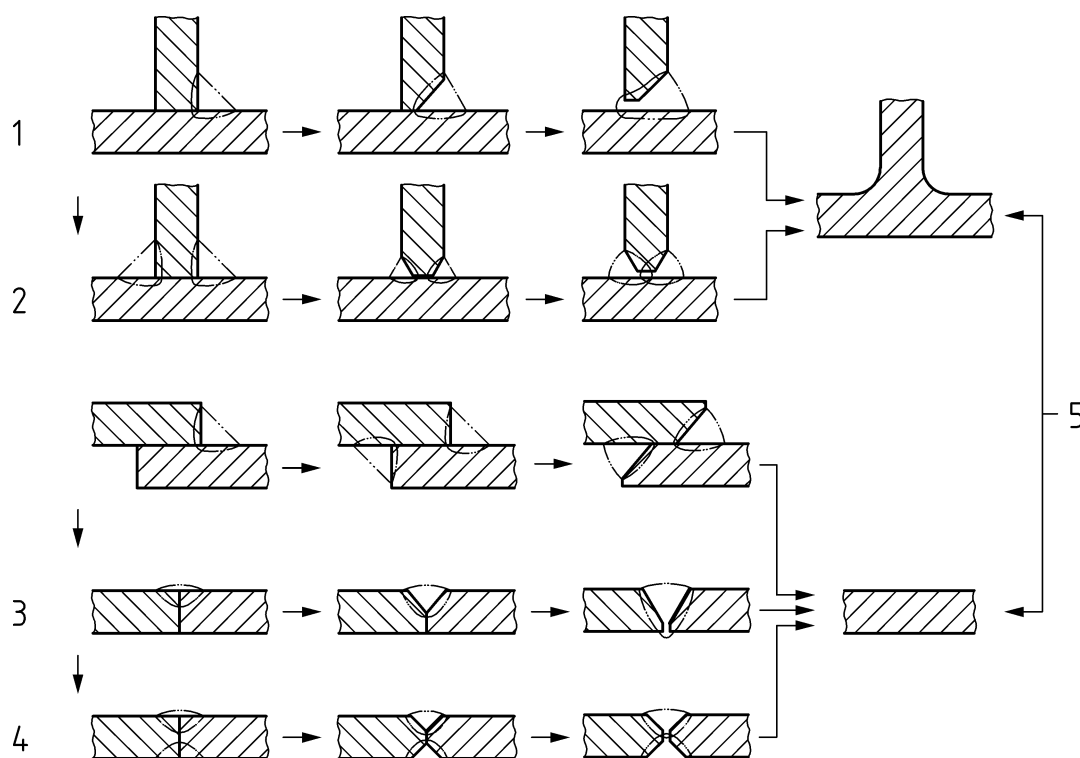
EN 15085-3:2007 (F)

## Annexe D

(informative)

### Types d'assemblages en fonction des contraintes et/ou des classes de contrôle

La Figure D.1 montre des possibilités de choix d'un type d'assemblage afin d'abaisser les contraintes et les classes de contrôle. Les flèches représentent le type d'assemblage susceptible de réduire la classe de performance et la classe de contrôle de la soudure. Dans tous les cas, l'amplitude et la direction de chargement doivent être pris en considération.



#### Légende

- 1 Soudage avec accès d'un seul côté
- 2 Soudage avec accès des deux côtés
- 3 Soudage avec accès d'un seul côté
- 4 Soudage avec accès des deux côtés
- 5 Pièce moulée, forgée ou coulée

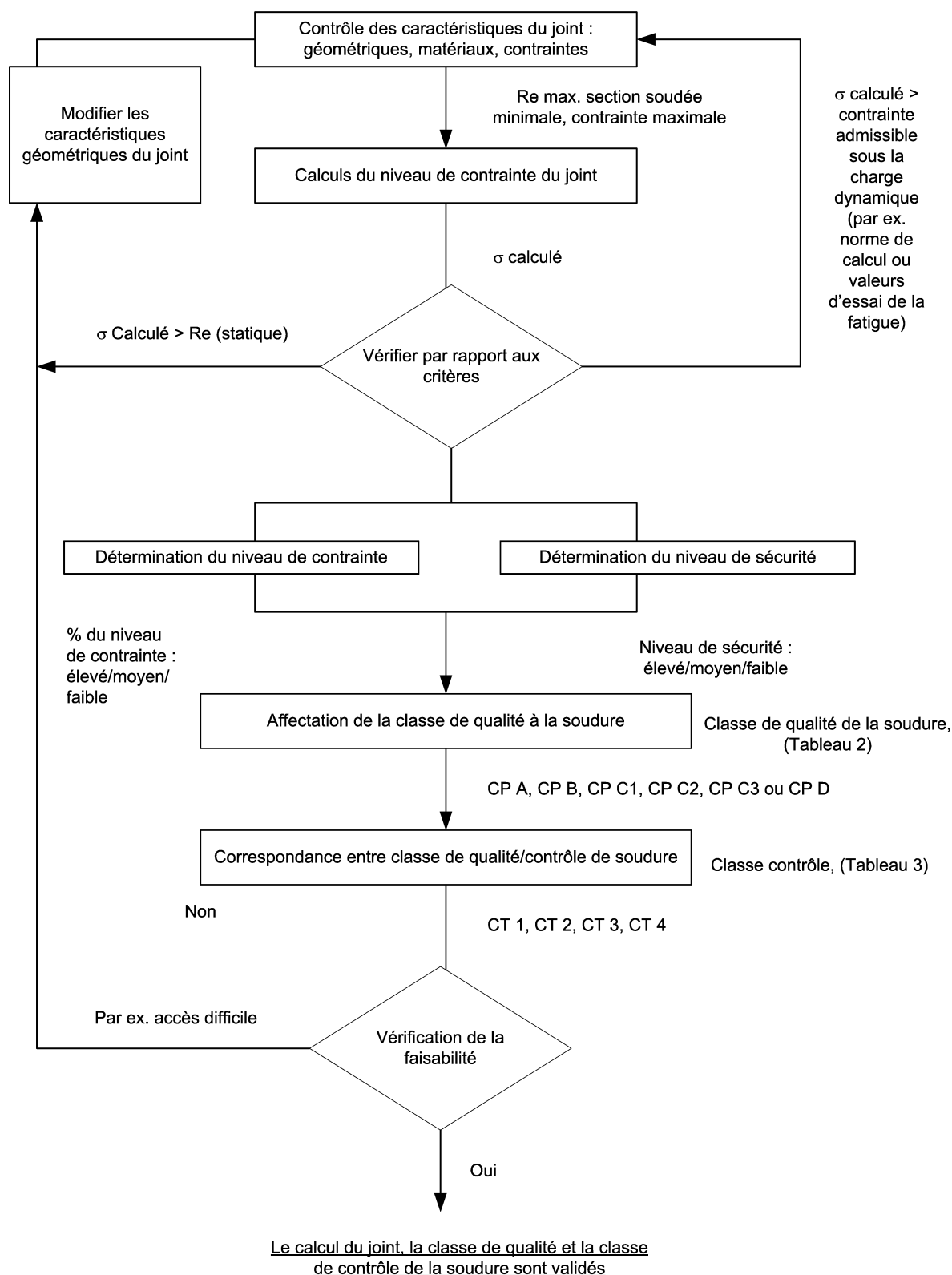
À chaque étape, des parachèvements sur les pieds de cordon en soudure d'angle peuvent être meulés sachant que les soudures bout à bout peuvent être, elles, arasées.

**Figure D.1 — Types d'assemblages en fonction des contraintes  
et/ou des classes de contrôle**

## Annexe E

(informative)

### Diagramme de validation des joints soudés



EN 15085-3:2007 (F)

## Annexe F

(normative)

### Soudage par résistance par points

#### F.1 Généralités

Le Tableau F.1 fournit des recommandations pour le calcul de l'espacement des points et de la distance par rapport au bord en fonction de l'épaisseur de la pièce à souder pour le soudage par résistance par points.

Tableau F.1

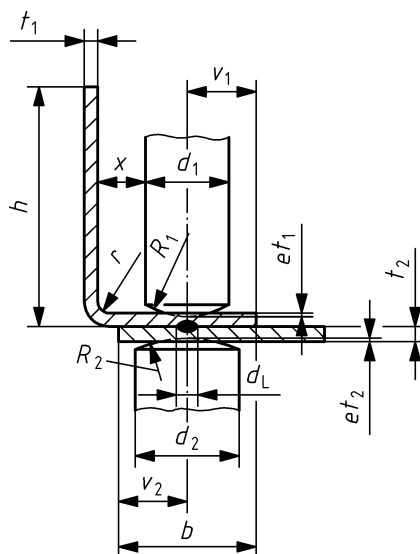
Dimensions en millimètres

Épaisseur de la pièce à souder $t_1$	1	1,25	1,5	1,75	2	2,5	3
Espacement des points $e_1$	25	35	35	35	40	50	50
Distance par rapport au bord $v$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 10$	$\geq 15$	$\geq 15$	$\geq 15$

Les charges minimales de cisaillement et le diamètre des noyaux sont donnés aux Tableaux F.4 et F.5.

Si on s'écarte de ces valeurs pour des raisons de conception, un assemblage d'essai doit être réalisé pour vérifier la conception.

Dimensions en millimètres

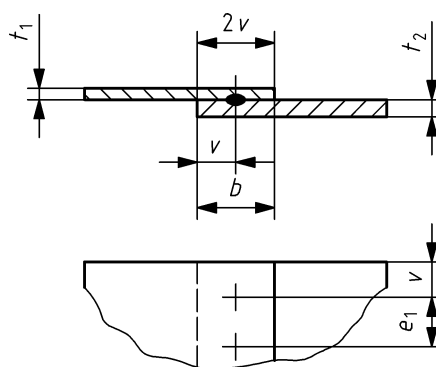


$x > 5$  et  $x > r$

#### Légende

$x$	Distance latérale	$r$	Rayon de pliage
$et_1$	Empreinte de plus grande profondeur	$h$	Hauteur de la tôle pliée
$et_2$	Empreinte de plus petite profondeur	$t_1$	Épaisseur de la tôle la plus petite
$d_L$	Diamètre du noyau	$t_2$	Épaisseur de la tôle la plus forte
$d_{1,2}$	Diamètre de l'électrode	$v_1$	Distance par rapport au bord 1
$b$	Largueur de recouvrement des tôles	$v_2$	Distance par rapport au bord 2
$R$	Rayon de l'extrémité de l'électrode		

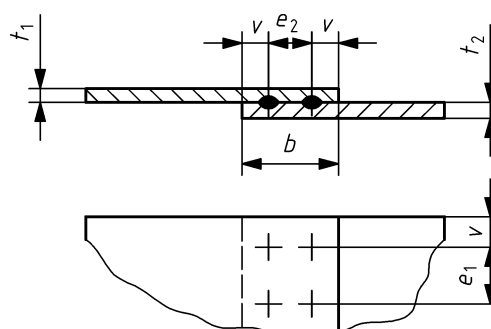
Figure F.1 — Soudage par résistance par points de profilés et de tôles



#### Légende

- $e_1$  Espacement des points
- $v$  Distance par rapport au bord
- $t_1$  Épaisseur de la tôle la plus petite
- $t_2$  Épaisseur de la tôle la plus forte
- $b$  Largeur de recouvrement des tôles

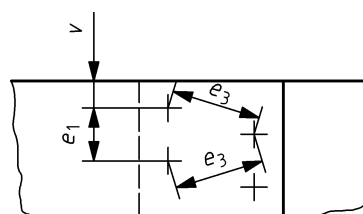
Figure F.2 — Soudage par résistance par points de tôles avec une seule rangée



#### Légende

- $e_1$  Espacement des points
- $e_2$  Espacement des rangées de points
- $v$  Distance par rapport au bord
- $t_1$  Épaisseur de la tôle la plus petite
- $t_2$  Épaisseur de la tôle la plus forte
- $b$  Largeur de recouvrement des tôles

Figure F.3 — Soudage par résistance de tôles, avec double rangée de points



#### Légende

- $e_1$  Espacement des points
- $e_3$  Espacement des points (double rangée, décalage)
- $v$  Distance par rapport au bord

Figure F.4 — Soudage par résistance de tôles, avec double rangée de points décalés

**EN 15085-3:2007 (F)**

Le Tableau F.2 définit les exigences de qualité pour les joints soudés par résistance par points, les joints soudés par bossages et les joints soudés à la molette.

**Tableau F.2 — Exigences de qualité**

N° de série	N° de commande selon EN ISO 6520-2	Exigences	Classe de performance de soudure CP C1 et CP C2	Classe de performance de soudure CP C3	Classe de performance de soudure CP D
Exigences de qualité, généralités					
1		Classification des procédés de soudage selon EN ISO 4063	21, 22	21, 22, 23	
2		Type de machine	Machines de soudage avec contrôle du cycle programmé et vérification des paramètres	Machine de soudage avec cycle programmé	Les exigences de performance CP C1, CP C2 et CP C3 sont possible. Pour 21, l'emploi de machines manuelles à commande au pied est autorisé.
3		Domaine d'application	Partie de support des véhicules ferroviaires (faces, bouts, planchers et équipements tels que les armoires, pupitres, portes, ...)		Pièces secondaires (panneaux, gaines de câbles, grilles de ventilation)
4		Rapport entre épaisseurs de tôles autorisé	$t_2 : t_1 \leq 3 : 1$ D'autres rapports de tôles et le soudage de plus de deux tôles doivent faire l'objet d'un accord avec le client.		Pas d'exigences
5		Charge de cisaillement minimale	Pour 21 Tableau F.4 et Tableau F.5 Pour 22 et 23, ces tableaux sont utilisables pour les domaines d'application correspondant		75 % de CP C1, CP C2 et CP C3
6		Aspect superficiel des pièces	La surface des pièces à assembler doit être exempte de calamine, de rouille, de peinture, de poussière, de graisse ou de toute autre souillure à l'endroit de la soudure.  De plus, les revêtements de surface, le doublage, les protections contre la corrosion, le colmatage, les pâtes et la colle peuvent être utilisés si leur caractère non préjudiciable à l'aptitude au soudage a été démontré.		
7		Valeurs maximales de dureté	Les exigences générales de l'EN ISO 15614-12 doivent être respectées. Pour les valeurs de dureté, on doit appliquer l'EN ISO 15614-1.		Pas d'exigences
Exigences de qualité par rapport aux défauts externes					
9	P 100	Fissure	Non autorisé		
10	P 2011 P 2012 P 2013	Soufflure sphéroïdale Soufflures sphéroïdales uniformément réparties Nid de soufflures	Non autorisé		Autorisé si accord des parties contractantes
11	P 602 P 612	Projections (perles) Expulsion de métal (point craché)	Autorisé si accord des parties contractantes		Autorisé si accord des parties contractantes
12	P 526	Défauts de surface	Qualités de surface 2 et 3 du Tableau F.3 autorisées		Qualités de surface 2, 3 et 4 du Tableau F.3 autorisées

(à suivre)

Tableau F.2 — Exigences de qualité (fin)

N° de série	N° de commande selon EN ISO 6520-2	Exigences	Classe de performance de soudure CP C1 et CP C2	Classe de performance de soudure CP C3	Classe de performance de soudure CP D
13	P 522	Noyau débouchant en surface	Non autorisé		Autorisé
14	P 5263	Métal de l'électrode adhérent à la surface de la pièce	Non autorisé		Autorisé si accord des parties contractantes
Exigences de qualité par rapport aux défauts internes					
15	P 5216	Pénétration insuffisante du noyau	Minimum 30 % et max. 90 % de l'épaisseur de la tôle considérée		Pas d'exigences
16	P 100	Fissure	Autorisé pour 21 et 22 au centre du noyau (maximum la moitié du diamètre) Non autorisé pour 22		
17	P 2011 P 300	Soufflure sphéroïdale Inclusion solide	Autorisé pour 21 et 22 dans la moitié centrale du noyau		
18	P 2012 P 2013	Soufflures sphéroïdales uniformément réparties Nid de soufflures	Pour 22 : $A \leq 2 \%$ $h \leq 0,4 t_1^a)$		Pour 22 : $A \leq 4 \%$ $h \leq 0,5 t_1$
19	P 400 P 401	Fusion incomplète du noyau Absence de fusion	Non autorisé		
20	P 525	Écartement excessif des tôles	Aux environs immédiats du point de soudure :  $h \leq 0,1 \left( t_1 + t_2 \right)$		Autorisé
Contrôles et documentation					
21		Contrôle visuel <sup>b)</sup>	100 %		
22		Essais sur éprouvettes simplifiées (VAP) <sup>c)</sup>	— chaque jour avant le début du travail — au changement de DMOS — en cas de modification d'outil		
23		Témoins de production (NAP) <sup>d)</sup>	— pour prouver l'adéquation avec le DMOS  — pour prouver la qualité de la production à des intervalles réguliers en fonction du volume de travail en soudage, de l'équipement de soudage et de la classe de performance des soudures		Non exigé
24		Documentation	— NAP 100 %  Contrôle du procédé 100 %	— NAP nécessaire	Non exigé
<div>a) A = zone de défaut, d = taille d'un seul défaut (par exemple longueur, largeur, diamètre).</div> <div>b) Contrôle de la complétude du soudage et évaluation externe en visuel sans utilisation d'instruments optiques.</div> <div>c) VAP : Essai de déboutonnage, essai de burinage selon ISO 10447 ou essai de torsion simplifié (essai en fabrication) selon EN ISO 17653.</div> <div>d) NAP : pour 21 et 23 essai de déboutonnage selon EN ISO 15614-12, macrographie et pour 22 : CND, essai de déboutonnage selon EN ISO 15641-12, macrographie.</div>					

## EN 15085-3:2007 (F)

Le Tableau F.3 définit la qualité de surface pour des joints soudés par résistance par points, par bossages et à la molette.

**Tableau F.3 — Qualité des surfaces**

Qualité de surface	Exigences	Application
1	Doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.	Doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.
2	Surfaces sur lesquelles les marques de soudage (empreintes d'électrode, formation de bourrelet, défaut d'uniformité, déformation thermique, etc.) ne s'élèvent pas à plus de 10 % de l'épaisseur de la tôle considérée.  NOTE Si cela est exigé, l'empreinte peut être comblée.	Pour des surfaces ayant des exigences d'aspect (par exemple les faces, les bouts et les pavillons de trains de voyageurs).
3	Surfaces sur lesquelles les marques de soudage ne s'élèvent pas à plus de 25 % de l'épaisseur de la tôle considérée. Dans ce domaine, les projections de soudage qui adhèrent solidement sont aussi autorisées pourvu que le plan n'exige pas l'absence de bavures et de projections.	Surfaces sans exigence d'aspect (par exemple matériel à marchandises, conteneurs de transport, tôles de planchers).
4	Sans exigence de qualité.	Pour des pièces simples d'importance secondaire sans exigence d'aspect.

## F.2 Charges minimales de cisaillement

Les Tableaux F.4 et F.5 contiennent les charges d'essais minimales de cisaillement pour des soudures par résistance par points en fonction de l'épaisseur du métal pour des classes de performance CP C1, CP C2 et CP C3. Elles doivent être éprouvées par un essai de cisaillement.

— Acier : Tableau F.4

— Aluminium et alliages : Tableau F.5

Les valeurs données sont les valeurs moyennes minimales sur au moins une rangée de cinq points de soudure.

Des charges de cisaillement supérieures peuvent faire l'objet d'un accord entre les parties contractantes et doivent être homologuées par des essais de soudage en fabrication.

**Tableau F.4 — Charges minimales de cisaillement pour les soudures par résistance par points sur de l'acier pour les classes de performance de soudure CP C1, CP C2 et CP C3**

$t_1$ (mm)	$d_L$ (mm)	Charge de cisaillement $R_m$ du matériau de base (MPa)		
		Effort de cisaillement minimal par point (kN)		
		$\leq 360$	$> 360 \text{ à } < 510$	$510 \text{ à } < 620$
0,8	4,5	3,5	4,5	6,0
1,0	5,0	4,7	6,0	8,0
1,25	5,5	5,9	7,5	10,0
1,5	6,0	7,1	9,0	12,0
1,75	6,5	8,5	10,9	14,5
2,0	7,0	10,0	12,8	17,0
2,5	8,0	12,9	16,5	22,0
3,0	8,5	16,5	21,0	28,0

Ces valeurs sont valides pour l'acier non allié et allié ainsi que pour la combinaison des deux. Pour la combinaison de métaux de base dont les résistances à la traction sont différentes, le matériau dont la valeur est la plus faible doit être choisi.



**Tableau F.5 — Charges minimales de cisaillement pour les soudures par résistance par points sur de l'aluminium et des alliages d'aluminium pour les classes de performance de soudure CP 1, CP C2 CP C3**

$t_1$ (mm)	$d_L$ (mm)	Charge de cisaillement $R_m$ du matériau de base (MPa)		
		Effort de cisaillement minimal par point (kN)		
		$\leq 240$	$> 240$ à 300	$> 300$ à 350
0,8	4,5	1,1	1,3	1,5
1,0	5,0	1,5	1,8	2,1
1,25	5,5	2,0	2,3	2,8
1,5	6,0	2,5	2,9	3,5
2,0	7,0	3,5	4,1	4,8
2,5	8,0	4,5	5,3	6,2
3,0	8,5	5,5	6,4	7,6

Pour la combinaison de métaux de base dont les résistances à la traction sont différentes, le matériau dont la valeur est la plus faible doit être choisi.

EN 15085-3:2007 (F)

## Annexe G

(informative)

### Détermination des catégories de sécurité pour les joints soudés

La détermination de la catégorie de sécurité convenable pour le joint soudé est basée sur la définition de catégories de sécurité élevée, moyenne ou basse comme définies au 4.5.

En plus, dans la détermination de la catégorie de sécurité, il convient aussi de considérer les hypothèses et exigences de sécurité de vérification d'efforts de fatigue par rapport aux défauts des joints soudés, telles que contenues dans la norme ou le guide de calcul appliqué. De plus, il convient de tirer profit des expériences pratiques des différents cas d'application que le concepteur a recensés dans le calcul de fatigue des pièces soudées du matériel ferroviaire.

Pour contribuer à la définition des catégories de sécurité élevée et moyenne, il convient que le concepteur vérifie l'application des points suivants :

- 1) Il y a un avertissement avant une rupture de fatigue ;
- 2) Il est possible de détecter une fissure lors d'un contrôle périodique ;
- 3) La conception de la pièce indique un second chemin de charge (système quasi-statique ou pièces redondantes) ;
- 4) La conception des pièces soudées contient une caractéristique permettant de bloquer la propagation d'une fissure.

Il convient d'utiliser ce qui suit pour appuyer le choix d'une catégorie haute ou moyenne :

- **Élevée**, si aucun des critères ci-dessus ne s'applique ;
- **Moyenne**, si n'importe lequel des critères ci-dessus s'applique.

Exemples de pièces soudées pour l'attribution de catégories de sécurité :

- Élevée : liaison soudée entre caisse de véhicule et châssis de bogie ;
- Moyenne : joints soudés de caisson de châssis de bogie, de châssis de caisse ;
- Faible : joints soudés de fixation d'amortisseurs, de supports de tuyauteries de frein et de tableaux électriques.

## Annexe H (informative)

### Soudage des alliages d'aluminium extrudés de la série 6000 — Recommandations du projet Aljoin pour une tenue à la collision améliorée

Les alliages d'aluminium aptes au traitement thermique, comme les alliages de la série 6000 utilisés pour les caisses de véhicules, sont sujets à un affaiblissement après soudage de la zone affectée thermiquement. Ainsi les consommables de soudage sont insuffisamment assortis, en effort, aux propriétés du matériau de base.

Il convient de tenir compte de ces effets, particulièrement lors du calcul de la performance de tenue à la collision, afin d'éviter des problèmes de rupture instable située dans la zone affectée thermiquement et la soudure. Dans des conditions extrêmes de chargement, les conséquences peuvent être des ruptures instables se propageant sur toute la longueur de la caisse du véhicule.

Il est donc recommandé que :

- dans les soudures principales des structures sur toute la longueur de la caisse du véhicule, il convient que la géométrie de l'extrusion garantisse que la soudure et la résistance de la zone thermiquement affectée sont assorties à la résistance du matériau de base. Cela exige généralement que la soudure et la zone affectée thermiquement soient plus épaisses que le matériau de base, voir le rapport de recherche du projet ALJOIN ;
- lorsque ce n'est pas possible, dans le cas de montant de baie où la direction de l'extrusion est perpendiculaire aux extrusions latérales du châssis principal, il convient que le joint soudé soit conçu pour être au moins aussi solide que les pièces de base reliées ;
- cela peut être obtenu par exemple par de grands goussets d'angle pour allonger la soudure ou par des renforts attachés au travers de la soudure.

La série d'alliages d'aluminium 6000 peuvent être soudés soit avec des métaux d'apport en alliage magnésium-aluminium type 5 (voir EN 1011-4), soit avec des métaux d'apport en alliage silicium- aluminium type 4.

Cependant, dans le cas de soudures dans la direction longitudinale, le rapport du projet Aljoin <sup>1)</sup> a conclu que les métaux d'apport en alliage magnésium-aluminium présentent une résistance à la rupture nettement meilleure. Cela a été considéré comme particulièrement important lorsque les effets géométriques entraînent une rupture de la soudure, comme dans les soudures à pénétration partielle. Cette conclusion a été confirmée par des recherches ultérieures dans le cadre du rapport du projet Aljoin Plus. <sup>2)</sup>

Ainsi le rapport du projet Aljoin recommande l'usage de matériaux d'apport du type 5 pour les soudures longitudinales des structures de caisse des véhicules utilisant les alliages d'aluminium de la série 6000.

NOTE le prEN 1090-3:2007 contient aussi des informations sur le choix des fils de bouchage pour les tôles.

Dans ce cas particulier, il convient que le type du produit d'apport soit clairement indiqué sur le plan ou sur la nomenclature.

---

1) Voir [5] dans la bibliographie.

2) Voir [6] dans la bibliographie.

**EN 15085-3:2007 (F)**

**Bibliographie**

- [1] EN 1011-4, *Soudage — Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques — Partie 4 : Soudage à l'arc de l'aluminium et des alliages d'aluminium.*
- [2] ENV 1090-3, *Réalisation des structures en acier — Partie 3 : Règles supplémentaires pour les aciers à haute résistance.*
- [3] EN ISO 3834 (toutes parties), *Exigences de qualité pour le soudage par fusion des matériaux métalliques.*
- [4] ISO/TR 581, *Soudabilité — Matériaux métalliques — Principes généraux.*
- [5] *Aljoin research project report — Final Technical Report for the partly EU funded 'Aljoin' project — Contract No. G3RD-CT-2002-00829, Project No. GRD2-2001-50065 — Section 2 — Executive publishable summary.*<sup>3)</sup>
- [6] Aljoin Plus project — A subsequent project to Aljoin funded by the UK Railway Safety and Standards Board and reported by Newrail (University of Newcastle upon Tyne). Newrail Report No. MS-20051108.
- [7] EN ISO 13920, *Soudage — Tolérances générales relatives aux constructions soudées — Dimensions des longueurs et angles — Formes et positions (ISO 13920:1996).*

---

<sup>3)</sup> Disponible gratuitement sur les sites Internet du RSSB.