



NF EN 1090-2
STRUCTURES EN ACIER DE CLASSE EXC1
FASCICULE 2
FABRICATION EN ATELIER

Table des matières du fascicule 2

AVANT-PROPOS	3
1 GENERALITES	4
1.1 Présentation de la norme NF EN 1090-2 et de son contexte	4
1.2 Présentation des 3 fascicules	4
1.3 Domaine d'application	4
2 OBJECTIF DU 2 ND FASCICULE	5
3 RECEPTION DES PRODUITS DE BASE	5
3.1 Généralités	5
3.2 Aciers de construction	5
3.3 Fixations mécaniques	6
3.4 Consommables de soudage	9
4 ORGANISATION DU STOCKAGE DES PRODUITS DE BASE	11
4.1 Aciers de construction	11
4.2 Fixations mécaniques	11
4.3 Consommables de soudage	11
5 TRAÇABILITE	12
6 DEBIT ET PERÇAGE	12
6.1 Validation des procédés	12
6.1.1 Paramètres de fabrication des échantillons représentatifs	13
6.1.2 Instruments de mesure	13
6.1.3 Validation des procédés de coupage	13
6.1.4 Validation des procédés de perçage	15
6.2 Contrôles de routine en coupage	16
6.3 Contrôle de routine en perçage	17
6.3.1 Forage	17
6.3.2 Poinçonnage	17
6.3.3 Laser	18
6.3.4 Jet de plasma	18
6.3.5 Contrôles associés	18
7 SOUDAGE	19
7.1 Qualification des soudeurs et opérateurs	19
7.2 Instructions de soudage	19
7.3 Exécution du soudage	21
7.3.1 Préparation des joints	21
7.3.2 Assemblage des pièces	22
7.3.3 Exécution du soudage	22
7.3.4 Contrôles associés	23
8 FORMAGE A FROID	26
8.1 Opérations de formage	26
8.2 Contrôles associés	26
9 PROTECTION ANTICORROSION	28
9.1 Préparation lors de la fabrication des pièces	28
9.2 Préparation avant traitement anticorrosion	30
9.2.1 Préparation avant peinture	30
9.2.2 Préparation pour galvanisation	30
10 COLISAGE – EXPEDITION CHANTIER	31
10.1 Éléments de structures	31
10.2 Éléments d'assemblages	32
Annexe A Rappel des critères de contrôles après soudage	33
Bibliographie	35

AVANT-PROPOS

Le présent guide a été réalisé dans le cadre d'un projet cofinancé par la Fédération Française du Bâtiment (FFB), la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB) et le Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM).

Les prescriptions du guide constituent une réponse aux exigences de la norme de référence pour la classe d'exécution EXC1.

Le présent guide est constitué de trois volumes traitant des principales étapes de la fabrication :

❖ **Fascicule 1 : B.A. BA DE LA GESTION DOCUMENTAIRE**

- prioritairement destiné à l'encadrement, aux ingénieurs et techniciens;

❖ **Fascicule 2 : FABRICATION EN ATELIER**

- prioritairement destiné aux personnels d'atelier;

❖ **Fascicule 3 : B.A. BA DES EXIGENCES « CHANTIER »**

- prioritairement destiné aux chefs d'équipe.

Ce guide a été rédigé par un groupe de travail constitué de:

M	BONHOMME Christophe	BONHOMME BATIMENTS INDUSTRIELS
M	DENYS Geoffrey	CIAN
M	GAULIARD Jean-Louis	SCMF
M	LAMY Hervé	UNION DES METALLIERS – FFB
M	LE CHAFFOTEC Patrick	CTICM
MME	LEMAIRE Valérie	CTICM
M	MARMORET Gilles	CAPEB
M	MONTEL Jacques	SARL IDEAL
M	POTRON Guy-Noël	CAPEB
M	QUIJADA Pablo	NORMACADRE
M	REINE Benoît	NORMACADRE
M	SAUGIER Dominique	WALTEFAUGLE
M	TROUART Jérémy	UNION DES METALLIERS – FFB

Crédits-photos

©CAPEB

©CIAN

©CTICM

©FOTOLIA

©HARSCO

©MENARA

©NORMACADRE

©UNION DES METALLIERS

1 GENERALITES

1.1 Présentation de la norme NF EN 1090-2 et de son contexte

Depuis 2009, la mise en application progressive dans les cahiers de charges de la norme NF EN 1090-2 entraîne souvent pour les charpentiers métalliques une réorganisation de leur système de production en usine.

Selon la classe d'exécution visée, les exigences de la norme sont plus ou moins contraignantes et nécessitent la mise en place de processus de traçabilité et de contrôles spécifiques au sein de l'atelier de fabrication.

Le présent guide est destiné à faciliter l'application de la NF EN 1090-2 pour la fabrication d'éléments relevant de la classe d'exécution EXC1. Il apporte des commentaires et des compléments d'information et propose en annexes des documents modèles pouvant être adaptés par les constructeurs en fonction de leurs besoins.

Ce document ne se substitue pas à la NF EN 1090-2. Seules les exigences de cette norme s'appliquant aux éléments EXC1 sont rappelées et commentées dans ce document. Il s'applique aux éléments de structure fabriqués à partir de profilés, tubes et tôles en acier de construction, jusqu'à la nuance S355 incluse.

Les autres classes d'exécution ne sont pas traitées. Néanmoins, lorsque que nécessaire, des notes attirent l'attention sur les écarts avec la classe EXC2.

1.2 Présentation des 3 fascicules

Le présent guide a été réalisé dans le cadre d'un projet cofinancé par la Fédération Française du Bâtiment (FFB), la Confédération de l'Artisanat et des Petites Entreprises du Bâtiment (CAPEB) et le Centre Technique Industriel de la Construction Métallique (CTICM).

Les prescriptions du guide constituent une réponse aux exigences de la norme de référence pour la classe d'exécution EXC1. Les prescriptions additionnelles pour « passer » en EXC2 sont identifiées *en police bleue et en italique* au fil du texte sans être développées en détail ; dans ces cas, il convient de se reporter au texte de référence.

Le présent guide est constitué de trois volumes traitant des principales étapes de la fabrication :

- ❖ Fascicule 1 : **B.A. BA DE LA GESTION DOCUMENTAIRE**
 - prioritairement destiné à l'encadrement, aux ingénieurs et techniciens;
- ❖ Fascicule 2 : **FABRICATION EN ATELIER**
 - prioritairement destiné aux personnels d'atelier;
- ❖ Fascicule 3 : **B.A. BA DES EXIGENCES « CHANTIER »**
 - prioritairement destiné aux chefs d'équipe.

1.3 Domaine d'application

Le domaine d'application visé par les fascicules de guide est la réalisation d'éléments de structures de classes d'exécution EXC1 à partir de produits en acier listés au Tableau 1 du Fascicule 1, assemblés par boulonnage (produits listés au Tableau 2 du Fascicule 2) ou par soudage par fusion (procédés 111, 114, 121, 122, 131, 132, 135, 136, 138, 141, 783).

2 OBJECTIF DU 2ND FASCICULE

Destiné plus particulièrement aux responsables et au personnel d'atelier, le second fascicule de ce guide propose des solutions d'organisation interne et de suivi de la fabrication, afin de répondre aux exigences de la classe d'exécution EXC1, au cours des différentes étapes de la production en usine.

3 RECEPTION DES PRODUITS DE BASE

3.1 Généralités

Lors de la réception des produits et de la vérification des quantités et qualités livrées, il est recommandé de d'assurer de la présence des documents de contrôle (type 2.2 ou 3.1) et/ou certificats de qualité.

Selon le type de produits et le fournisseur, deux cas peuvent se présenter:

- les documents de contrôle sont fournis avec le bon de livraison;
- les documents de contrôle sont transmis directement au service achats (par mail ou courrier).

Un marquage conforme aux normes de produits doit être identifiable sur les pièces fournies, soit par marquage du colis, soit individuellement sur chaque pièce et suffisamment précis pour assurer le lien avec les certificats et documents de contrôle correspondants.

Afin d'assurer la traçabilité exigée par la norme NF EN 1090-2, il est nécessaire de mettre en place, au sein de l'entreprise, une gestion des documents assurant le lien entre les bons de réception, le marquage des produits et les documents de contrôle.

Les bons de réception (ou bons de livraisons réceptionnés) et les documents de contrôle correspondants doivent être regroupés, soit par le service achat, soit au niveau de l'atelier, dans l'objectif d'assurer un archivage suffisamment pérenne et en cohérence avec la durée d'archivage des dossiers d'affaire auxquels ils correspondent.

3.2 Aciers de construction

Le marquage des aciers de construction est apposé par le fabricant ou le fournisseur des tôles et des profilés en acier, conformément aux normes de produits correspondantes (par exemple la NF EN 10025-1 pour les produits laminés à chaud en acier de construction).

Ce marquage peut être réalisé de différentes manières:

- par une étiquette adhésive ou attachée au colis, éventuellement complétée par une signalétique de type "flash-code" ou code barre;
- directement imprimé par laser ou micro percussion sur la pièce, à proximité de l'extrémité ou sur la section terminale;
- peint en about ou sur toute la longueur de la pièce.





Les produits peuvent être fournis en fardeaux ligaturés. Dans ce cas, le marquage doit figurer sur une étiquette attachée au fardeau ou sur le produit supérieur du fardeau:

Le marquage doit indiquer:

- la nuance et la qualité par sa désignation symbolique et numérique (par exemple S275JR);
- si demandé à la commande, l'état de livraison (par exemple +N ou +AR pour les aciers NF EN 10025-2);
- un numéro permettant d'identifier la coulée (ou le lot contrôlé) et le document de contrôle correspondant;
- le nom du producteur ou la marque commerciale du fabricant ;
- la marque CE pour les produits relevant du marquage CE.

En classe EXC1, la norme NF EN 1090-2 n'impose pas d'assurer la continuité du marquage des produits constitutifs (tôles, profilés) sur les éléments fabriqués après coupage, soudage et assemblage.

Néanmoins, il est recommandé d'assurer la traçabilité des éléments fabriqués par référence aux plans d'exécution (par un numéro d'affaire et un numéro de pièce par exemple).

Note: En classe EXC2, le marquage de la nuance et de la qualité des tôles et des profilés doit être assuré jusqu'à leur incorporation dans l'élément fabriqué. Ce marquage peut par exemple être réalisé par un code couleur.

3.3 Fixations mécaniques

Les normes NF EN 15048-1 et NF EN 14399-1 précisent les conditions de livraison des boulons.

Il est indiqué que tous les ensembles de fixation (vis, écrous, rondelles) doivent provenir d'un seul et même fabricant et être livrés soit dans un emballage unique, original non ouvert et scellé, soit dans des emballages séparés, scellés et identifiés comme compatibles par le fabricant des ensembles.

Afin d'éviter un risque de mélange de lots de vis et d'écrous non compatibles, il est recommandé d'obtenir du fournisseur des ensembles vis-écrous préassemblés.

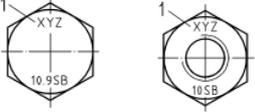
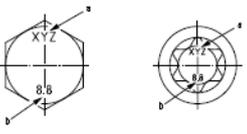
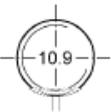
Les emballages doivent comporter une étiquette sur laquelle est apposée la désignation complète des éléments de fixation, y compris :

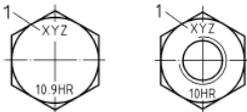
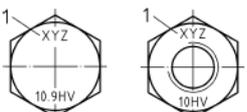
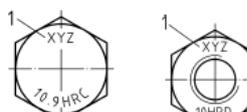
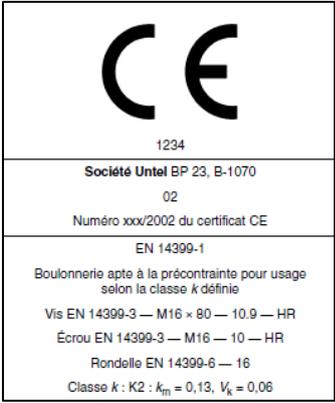
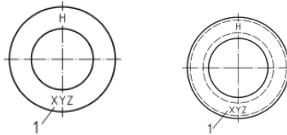
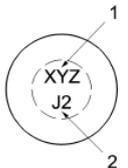
- les lettres «SB», « HR », « HV » ou « HRC » selon les cas ;
- le(s) numéro(s) de lot(s);
- l'identification du fabricant de l'ensemble.

Lors de la réception, indépendamment des vérifications usuelles de conformité à la commande en termes de quantité et de prix, il convient également de vérifier que les éléments sont fournis avec leur document de contrôle et marqués individuellement (tête de la vis, écrous, rondelles) en fonction de leurs caractéristiques, tel que rappelé dans le tableau ci-après.

Pour les produits relevant d'une norme harmonisée, les produits sont généralement accompagnés d'un marquage CE.

Tableau 1 – Marquage des produits

Produit / Marquage	Certificat / Etiquette CE													
<p>Boulons non précontraints SB</p>  <p>1 - Marque d'identification du fabricant de l'ensemble</p>	<p>Document de contrôle Type 2.1</p> <p>Etiquette CE</p>  <p>01234</p> <p>Société Untel Ltd, PO Box 21, B-1050</p> <p>07</p> <p>01234-CPD-00234</p> <p>EN 15048-1</p> <p>Boulonnerie de construction métallique non précontrainte Tolérances EN/ISO NNNNN (norme de produit pertinente) Vis EN ISO 4014 — M20 x 75 — 8.8 — tZn Ecrou EN ISO 4032 — M20 6AZ — 10 — tZn Rondelle EN ISO 7091 — M20 — tZn</p> <p>Substance dangereuse X : inférieure à 0,2 ppm</p>													
<p>Boulons ordinaires non SB</p>  <p>a Marque d'identification du fabricant. b Classe de qualité.</p>	<p>Document de contrôle Type 2.1</p> <p>Pas de marquage CE sur ces produits</p>													
<p>Tiges filetées</p> <p>Repérage par couleur</p> <p>+ marquage en bout pour la classe 10.9</p> 	<p>Repérage par couleur:</p> <table border="1" data-bbox="718 1612 1396 1825"> <thead> <tr> <th>Classe de qualité</th> <th>Couleur</th> <th>Référence peinture</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.6</td> <td>Marron</td> <td>RAL 8015</td> </tr> <tr> <td>8.8</td> <td>Jaune signalisation</td> <td>RAL 1023</td> </tr> <tr> <td>10.9</td> <td>Blanc perle</td> <td>RAL 1013</td> </tr> </tbody> </table> <p>Pas de marquage CE sur ces produits</p>		Classe de qualité	Couleur	Référence peinture	5.6	Marron	RAL 8015	8.8	Jaune signalisation	RAL 1023	10.9	Blanc perle	RAL 1013
Classe de qualité	Couleur	Référence peinture												
5.6	Marron	RAL 8015												
8.8	Jaune signalisation	RAL 1023												
10.9	Blanc perle	RAL 1013												

Produit / Marquage	Certificat / Etiquette CE	
<p>Boulons précontraints</p> <p>HR</p>  <p>HV</p>  <p>HRC</p>  <p>1 - Marque d'identification du fabricant de l'ensemble</p>	<p>Document de contrôle Type 2.1</p> <p>Etiquette CE</p> 	
<p>Rondelles pour boulons précontraints</p>  <p>1 - Marque d'identification du fabricant de l'ensemble</p>	<p>Série normale - Grade A Chanfreinées - Série normale – Grade A Série normale - Grade C Série étroite – Grade A Série large - Grade A Série très large - Grade C</p>	<p>Document de contrôle Type 2.1</p> <p>Note Pas de marquage CE sur ces produits</p>
<p>Rivets</p>  <p>Légende 1 Marque d'identification du fabricant 2 Classe de qualité</p>	<p>Document de contrôle type 2.1</p> <p>Note Pas de marquage CE sur ces produits</p>	

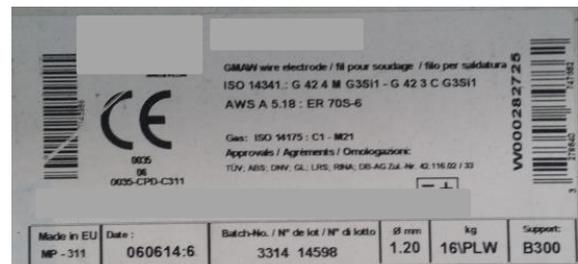
		DATE : 12/06/15
		NOMBRE DE PAGES : 1 / 1
Mr/Mme :		
DE :		
OBJET : ATTESTATION DE CONFORMITE A LA COMMANDE, TYPE « 2.1 »		
<p>Madame, Monsieur,</p> <p>Nous soussignés, établissements [redacted] attestons par la présente, que l'ensemble de nos BOULONS TETE HEXAGONALE SB marqués CE NON PRECONTRAINS, objets de votre commande N°C435660 (RE 1 001 38368) sont livrés conformément aux Normes en vigueur : NF EN 15048-1, NF EN 15048-2.</p> <p>En restant à votre disposition pour de plus amples renseignements, je vous prie de croire, Madame, Monsieur, à l'expression de mes bons sentiments.</p> <p>Salutations distinguées</p> <p>Vis: [redacted]</p>		

Exemple de certificat type 2.1

3.4 Consommables de soudage

Les consommables doivent être livrés avec le marquage CE et les indications conformes au bon de commande et à la norme produit correspondante.

Dans le cas où l'entreprise utilise des modes opératoires de soudage qualifiés, la référence du produit peut être comparée aux produits indiqués dans le Descriptif de mode opératoire de soudage du QMOS.



Certificat / Product Certificate

Client: <small>Customer:</small>	Certificat N°: <small>Certificate n°:</small> 1110009150527877	Commande N°: <small>Order n°:</small>	Bon de livraison: <small>Delivery note:</small>
	Date: <small>Date:</small> 23/07/13	Quantité <small>Quantity:</small>	UM <small>Unit:</small> Sachet
Désignation Commerciale: <small>Trade name:</small>	1.2X0016XB300		N° de Lot: <small>Batch n°:</small> 331355598
Classification: <small>Classification:</small>	AWS A5.18 ER70S-6 ISO 14341 : G 42 4 M G3Si1		

Nous certifions les caractéristiques suivantes pour le métal d'apport fourni.
We confirm following properties for the welding filler metals delivered by us.

Analyse Chimique: / Chemical analysis (%):
Certificat Type EN 10 204-3.1 OF THE PRODUCT

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu
0.07	1.43	0.84	0.01	0.012	0.05	0.05	0.009	0.003	0.08
Ti +Zr	Al								
0.0067	0.004								

Caractéristiques Mécaniques: / Mechanical properties:
Certificat Type EN 10 204-2.2 WELD METAL

Essai de traction selon EN ISO 6892-1					Essai de flexion par chocs selon EN ISO 148-1		
Température d'essai Test Temp. °C	Limite d'élasticité Yield strength N/mm²	Résistance à la traction Tensile strength N/mm²	Allongement Elongation %	Z %	Température d'essai Test Temp. °C	Energie absorbée Impact strength Joule (Charpy-V)	Traitement Thermique Heat treatment
+20	425	531	30.8		-20	119	As Welded
					-40	101	

18.06.2014

Ce document est émis par informatique et n'exige pas de signature.
This document has been issued by computer and needs no signature.

Exemple de certificat type 2.2

4 ORGANISATION DU STOCKAGE DES PRODUITS DE BASE

4.1 Aciers de construction

L'organisation du stockage des profilés dépend du volume et des possibilités de stockage au sein de l'entreprise. Il peut être choisi de gérer un stock de produits en réserve, ou de s'approvisionner uniquement en fonction des besoins réels.

Quel que soit le système de stockage adopté, il est indispensable d'assurer la continuité de l'identification de la nuance et de la qualité des aciers, lors de la séparation des pièces d'un colis, du stockage, des découpes ultérieures et de la remise en stock des chutes éventuelles.

Cette identification peut par exemple être assurée par un code couleur, appliqué en extrémité des tôles et des profilés.

Il est recommandé d'organiser la zone de stockage, afin d'isoler les profilés du sol et les caler de manière à éviter les déformations.



4.2 Fixations mécaniques

Il est recommandé de stocker les fixations dans leurs emballages ou colisages, afin de conserver les identifiants et marquages correspondants.

Dans le cas d'un déconditionnement lors de la réception, il convient de reconstituer des ensembles (vis, écrous, rondelles) compatibles et de conserver la traçabilité des caractéristiques.

Plus particulièrement pour les boulons HR, il est impératif de conserver l'information relative au coefficient k fourni avec le lot de boulons et nécessaire à la détermination du couple de serrage.

Pour les tiges filetées devant être coupées à dimension, il est conseillé de réappliquer la couleur de référence en extrémité des tiges.

Les boulons de retour de chantier, dont le conditionnement n'a pas pu être conservé, doivent être réorientés vers des utilisations non structurales.

4.3 Consommables de soudage

Dès réception, il est recommandé de stocker les consommables de soudage dans un local climatisé adapté à cet usage (armoire ou local maintenu à une température de + 5°C).

Il est rappelé que les flux et bobines de fil nécessitent d'être utilisés après l'ouverture de leur emballage et ne peuvent donc pas être remis en stock.



5 TRAÇABILITE

La norme NF EN 1090-2 ne définit pas d'exigence de traçabilité particulière en classe EXC1.

Néanmoins, il est recommandé d'assurer la traçabilité des nuances et qualités des tôles et profilés jusqu'à leur incorporation dans l'élément fabriqué. Ce marquage peut être réalisé par un code couleur.

Il convient ensuite d'assurer la traçabilité des éléments fabriqués par rapport aux documents d'exécution par un repérage sur les pièces, soit par un marquage sur la pièce, soit par une étiquette métallique attachée à l'élément.

Ce repérage doit être durable afin d'être identifiable jusqu'à l'incorporation des éléments dans l'ouvrage.

Note Une traçabilité partielle est demandée à partir de la classe EXC2, ce qui correspond à la différenciation des nuances d'acier des produits disponibles dans l'atelier jusqu'à leur incorporation dans les éléments structuraux en fabrication.

6 DEBIT ET PERÇAGE

6.1 Validation des procédés

Les procédés de coupage visés par la norme NF EN 1090-2 comprennent le sciage, le cisailage, le tronçonnage, les techniques de coupage par jet d'eau, et les procédés de coupage thermique, tels que l'oxycoupage, le coupage plasma et le coupage laser.

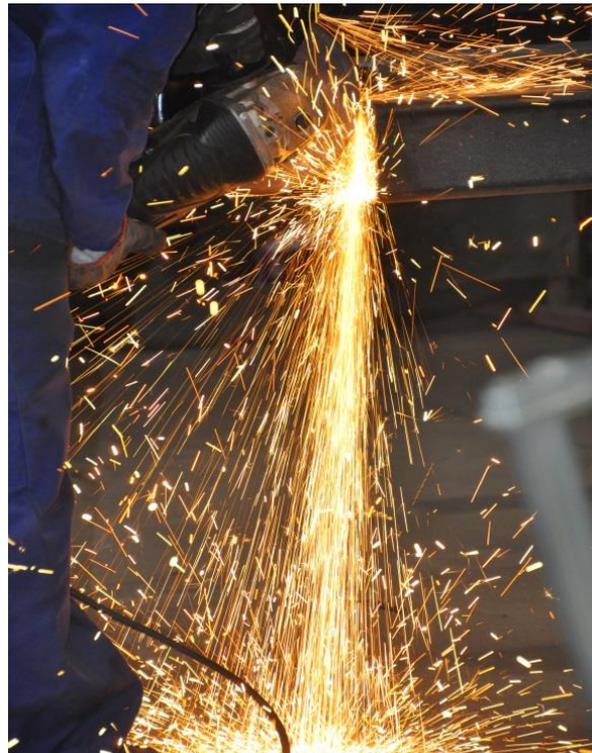
Les procédés de coupage et de perçage utilisés dans l'atelier de fabrication doivent être vérifiés régulièrement.

Ces vérifications sont assurées par:

1. La maintenance des matériels selon les préconisations des fournisseurs;
2. Les validations périodiques (annuelles) des procédés utilisés;
3. Les contrôles de routine en cours de fabrication.

Il est proposé de réaliser les opérations de validations périodiques des procédés de coupage et de perçage sur la base de quatre échantillons représentatifs (voir 6.1.1).

Les paramètres de vérification associés à la méthode utilisée doivent être enregistrés sur les fiches de contrôles.



6.1.1 Paramètres de fabrication des échantillons représentatifs

Les échantillons doivent être représentatifs des épaisseurs, des nuances d'acier et des perçages généralement utilisés dans l'atelier.

L'exemple d'échantillon ci-après est issu du projet de révision de la norme NF EN 1090-2.

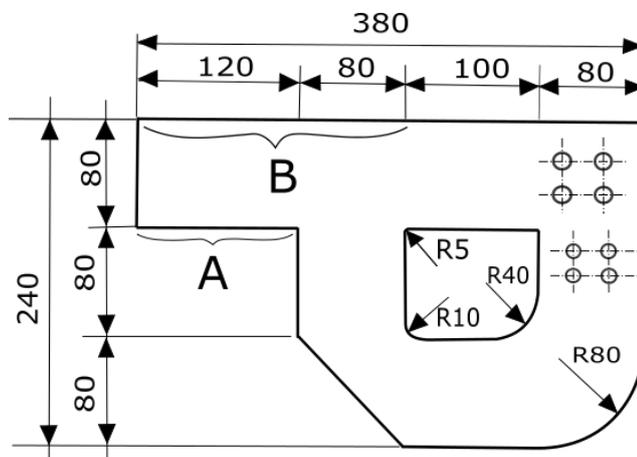


Figure 1 - Exemple d'échantillon représentatif

Les paramètres de fabrication utilisés lors de la fabrication des échantillons doivent être enregistrés, afin de permettre de les surveiller en continu, lors des opérations de production ultérieures.

Les écarts à respecter par rapport aux paramètres de réglage du procédé, rappelés ci-dessous, sont définis dans le projet de révision de la NF EN 1090-2 :

- Pression d'oxygène de chauffage: + 0% / - 20%;
- Pression de gaz de carburant: +/- 5%;
- Pression d'oxygène de coupe: + 0% / - 15%;
- Vitesse de coupe: + 10% / - 0%;
- Hauteur de coupe: +/- 10%;
- Température de préchauffage: +/- 10%.

6.1.2 Instruments de mesure

Pour les épaisseurs fines jusqu'à 8 mm d'épaisseur, il est recommandé d'utiliser un palpeur avec dispositif de guidage:

- Angle de l'aiguille du palpeur $\leq 90^\circ$;
- Rayon de l'aiguille du palpeur $\leq 0,1$ mm.

A défaut de palpeur, la mesure de u peut être faite par équerre et cales fines avec une précision de 0,1mm.

Pour les épaisseurs supérieures à 8 mm, il est possible d'utiliser une équerre associée à un pied à coulisse.

6.1.3 Validation des procédés de coupage

La validation périodique des procédés de coupage en classe EXC1 peut être assurée par le contrôle de la perpendicularité et de l'angularité des coupes.

Les mesures doivent être effectuées sur des faces de coupe brossées, débarrassées d'oxydes, en dehors des zones comportant des défauts visibles.

3 mesures sont à réaliser sur les longueurs notées A et B de la Figure 1 sur l'échantillon à une distance de 20 mm chacune.

La qualité des surfaces de coupe doit être la suivante:

- les chants ne présentent pas d'irrégularité importante;
- les irrégularités mesurées sur une épaisseur réduite ($b = a - 2.\Delta a$) sont conformes aux valeurs limites de la plage 5 selon l'EN ISO 9013:

$$u \leq 1,2 + 0,035a \quad \text{avec } u \text{ et } a \text{ en mm}$$

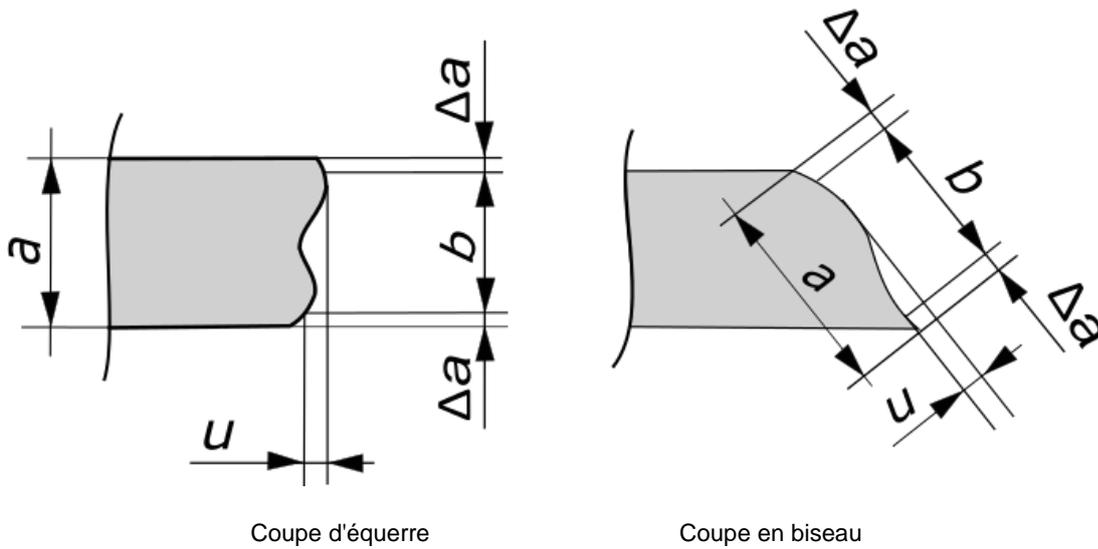


Figure 2 – Exemple de coupes

Tableau 2 – Valeurs de Δa

Epaisseur de coupe a mm	Δa mm
$a \leq 3$	0,1 a
$3 < a \leq 6$	0,3
$6 < a \leq 10$	0,6
$10 < a \leq 20$	1
$20 < a \leq 40$	1,5
$40 < a \leq 100$	2

6.1.4 Validation des procédés de perçage

Les procédés utilisés sont les procédés par forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage thermique.

Les contrôles périodiques sont réalisés sur 8 percements dans la gamme des percages minimum et maximum couramment utilisés.

Vérification de la qualité du perçage :

- les tolérances de diamètre D et de d_{max} et d_{min} à l'entrée et à la sortie du trou;
- l'angle de dépouille α ;
- les bavures Δ .



Contrôle coupage thermique

Tableau 3: Vérification des tolérances de perçage

Caractéristiques dimensionnelles à vérifier		
	Critères	Tolérances
Diamètre moyen du trou	$D = (d_{max} + d_{min})/2$	$D = D_{nominal} \pm 0,5 \text{ mm}$
Angle de dépouille	α	$\alpha \leq 4^\circ$ (7%)
Bavures	Δ_1 et Δ_2	$\max(\Delta_1 \text{ ou } \Delta_2) \leq D / 10$
Diamètre à l'entrée du trou: d_{min}		
Diamètre à la sortie du trou: d_{max}		

Les vérifications des diamètres de perçage s'effectuent avec un calibre ou des billes de contrôle.

Tableau 4 – Tolérances de perçage

Diamètre des trous d_0	Tolérance de perçage
Trous ronds normaux ou oblongs	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Boulons ajustés (plein trous)	classe H11 de l'EN ISO 286-2



Contrôle du perçage

Note Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le poinçonnage sans alésage n'est autorisé que pour des épaisseurs de tôle inférieures à 3 mm.

6.2 Contrôles de routine en coupage

Les paramètres de réglage des machines pour lesquels ont été validés les procédés de coupage ou de perçage doivent être régulièrement vérifiés et surveillés.

Il est recommandé d'afficher ces paramètres ainsi que les plages de réglage (voir chapitre 6.1.1) sur le poste de travail à disposition de l'opérateur.

Les coupes sont contrôlées visuellement au cours des opérations de fabrication:

- Pas d'irrégularité importante.

Les bavures doivent être éliminées par meulage.

Afin d'éviter les amorces de fissures, il convient d'éviter les angles rentrants vifs : voir Figure 3.

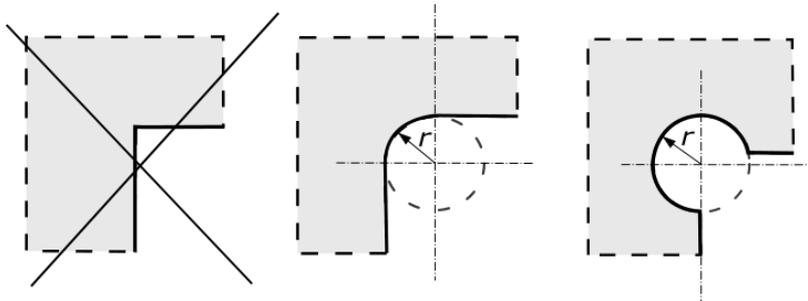
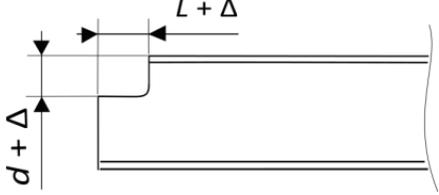
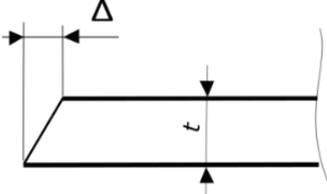


Figure 3 – Exemples de découpe d'angle rentrant

Les tolérances à contrôler lors des opérations de coupages sont rappelées dans le tableau 5 ci-après. Ce tableau ne remplace pas ceux de la NF EN 1090-2. Seuls les cas les plus courants sont cités.

Tableau 5 – tolérances de coupage

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
1	Longueur de l'élément		Cas général $\Delta = \pm (L/5\ 000 + 2)$ mm Sur appui $\Delta = \pm 1$ mm
2	Équerrage des extrémités		$\Delta = \pm D/100$ Si appui par contact direct: $\Delta = \pm D/1\ 000$

3	Grugeages		Profondeur d : $0 \text{ mm} \leq \Delta \leq + 3 \text{ mm}$ Longueur L : $0 \text{ mm} \leq \Delta \leq + 3 \text{ mm}$
4	Équerrage des chants de coupe		Écart Δ d'un chant de coupe par rapport à 90° $\Delta = \pm 0,1t$

6.3 Contrôle de routine en perçage

6.3.1 Forage

Les trous destinés aux boulons ajustés et axes d'articulation ajustés peuvent être forés à la dimension finale. Les trous oblongs longs peuvent être formés de deux trous forés et terminés par oxycoupage manuel.

6.3.2 Poinçonnage

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

Dans des plaques d'épaisseur supérieure à 16 mm, lorsque des découpes sont obtenues par poinçonnage, les bavures doivent être éliminées par meulage.

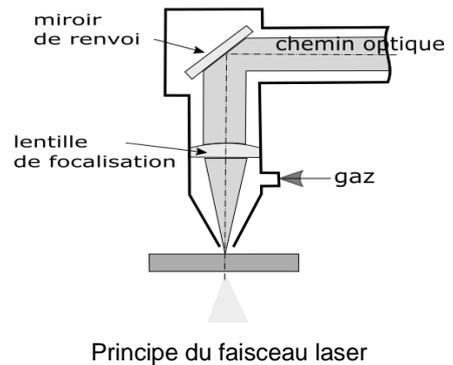


6.3.3 Laser

Le laser permet de réaliser une coupe de qualité dans une tôle d'acier jusqu'à 30 mm d'épaisseur.

Le perçage laser peut se faire selon plusieurs méthodes:

- Le perçage par percussion, consiste à percer à un endroit fixe.
- Le perçage par détourage consiste à déplacer le faisceau suivant le périmètre du trou à percer.
- Le perçage par précession consiste à modifier l'angle du faisceau afin de compenser la conicité naturelle d'un trou percé au laser.



6.3.4 Jet de plasma

Le jet de plasma est généré par un arc électrique qui s'établit entre une électrode intérieure à la torche de coupage et la pièce. Le pouvoir calorifique du jet (température d'environ 18 000 °C) provoque une fusion quasi instantanée qui se propage dans toute l'épaisseur de la pièce.

Les procédés de coupage plasma permettent la découpe et le perçage de tôles jusqu'à 160 mm d'épaisseur avec une précision de plus ou moins 0,2 mm.

6.3.5 Contrôles associés

En cours de fabrication, il convient de s'assurer du respect des tolérances de fabrication et de la position des percements, afin de garantir des conditions correctes de montage et de réglage de la structure.

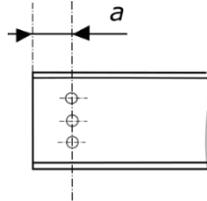
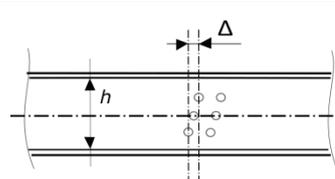
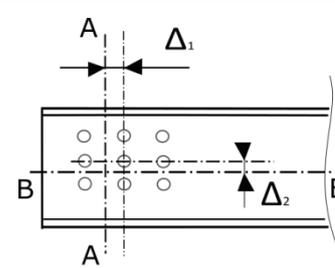
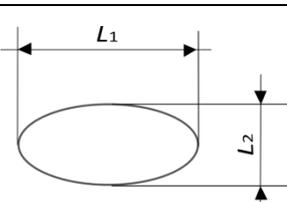
Les bavures doivent être éliminées avant assemblage.

Des conditions particulières d'exécution peuvent éventuellement nécessiter des tolérances plus sévères.

Des exemples de contrôle après perçage sont rappelés dans le tableau 6 ci-après.

Tableau 6 – Tolérances de perçage

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
1	Position des trous pour fixations		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
2	Espacement des groupes de trous		Cas général: $\Delta = \pm 5 \text{ mm}$ Cas où une pièce unique est raccordée par deux groupes de fixations: $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
3	Position des trous pour fixations		$0 \text{ mm} \leq \Delta \leq 3 \text{ mm}$
4	Vrillage du groupe de trou		si $h \leq 1\,000 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 2 \text{ mm}$ si $h > 1\,000 \text{ mm}$ $\Delta = \pm 4 \text{ mm}$
5	Position du groupe de trous		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
6	Ovalisation des trous		$\Delta = L_1 - L_2$ $\Delta = \pm 1 \text{ mm}$

7 SOUDAGE

7.1 Qualification des soudeurs et opérateurs

Quelle que soit la classe d'exécution de la structure, les soudeurs et opérateurs en soudage doivent être qualifiés pour les opérations qui leur sont confiés.

Il est recommandé de disposer au sein de l'atelier d'un tableau de synthèse, ou d'un enregistrement des qualifications, rappelant les techniques et champs d'application des différentes qualifications détenues par les soudeurs et opérateurs, afin d'assurer la répartition des tâches.

7.2 Instructions de soudage

Les consommables et les paramètres de réglage des équipements pour lesquels ont été validés les modes opératoires de soudage doivent être régulièrement vérifiés et surveillés.

Il est recommandé d'afficher les instructions de soudage et de contrôle du soudage sur le poste de travail (voir tableaux 7 et 8).

Tableau 7 – Exemple d'instruction de soudage

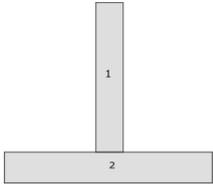
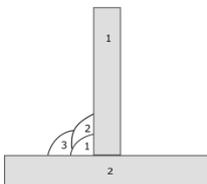
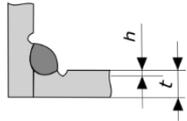
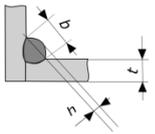
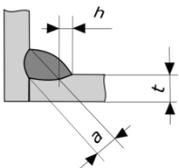
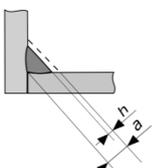
Descriptif du mode opératoire de soudage				Référence:			
Métal de base 1		Métal de base 2		N° du procédé:			
Nuance:		Nuance:		Epaisseur de métal déposé:		Oui / non	
Norme:		Norme:					
Groupe/sous-groupe:		Groupe/sous-groupe:					
Epaisseur:		Epaisseur:		Support			
Type d'assemblage:				Repère de la soudure:			
Schéma de l'assemblage							
<p style="text-align: center;">Etape préparation</p>  <p style="text-align: center;"><i>Exemple</i></p>				<p style="text-align: center;">Etape répartition des passes</p>  <p style="text-align: center;"><i>Exemple</i></p>			
N° des passes:		1		2		3	
Position de soudage:							
Métal d'apport	Groupe						
	Désignation Normalisée / Désignation commerciale						
	Type						
	Marque						
	Diamètre (mm) et polarité						
Protection gazeuse ou flux	Désignation normalisée						
	Désignation commerciale						
	Type de matériel						
	Nombre de fil						
Réglages du poste de soudure	Type de courant + polarité						
	Intensité I (ampères)						
	Tension U (volts)						
	Vitesse de fil (cm/min) ±10%						
	Vitesse d'avance V (cm/min) ±10%						
	Apport de chaleur Q (kJ/mm)						
Température de préchauffage (°C) mini							
Température entre passe (°C) mini / maxi							
Nettoyage entre passe							
Gougeage							
Post chauffage: durée et température							

Tableau 8 – Exemple d'instruction de contrôles de soudage

Contrôles visuels			
Défauts (NF EN ISO 5817)		Critères limites	
100	Fissures	Non autorisé	
104	Fissures de cratère	Non autorisé	
2017	Piqures / trous	Non autorisé	
401	Collage	Non autorisé	
601	Coup d'arc ou amorçage accidentel	Non autorisé	
5011	Caniveau continu		$h \leq 0,2 t$ et $h \leq 1 \text{ mm}$
5012	Morsure; caniveau discontinu		
503	Convexité excessive		$h \leq (1 + 0,25 b) \text{ mm}$ et $h \leq 5 \text{ mm}$
512	Défaut de symétrie		$h \leq (2 + 0,2 a) \text{ mm}$
5213	Gorge insuffisante		$h \leq (0,3 + 0,1 a) \text{ mm}$ et $h \leq 2 \text{ mm}$
Contrôles non destructifs (CND)			
Moyen	% contrôlé	localisation	
Ressuage			
Radio			
Ultrasons			
Magneto			

7.3 Exécution du soudage

7.3.1 Préparation des joints

La préparation des joints doit être exempte de toutes fissures visibles. Les surfaces doivent être sèches et exemptes de rouille, matériau organique ou couche de zinc, pouvant altérer la qualité des soudures ou de perturber les opérations de soudage.

Les peintures primaires appliquées en usine peuvent être laissées sur les bords à souder uniquement si elles n'ont pas d'effet préjudiciable sur le déroulement du soudage et si elles sont aptes au soudage.

Les niveaux de température et la durée du séchage des électrodes et des flux doivent respecter les recommandations du fabricant. Le tableau 9 ci-dessous, conforme au Tableau 16 de la norme NF EN 1090-2, rappelle les paramètres de préparation avant et pendant le soudage.

Tableau 9 – Séchage des électrodes et des flux

Mode	Température (T)	Durée (t)
Séchage (Armoire chauffante)	300 °C < T ≤ 400 °C	2 h < t ≤ 4 h
Stockage (Armoire chauffante)	≥ 150 °C	avant le soudage
Stockage (Carquois chauffant)	≥ 100 °C	pendant le soudage

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

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

7.3.2 Assemblage des pièces

Les éléments à souder doivent être correctement alignés et maintenus en position par pointage ou dispositifs externes, et bloqués pendant le soudage initial.

Les joints à souder doivent être conçus pour être facilement accessibles et visibles pour le soudeur.

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



La longueur des soudures de pointage doit être au moins égale à quatre fois l'épaisseur de l'élément le plus épais de l'assemblage, avec un maximum de 50 mm, à moins qu'un essai ait permis de démontrer qu'une longueur plus courte est satisfaisante (macrographies).

$$L = 4 \times t_{\max} \quad \text{avec } L \leq 50\text{mm}$$

Les soudures de pointage devant être incorporées dans la soudure finale doivent être exemptes de défauts et soigneusement nettoyées avant le soudage final.

Les soudures de pointage qui ne sont pas incorporées dans les soudures finales doivent être éliminées.

7.3.3 Exécution du soudage

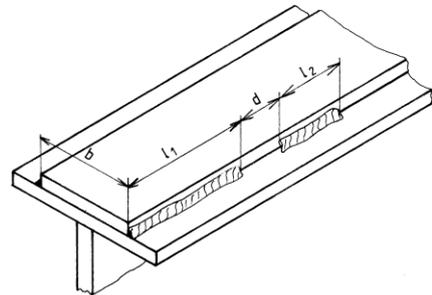
Des précautions doivent être prises pour éviter les amorçages d'arc accidentels. S'il s'en produit, la surface de l'acier doit être légèrement meulée, avant reprise du soudage et le contrôle visuel sera complété par un contrôle par ressuage ou magnétoscopie.

Des précautions doivent être prises pour éviter les projections de soudure. Les défauts visibles tels que les fissures, cavités et autres défauts non autorisés, doivent être éliminés de chaque passe avant le dépôt de la passe suivante.

La totalité du laitier doit être éliminée de la surface de chaque passe avant l'exécution de la passe suivante, ainsi que de la surface de la soudure finie.

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

$$L_1 \geq b$$



Longueur de la soudure d'origine:

$$L_{we} \geq \min (0,75 b ; 0,75 b_1)$$

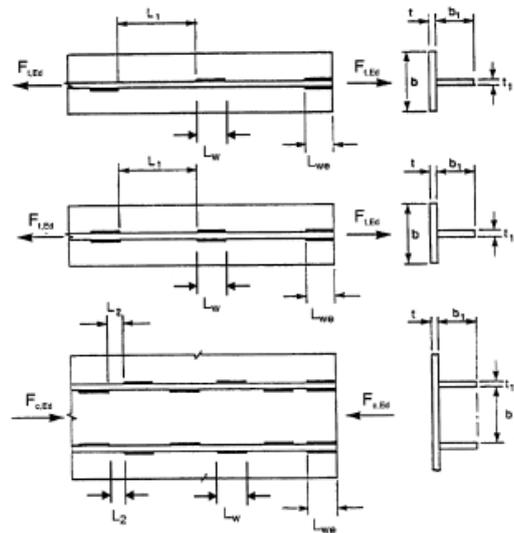
Longueurs maximales entre soudures:

— Pour les barres tendues :

$$L_1 \leq \min (16 t ; 16 t_1 ; 200 \text{ mm})$$

— Pour les barres comprimées:

$$L_2 \leq \min (12 t ; 12 t_1 ; 0,25 b ; 200 \text{ mm})$$



7.3.4 Contrôles associés

7.3.4.1 Contrôle des soudures

Un contrôle visuel doit être assuré par l'opérateur (et vérifié par le responsable soudage de l'entreprise) sur l'ensemble des soudures réalisées.

Les jonctions entre le métal fondu et le métal de base doivent faire l'objet d'une attention particulière.

Par exemple pour les soudures d'angle, dans le cas où ce contrôle visuel a détecté un manque d'épaisseur (écart h - critère 5213), il peut être compensé par une augmentation de la gorge :

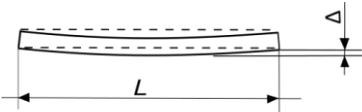
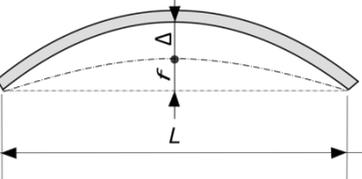
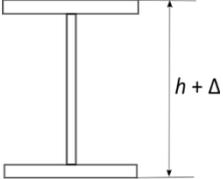
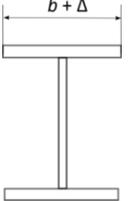
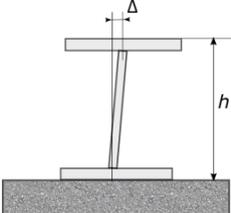
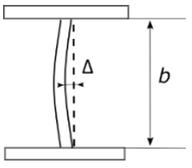
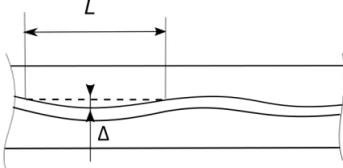
$$a = a_{nom} + 0,7h \text{ où } a_{nom} \text{ est la gorge nominale spécifiée.}$$

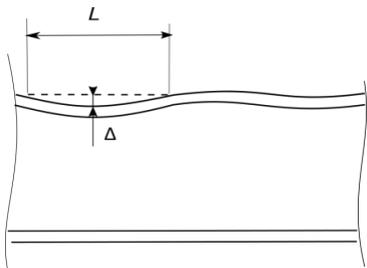
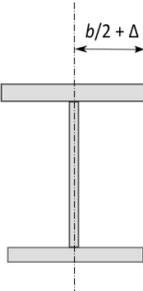
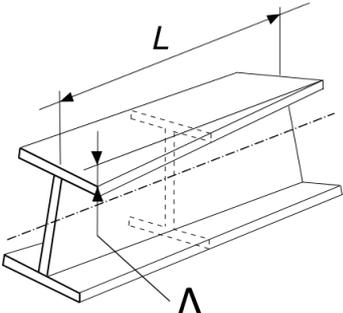
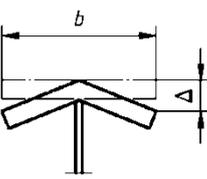
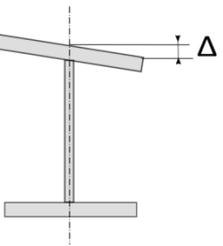
Des exemples de contrôle de soudage sont rappelés en Annexe A.

7.3.4.2 Contrôle des pièces assemblées

Des exemples de tolérances de fabrication pour les profilés coupés et assemblés par soudage sont rappelés dans le tableau 10 ci-après.

Tableau 10 – Tolérances d'assemblage de pièces soudées

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
1	Rectitude de la semelle ou de l'élément		$\Delta = \pm L / 750$
2	Contreflèche ou courbure prévue sur plan		$\Delta = \pm L/500$ mais $ \Delta \geq 6 \text{ mm}$
3	Hauteur		$\Delta = - h / 50$ et Si $h \leq 900 \text{ mm}$: $\Delta = \pm 3 \text{ mm}$ Si $900 < h \leq 1\,800 \text{ mm}$: $\Delta = \pm h / 300$ Si $h > 1\,800 \text{ mm}$: $\Delta = \pm 6 \text{ mm}$
4	Largeur de semelle		$\Delta = \pm b / 100$ et $ \Delta \geq 3 \text{ mm}$
5	Équerrage au niveau des appuis	 $t_w = \text{épaisseur de l'âme}$	$\Delta = \pm h / 300$ et $ \Delta \geq \min(t_w \text{ et } 3 \text{ mm})$
6	Courbure de l'âme	 $t_w = \text{épaisseur de l'âme}$	Si $b/t \leq 80$: $\Delta = \pm b/200$ Si $80 < b/t_w \leq 200$: $\Delta = \pm b^2 / (16\,000 t)$ Si $b/t_w > 200$: $\Delta = \pm b / 100$ et $ \Delta \geq t \text{ et } 5 \text{ mm}$
7	Déformation ou ondulation de l'âme		$\Delta = \pm b / 100$ et $ \Delta \geq t_w \text{ et } \geq 5 \text{ mm}$ avec $t_w = \text{épaisseur de la tôle}$ $L = \text{hauteur de l'âme } b$

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
8	Déformation de la semelle de la section en I		<p>Si $b/t_f \leq 20$: $\Delta = \pm b/150$</p> <p>Si $b/t_f > 20$: $\Delta = \pm b^2 / (3\ 000\ t_f)$</p> <p>$t_f$ = épaisseur de semelle b = largeur de la semelle</p>
9	Excentricité de l'âme		<p>Cas général $\Delta = \pm 5\text{ mm}$</p> <p>Sur appui $\Delta = \pm 3\text{ mm}$</p>
10	Vrillage		<p>$\Delta = \pm L / 700$</p> <p>et $4\text{ mm} \leq \Delta \leq 20\text{ mm}$</p>
11	Planéité des semelles		<p>Cas général $\Delta = \pm b / 150$ et $\Delta \geq 3\text{ mm}$</p> <p>Sur appui $\Delta = \pm b / 400$</p>
12	Équerrage des semelles		<p>Cas général $\Delta = \pm b / 100$ et $\Delta \geq 5\text{ mm}$</p> <p>Sur appui $\Delta = \pm b / 400$</p>

N°	Dimension	Critère	Écart autorisé Δ
13	<p>Position et excentricité des raidisseurs d'âmes à l'appui:</p> <p>Δ_1 = écart de position par rapport à l'axe théorique</p> <p>Δ_2 = excentricité entre raidisseurs sur appui</p>		<p>$\Delta_1 = 3 \text{ mm}$</p> <p>et</p> <p>$\Delta_2 = t_w / 3$</p>

8 FORMAGE A FROID

8.1 Opérations de formage

Le formage à froid peut être obtenu par profilage, pressage ou pliage. Les tôles et plats utilisés doivent être aptes au formage à froid. Le martelage ne doit pas être utilisé.

Pour les aciers inoxydables, les rayons intérieurs de pliage minimaux devant être formés doivent être de :

- $2 t$ pour les nuances austénitiques 1.4301, 1.4401, 1.4404, 1.4541 et 1.4571 ;
 - $2,5 t$ pour la nuance austéno-ferritique 1.4462 ;
- où t est l'épaisseur du matériau.

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

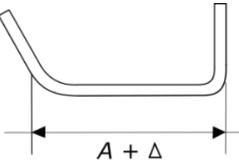
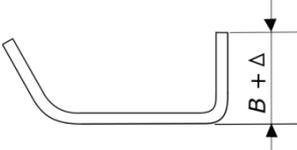
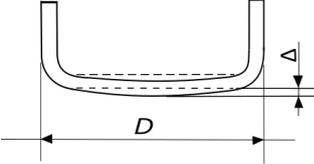
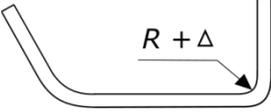
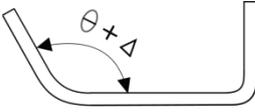
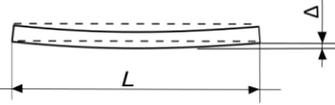
Pour le cintrage des tubes circulaires, il convient de respecter les conditions suivantes :

- le rapport du diamètre extérieur du tube à l'épaisseur de la paroi $\Phi/t \leq 15$;
- le rayon de courbure (au niveau de l'axe longitudinal du tube) $R \geq 1,5 \Phi$ ou $\Phi + 100 \text{ mm}$, où Φ est le diamètre extérieur du tube;
- la soudure longitudinale doit être positionnée dans la zone la moins sollicitée par le pliage, afin de réduire les contraintes de flexion au droit de la soudure.

8.2 Contrôles associés

Des exemples de tolérances de fabrication pour les profilés formés à froid sont rappelés dans le tableau 11 ci-après.

Tableau 11 – Tolérances après formage à froid

	Vérification géométrique	Critère	Écart autorisé Δ
1	Largeur d'élément interne	 <p>A = Largeur entre plis L = Longueur de l'élément</p>	$-\Delta = A / 50$ et si $t < 3$ mm avec $L < 7$ m $\Delta = \pm 3$ mm avec $L \geq 7$ m $\Delta = -3$ mm / + 5 mm si $t \geq 3$ mm avec $L < 7$ m $\Delta = \pm 5$ mm avec $L \geq 7$ m $\Delta = -5$ mm / + 9 mm
2	Largeur d'élément en saillie	 <p>B = Largeur entre un pli et un bord libre</p>	$-\Delta = B / 80$ et Bord brut: $t < 3$ mm $\Delta = -3$ mm / + 6 mm $t \geq 3$ mm $\Delta = -5$ mm / + 7 mm Bord cisailé : $t < 3$ mm $\Delta = -2$ mm / + 5 mm $t \geq 3$ mm $\Delta = -3$ mm / + 6 mm
3	Planéité		$\Delta = \pm D / 50$
4	Rayon de courbure intérieur R		$\Delta = \pm 2$ mm
5	Forme : Angle Δ entre éléments adjacents		$\Delta = \pm 3^\circ$
6	Rectitude pour l'élément		$\Delta = \pm L / 750$

9 PROTECTION ANTICORROSION

9.1 Préparation lors de la fabrication des pièces

La préparation des pièces avant application d'un revêtement de protection anticorrosion est réalisée en premier lieu au cours des opérations de soudage et d'assemblage.

Les vérifications à réaliser lors de la fabrication en atelier concernent principalement :

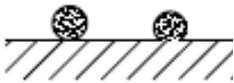
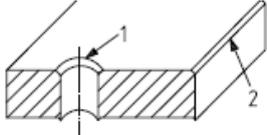
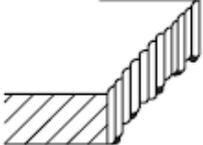
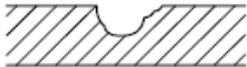
- les états de surface des tôles (piqûres, cratères, aspérités);
- les défauts de surfaces des soudures (projection, scories, caniveau, retassures, cratères);
- la finition des arêtes (bavures, aspérités, présence de calamine).

Les critères à vérifier correspondant aux degrés de préparation P1, P2 et P3 sont décrits dans la NF EN ISO 8501-3.

- P1 Préparation légère: aucune préparation ou une préparation minimale requise avant application de la peinture;
- P2 Préparation soignée: la plupart des imperfections sont corrigées;
- P3 Préparation très soignée: le sujet est net de toute imperfection visible importante.

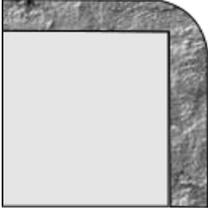
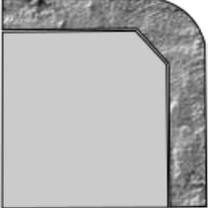
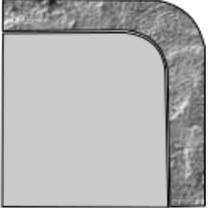
Pour un degré de préparation P1, les principales vérifications sont les suivantes : voir tableau 12.

Tableau 12 – Degrés de préparation

Type d'imperfection	Critères de degré P1
	La surface doit être dépourvue de toute projection de soudure non adhérente
	La surface doit être dépourvue de scories
	Aucune partie de l'arête ne doit être vive; l'arête doit être dépourvue de bavures
	La surface doit être dépourvue de laitier et de calamine non adhérente
	Les piqûres et les cratères doivent être suffisamment ouverts pour permettre la pénétration de la peinture
	La surface doit être dépourvue d'aspérités

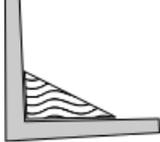
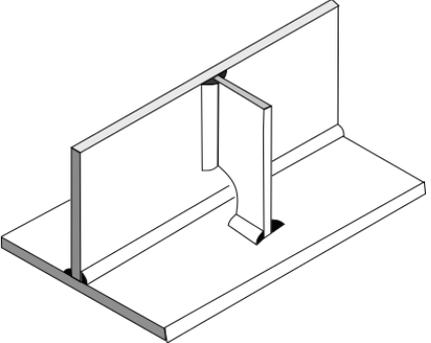
Les structures ayant une durée de vie prévue de la protection contre la corrosion supérieure à cinq ans et une catégorie de corrosivité C3 ou plus, doivent avoir des arêtes arrondies ou chanfreinées (voir tableau 13).

Tableau 13 – Préparation des arêtes

Préparation des arêtes dans le cas d'une protection contre la corrosion de durée de vie supérieure à cinq ans et une catégorie de corrosivité C3 ou plus		
		
Arrête vive déconseillée	Arête chanfreinée (d = 1 mm) conseillée	Bord arrondi (r = 2mm) conseillé

Dans le cas des structures soumises à des risques de rétention d'eau, il convient d'éviter certaines dispositions constructives (voir tableau 14).

Tableau 14 – Dispositions vis-à-vis des risques de rétention d'eau

Eléments de structure soumis à des risques de rétention d'eau	
Dispositions déconseillées	Dispositions conseillées
 	 
	
	

9.2 Préparation avant traitement anticorrosion

Avant application du revêtement par peinture ou galvanisation, les états de surfaces doivent également être vérifiés par l'applicateur.

9.2.1 Préparation avant peinture

Le niveau de préparation dépend du système de peinture et de sa durée de vie attendue.

La préparation est destinée à éliminer toutes traces d'huile, de graisse et de saleté, ainsi que de matériaux peu adhérents; tels que calamine, rouille, peinture et particule étrangère, etc.

Il existe deux types de préparation de surface :

— La préparation primaire (totale)

Ce type de préparation consiste à éliminer la calamine, la rouille, les revêtements existants et les contaminants. Après la préparation primaire, l'ensemble de la surface est de l'acier nu.

Les degrés de préparation sont notés :

- Sa 1, Sa 2, Sa 2½, Sa 3 = décapage par projection;
- St 2, St 3 = décapage manuel et mécanique;
- Fl = nettoyage à la flamme;
- Be = décapage à l'acide.

— La préparation secondaire (partielle)

Ce type de préparation consiste à éliminer la rouille et les contaminants, tout en conservant intactes les parties saines des revêtements peints ou métalliques adhérents.

Les degrés de préparation sont notés :

- P Sa = décapage localisé par projection des surfaces préalablement revêtues;
- P St = nettoyage localisé à la main ou à la machine des surfaces préalablement revêtues;
- P Ma = meulage localisé mécanique abrasif.

9.2.2 Préparation pour galvanisation

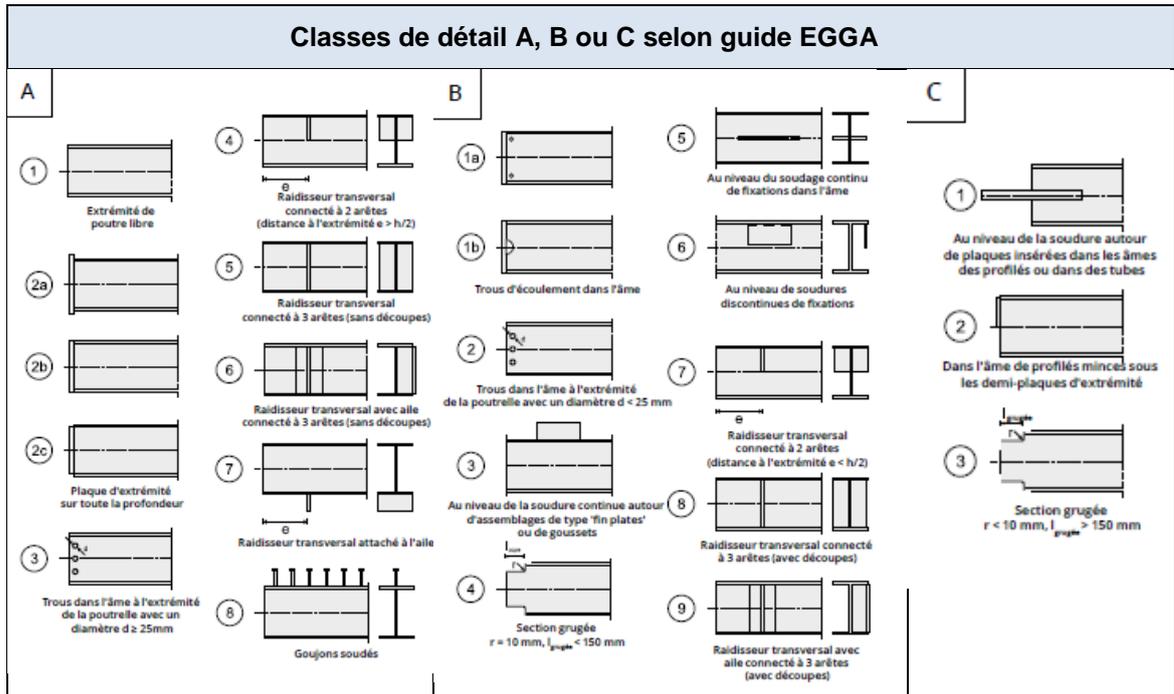
Il est recommandé de préciser lors de la commande qu'un certificat de conformité avec la norme NF EN ISO 1461, sera à fournir lors de la livraison des pièces galvanisées, attestant des contrôles réalisés par le galvaniseur:

- les contrôles d'épaisseur du revêtement;
- les contrôles de déformation des pièces après galvanisation;
- les contrôles visuels et/ou par magnétoscopie vis-à-vis des risques de fissuration.

Au préalable, il appartient au constructeur métallique de classer les éléments en acier à galvaniser, en fonction de l'exigence de déformation pendant l'immersion :

- Classe de construction I, II ou III en fonction de la profondeur des profilés, de la limite d'élasticité et de la dureté du matériau.

— Classe de détail A, B ou C en fonction des valeurs maximales des exigences de déformation locale: voir guide EGGGA (Association Européenne des Galvaniseurs) [1].



Pour des profilés de hauteur supérieure ou égale à 480 mm et de nuance S275 J0 ou supérieure, les détails de catégorie B et C doivent faire l'objet d'un contrôle par magnétoscopie:

- aléatoire pour les détails de catégorie B;
- systématique pour les détails de catégorie C.

10 COLISAGE – EXPEDITION CHANTIER

10.1 Eléments de structures

Il est recommandé d'identifier les éléments par un marquage individuel, ou par l'identification des colis.

Le marquage individuel peut être réalisé soit par une marque poinçonnée, soit par une étiquette métallique.



10.2 Éléments d'assemblages

Afin d'éviter les erreurs d'association de vis et d'écrous non compatibles, il est recommandé de livrer les éléments d'assemblage avec leurs emballages et accompagnés des consignes de mise en œuvre et de serrage correspondantes.

Le certificat d'étalonnage doit être fourni par l'atelier au chantier en s'assurant au préalable de la validité du réétalonnage annuel.

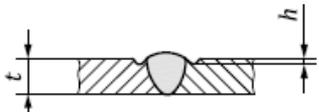
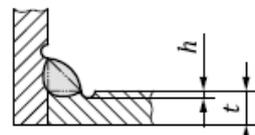
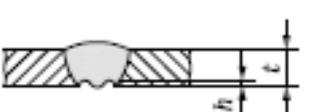
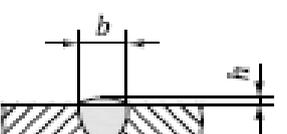
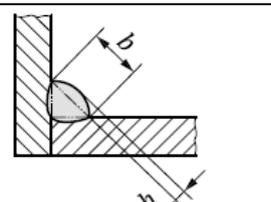
Le réglage des clés dynamométrique doit être conforme à la norme NF EN ISO 6789 avec une précision de $\pm 4\%$.

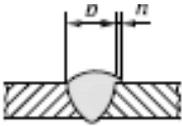
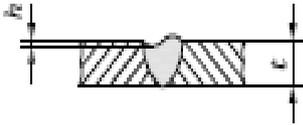
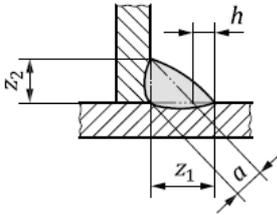
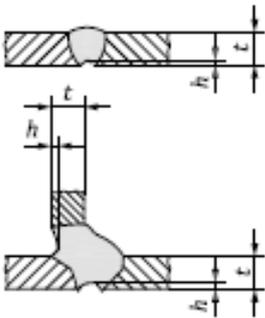
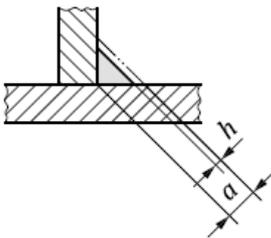
Il convient également de rappeler que la NF EN 1090-2 préconise:

- pour les rondelles en plat, une épaisseur d'au moins 4 mm;
- l'utilisation de rondelles biaisées lorsque l'inclinaison entre la surface de la tôle et le plan perpendiculaire à l'axe de la vis dépasse :
 - 1/20 (3°) pour les vis de diamètre $d \leq 20$ mm;
 - 1/30 (2°) pour les vis de diamètre $d > 20$ mm.

Annexe A

Rappel des critères de contrôles après soudage

Contrôles visuels			
Exemples de défauts (NF EN ISO 5817)		Critères limites	
100	Fissures	Non autorisé	
104	Fissures de cratère	Non autorisé	
2017	Piqûres	Pour $t > 3 \text{ mm}^*$: $d \leq 0,3$ (s ou a) et $d \leq 3 \text{ mm}$	
401	Collage	Non autorisé	
510	Trous	Non autorisé	
601	Coup d'arc ou amorçage accidentel	Non autorisé Autorisé si les propriétés du métal de base ne sont pas affectées	
5011	Caniveau continu		
5012	Morsure; caniveau discontinu		
5013	Caniveau à la racine		Pour $t > 3 \text{ mm}^*$: $h \leq 0,2 t$ et $h \leq 2 \text{ mm}$ Transition douce exigée
502	Surépaisseur excessive (soudure bout à bout)		$h \leq (1 + 0,25 b) \text{ mm}$ et $h \leq 10 \text{ mm}$ Transition douce exigée
503	Convexité excessive		$h \leq (1 + 0,25 b) \text{ mm}$ et $h \leq 5 \text{ mm}$

Contrôles visuels			
Exemples de défauts (NF EN ISO 5817)			Critères limites
506	Débordement		$h \leq 2 b$
509	Effondrement		Pour $t > 3 \text{ mm}^*$: $h \leq 0,25 t$ et $h \leq 2 \text{ mm}$
511	Manque de matière		Transition douce exigée
512	Défaut de symétrie		$h \leq (2 + 0,2 a) \text{ mm}$
515	Retassure à la racine		Pour $t > 3 \text{ mm}^*$: $h \leq 0,2 t$ et $h \leq 2 \text{ mm}$ Transition douce exigée
516	Rochage	Voir EN ISO 5817	Autorisé localement
517	Mauvaise reprise		Autorisé
5213	Gorge insuffisante		$h \leq (0,3 + 0,1 a) \text{ mm}$ et $h \leq 2 \text{ mm}$
602	Projection		Voir exigences liées à la protection anticorrosion
610	Coloration		

* Pour les épaisseurs inférieures ou égales à 3 mm, voir NF EN ISO 5817

Bibliographie

[1] GUIDE EGGA: "Galvanisation à chaud selon EN ISO 1461 et marquage CE des structures en acier selon EN 1090" - Septembre 2014