



LE SOUDAGE

QUALIFICATIONS et
COMPETENCES EXIGÉES par la NORME EN 1090-2

Février 2016

INTRODUCTION

Ce dossier sur le soudage est à destination des entreprises de Métallerie et de Construction métallique étant amenées à mettre en avant les compétences de leurs soudeurs pour les ouvrages qu'ils réalisent.

Il vient notamment rappeler les éléments nécessaires à l'application de la norme EN 1090-2 et plus particulièrement le respect des exigences sur les étapes de soudage.

Le soudage des structures métalliques implique par ailleurs a minima la qualification des soudeurs opérant sur les ouvrages. Ce document revient sur les principales étapes des épreuves de qualification des soudeurs.

A noter que ce document s'appuie sur les textes normatifs référencés mais n'a pas vocation à reprendre l'intégralité des contenus normatifs.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	2
APPLICATION DE L'EN 1090-2	4
LES ETAPES DE SOUDAGE.....	5
QUALIFICATION DES METHODES DE SOUDAGE.....	7
QUALIFICATION DES SOUDEURS ET DES OPERATEURS DE SOUDAGE.....	8
EPREUVE DE QUALIFICATION SELON L'ISO 9606-1	9
MATERIAUX D'APPORT	11
CONTROLES ET ESSAIS	12
DUREE DE VALIDITE	14
CERTIFICAT D'ESSAI.....	15
LA COORDINATION EN SOUDAGE.....	16
LA PREPARATION DES JOINTS	17
ASSEMBLAGE DES PIECES AVANT SOUDAGE.....	17
LES SOUDURES DE POINTAGE.....	18
LES SOUDURES EN BOUT A BOUT.....	18

L'EXECUTION DES SOUDURES	18
LES CRITERES D'ACCEPTATION ET LES CONTROLES A REALISER.....	19
ANNEXE A : REFERENCES NORMATIVES.....	20
ANNEXE B : PROCEDES DE SOUDAGE.....	21
ANNEXE D :	
NIVEAUX D'EXIGENCES DE QUALITE SELON LES CLASSES D'EXECUTION EXC.....	25
REVUE DES EXIGENCES	25
REVUE TECHNIQUE.....	25
SOUS-TRAITANCE	26
SOUDEURS ET OPERATEURS EN SOUDAGE	26
PERSONNEL DE COORDINATION EN SOUDAGE.....	26
PERSONNEL CHARGE DES ESSAIS NON DESTRUCTIFS.....	26
MATERIEL	27
ACTIVITES LIEES AU SOUDAGE - DMOS / QMOS.....	27
STOCKAGE ET MANIPULATION DES CONSOMMABLES	28
STOCKAGE DES MATERIAUX DE BASE	28
TRAITEMENT THERMIQUE APRES SOUDAGE	28
CONTROLES ET ESSAIS.....	29
NON CONFORMITES ET MESURES CORRECTIVES.....	29
IDENTIFICATION ET TRACABILITE.....	30
ENREGISTREMENT RELATIFS A LA QUALITE	30
BIBLIOGRAPHIE.....	31
CONTACTS	31



APPLICATION DE L'EN 1090-2

La norme EN 1090-2 s'applique aux éléments structuraux, définis comme tout élément participant à la stabilité d'un bâtiment. On peut considérer ainsi qu'une structure est une pièce « porteuse » d'une construction, qui peut amener cette dernière à l'état de ruine si la structure est endommagée.

Elle peut être applicable selon deux voies :

- Le respect de la norme NF EN 1090 est contractuel dans un marché pour des ouvrages dits de structures (ex : charpentes, ossatures, structures rapportées, etc.). Des classes d'exécution dictent alors plusieurs exigences que l'entrepreneur doit respecter.
- Si le marquage CE doit s'appliquer à une structure métallique alors de fait, l'entrepreneur devra respecter les exigences de la norme NF EN 1090-2. Ceci implique notamment l'intervention d'un organisme tiers pour établir une déclaration de performances du produit (appelée DoP). Il est rappelé que le marquage CE des structures ne s'applique que si l'ouvrage est mis sur le marché. Il n'est pas obligatoire pour tout ouvrage fabriqué et posé par l'entreprise.

L'introduction d'un système de qualité conforme à l'EN ISO 3834 (comme exigé par l'EN 1090) réclame du temps et dans bien des cas, un changement d'organisation pour l'entreprise. Les différentes parties de cette norme fournissent des exigences pour trois niveaux de qualité (complète, normale et élémentaire) relatifs à tous les procédés de soudage par fusion.

L'EN 1090-2 impose également des exigences relatives à la qualification des méthodes de soudage et du personnel de soudage, à la coordination en soudage et aux critères d'acceptation.

LES CLASSES D'EXECUTION

La norme EN 1090-2 s'articule autour de classes d'exécution, au nombre de 4 (EXC1 à EXC4). Les exigences données par ses classes sont croissantes et plus contraignantes de l'EXC1 à l'EXC4. Pour déterminer quelle classe d'exécution l'entreprise doit respecter, il est conseillé de se référer aux guide des Recommandations pour la détermination des classes d'exécution selon la NF EN 1090-2 pour les structures en acier, à destination du maître d'ouvrage.

En fonction de plusieurs critères tels que le degré de conséquences en cas de rupture de la construction, l'utilisation et la sollicitation de la construction et les matériaux utilisés, il est possible d'attribuer à tout ou partie de l'ouvrage une classe d'exécution.

Si aucune classe d'exécution n'est indiquée dans le marché par le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre, la classe EXC2 est exigée par défaut.

LES ETAPES DE SOUDAGE

Le soudage doit être réalisé conformément aux prescriptions de la partie applicable de l'EN ISO 3834.

Selon la classe d'exécution, les parties suivantes de la norme s'appliquent :

- EXC1 : partie 4 de la norme « Exigences de qualité élémentaire »
- EXC2 : partie 3 de la norme « Exigences de qualité normale »
- EXC3 et EXC4 : partie 2 de la norme « Exigences de qualité complète »

Note : il convient que le soudage à l'arc des aciers ferritiques et des aciers inoxydables soit réalisé selon les exigences et recommandations des normes EN 1011-1, EN 1011-2 et EN 1011-3 (non traité dans ce document).

Un programme de soudage doit être fourni comme partie intégrante de la planification de la production. Ce programme de soudage inclut notamment :

- Les descriptifs de modes opératoires de soudage ;
- Les mesures à prendre pour éviter toute déformation pendant et après le soudage ;
- La séquence de soudage avec les restrictions éventuelles ou les emplacements acceptables pour les positions de départ et d'arrêt ;
- Les exigences concernant les vérifications intermédiaires ;
- Tout retournement d'éléments à effectuer au cours du processus de soudage, en relation avec la séquence de soudage ;
- L'équipement spécial concernant les produits consommables pour le soudage ;
- La forme du cordon et le fini des soudures pour les aciers inoxydables ;
- Les critères d'acceptation des soudures ;
- Les exigences de l'identification des soudures ;
- Les exigences des traitements de surface ;
- Etc.

(la norme EN 1090-2 propose la liste complète du programme).

Les principaux procédés de soudage sont rappelés en annexe B. On notera que les procédés de soudage par résistance 21, 22 et 23 ne doivent être employés que pour exécuter le soudage d'éléments en acier de faible épaisseur. Les autres procédés non cités ne doivent être utilisés que s'ils sont explicitement spécifiés.

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

TABLEAU 1 : APERÇU DES PRINCIPALES EXIGENCES RELATIVES AU SOUDAGE, SELON LES CLASSES D'EXECUTION

Exigences de la norme EN 1090-2	EXC 1	EXC 2	EXC 3	EXC 4
Généralités	EN ISO 3834-4	EN ISO 3834-3	EN ISO 3834-2	EN ISO 3834-2
Qualification des modes opératoires de soudage	<i>Sans exigence</i>	<i>Voir tableau 2</i>	<i>Voir tableau 2</i>	<i>Voir tableau 2</i>
Soudeurs et opérateurs soudeurs	Soudeurs : EN ISO 9606-1	Soudeurs : EN ISO 9606-1	Soudeurs : EN ISO 9606-1	Soudeurs : EN ISO 9606-1
	Opérateurs : EN ISO 14732	Opérateurs : EN ISO 14732	Opérateurs : EN ISO 14732	Opérateurs : EN ISO 14732
Coordination en soudage	<i>Sans exigence</i>	<i>Voir tableau 7</i>	<i>Voir tableau 7</i>	<i>Voir tableau 7</i>
Préparation des joints	<i>Sans exigence</i>	<i>Sans exigence</i>	Peintures primaires appliquées en usine non autorisées	Peintures primaires appliquées en usine non autorisées
Fixations provisoires	<i>Sans exigence</i>	<i>Sans exigence</i>	Utilisation à spécifier Découpage et burinage interdits	Utilisation à spécifier Découpage et burinage interdits
Soudures de pointage	<i>Sans exigence</i>	Mode opératoire de soudage qualifié	Mode opératoire de soudage qualifié	Mode opératoire de soudage qualifié
Soudures bout à bout	<i>Sans exigence</i>	Appendices si spécifiés	Appendices	Appendices
Soudures exécutées d'un seul côté	<i>Sans exigence</i>	Appendices si spécifiés	Support envers permanent continu	Support envers permanent continu
Exécution du soudage	<i>Sans exigence</i>	<i>Sans exigence</i>	Elimination des projections de soudure	Elimination des projections de soudure
Critères d'acceptation	EN ISO 5817 Niveau de qualité D si spécifié	EN ISO 5817 Niveau de qualité C généralement	EN ISO 5817 Niveau de qualité B	EN ISO 5817 Niveau de qualité B+
Réparation des soudures	Pas de QMOS exigé	Selon QMOS	Selon QMOS	Selon QMOS

QUALIFICATION DES METHODES DE SOUDAGE

Le soudage doit être réalisé avec des modes opératoires de soudage qualifiés utilisant un descriptif de modes opératoires de soudage (DMOS) selon la partie applicable de l'EN ISO 15609, de l'EN ISO 1455 (procédés 783 et 784) ou de l'EN ISO 15620 (procédé 42).

Un DMOS peut être préparé par l'entreprise ou par un organisme tiers, en faisant référence à la norme applicable selon le procédé de soudage utilisé.

Les DMOS et instructions de soudage doivent être mis à disposition du soudeur, en complément des plans d'exécution des pièces à assembler, pour lui permettre de vérifier régulièrement les paramètres qui ont une influence sur la qualité et la solidité de l'assemblage soudé.

Note : le fascicule 1 « B.A. BA de la gestion documentaire » pour la mise en place de l'EN 1090-2 rappelle le contenu d'un DMOS.

La qualification du mode opératoire de soudage (QMOS) dépend de la classe d'exécution, du métal de base et du degré de mécanisation.

TABLEAU 2 :
METHODES DE QUALIFICATION DES MODES OPERATOIRES DE SOUDAGE
POUR LES PROCEDES 111, 114, 12, 13 ET 14

Méthode de qualification		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Epreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage	EN ISO 15614-1	*	*	*
Qualification sur la base d'un assemblage soudé de pré-production	EN ISO 15613	*	*	*
Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard	EN ISO 15612	* a)	-	-
Qualification sur la base de l'expérience de soudage	EN ISO 15611	* b)	-	-
Produits consommables pour le soudage soumis à essais	EN ISO 15610			

* autorisé
- non autorisé

a) *Seulement pour les matériaux ≤ S355 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé*

b) *Seulement pour les matériaux ≤ S275 et seulement pour le soudage manuel ou partiellement mécanisé*

On remarque que pour les constructions qui sont classées dans l'EXC2 et pour lesquelles on utilise de l'acier de qualité inférieure ou égale à S355, la possibilité est offerte de qualifier une procédure de soudage via une méthode de soudage standard selon l'EN ISO 15612. Ceci permet donc d'utiliser le DMOS d'une autre société déjà qualifiée sur un même procédé de soudage. Si la qualité d'acier utilisée est inférieure ou égale à S275, il existe encore deux possibilités supplémentaires, à savoir la qualification sur la base de l'expérience acquise par le soudeur (EN ISO 15611) et la qualification selon des modes opératoires suivant les matériaux d'apport, fournis généralement par les fournisseurs de métaux d'apport (EN ISO 15610).

A noter que la validation d'un mode opératoire de soudage dépend des exigences de la norme utilisée pour la qualification.

La QMOS n'est pas exigée en EXC1. Pour cette classe il est recommandé de disposer des DMOS correspondant aux procédés de soudage utilisés pour la fabrication et aux qualifications des soudeurs.

QUALIFICATION DES SOUDEURS ET DES OPERATEURS DE SOUDAGE

L'épreuve de qualification peut être utilisée pour qualifier à la fois le mode opératoire de soudage et le soudeur, sous réserve que toutes les exigences applicables soient satisfaites, par exemple les dimensions des assemblages de qualification et les exigences relatives aux essais.

Pour l'ensemble des opérations d'assemblage et de soudage des pièces, la norme NF EN 1090-2 impose une qualification des soudeurs et des opérateurs soudeurs et ce pour chaque classe EXC.

L'épreuve de **qualification des soudeurs** est définie par la norme NF EN ISO 9606-1 (qui remplace la NF EN 287-1 – avec période de recouvrement).

Cette norme fournit un ensemble de règles techniques pour l'épreuve de qualification systématique des soudeurs et permet à de telles qualifications d'être acceptées uniformément, indépendamment du type de produit, du lieu et de l'examineur ou de l'organisme d'examen. Lors de la qualification des soudeurs, l'accent est porté sur l'aptitude du soudeur à guider manuellement l'électrode, la torche ou le chalumeau de soudage afin de produire une soudure de qualité acceptable. Les procédés de soudage concernés par la partie 1 de l'ISO 9606 sont les procédés de soudage par fusion désignés comme manuels ou semi-automatiques.

Cette norme n'est pas applicable aux procédés de soudage totalement mécanisés et automatisés.

L'épreuve de **qualification des opérateurs soudeurs et des réglers en soudage** pour le soudage mécanisé et le soudage automatique est définie par la norme NF EN ISO 14732 (qui remplace la NF EN 1418).

Cette norme n'est pas applicable au personnel chargé exclusivement du chargement et du déchargement de l'unité de soudage.

Son Annexe A est relative à la fiche de connaissance de fonctionnement, l'Annexe B est relative à la connaissance de la technologie du soudage et l'Annexe C (informative) spécifie le certificat de qualification.

Enfin, les exigences pour l'épreuve de qualification des opérateurs et des réglers en soudage pour le soudage des goujons sont données dans l'ISO 14555.

POINT DE VIGILANCE

Si des employés ayant suivi des formations et des cursus de qualification pris en charge par l'employeur, changent d'entreprise, alors cette dernière se doit de reformer du nouveau personnel si elle souhaite poursuivre l'application de l'EN 1090 dans ses activités.

OU TROUVER LES ORGANISMES QUI VOUS QUALIFIENT ?

Plusieurs organismes sont compétents pour obtenir les qualifications des soudeurs.

On peut citer notamment l'Apave, l'Institut de Soudure, le Centre de Développement du Soudage (CDS), le bureau Veritas, Air Liquide Welding ou encore le CTICM.

EPREUVE DE QUALIFICATION SELON L'ISO 9606-1

La qualification des soudeurs est basée sur des variables essentielles, avec des domaines de validité bien définis. Si le soudeur doit souder en dehors du domaine de validité de sa qualification, une nouvelle épreuve de qualification est exigée.

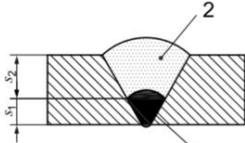
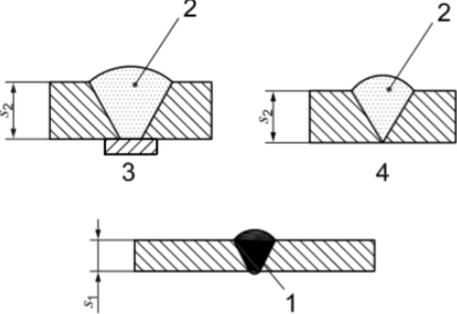
Les principales variables essentielles sont :

- Le procédé de soudage
- Le type de produit (plaque, tube)
- Le type de soudure (bout à bout, angle)
- Le groupe et le type de matériaux d'apport
- Les dimensions (épaisseur, diamètre, etc.)
- La position de soudage

Chaque épreuve de qualification ne qualifie normalement qu'un seul procédé de soudage et chaque changement de procédé entraîne une nouvelle épreuve de qualification. Mais quelques exceptions existent comme les procédés 141, 143 ou 145 qui qualifient les procédés 141, 142, 143 et 145 (attention, le procédé 142 lui ne qualifie que le procédé 142).

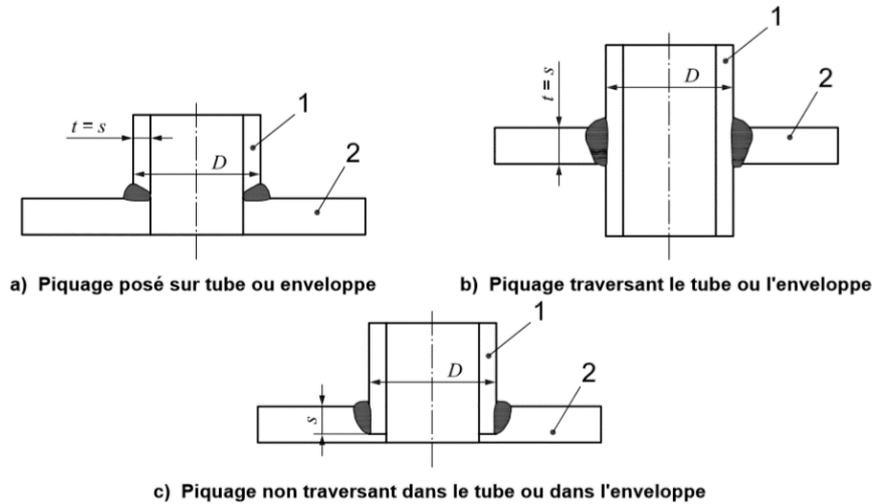
Il est aussi permis au soudeur d'être qualifié pour deux procédés de soudage ou plus, en soudant un seul assemblage de qualification (multiprocédé) ou des assemblages de qualification séparés.

TABLEAU 3 :
DOMAINES DE VALIDITE SELON LES ASSEMBLAGES ET LES PROCEDES DE SOUDAGE

Procédé de soudage utilisé pour l'assemblage de qualification	Plage d'épaisseur déposée suivant le domaine de validité (cf. NF EN ISO 9606-1)	
	Assemblage monoprocédé	Assemblage multiprocédé
 <p>1 procédé de soudage 1 (ss nb) 2 procédé de soudage 2 (ss mb)</p>	Pour procédé de soudage 1 : $s = s_1$ Pour procédé de soudage 2 : $s = s_2$	$s = s_1 + s_2$
 <p>1 procédé de soudage 1 2 procédé de soudage 2 3 soudage avec support envers (ss mb) 4 soudage sans support envers (ss nb)</p>	Pour procédé de soudage 1 : s_1 Pour procédé de soudage 2 : s_2	Pour $s = s_1 + s_2$ procédé de soudage 1 uniquement pour le soudage de la zone de la racine

ss : soudage d'un seul côté mb : support envers matériels nb : sans support envers matériels

L'épreuve de qualification du soudeur pour les soudures bout à bout est basée sur l'épaisseur déposée et sur les diamètres extérieurs du tube. Il n'est pour autant pas nécessaire de mesurer précisément l'épaisseur déposée ou les diamètres extérieurs du tube ; c'est plutôt la philosophie générale qui en ressort (les domaines de validité des épaisseurs sont rappelés dans la norme NF EN ISO 9696-1).



Légende-

- D diamètre extérieur du tube
- s épaisseur déposée ou épaisseur de métal fondu dans les soudures bout à bout
- t épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification (épaisseur de plaque ou de paroi)
- 1 piquage
- 2 tube ou enveloppe principale

Pour le piquage (assemblage d'une ou plusieurs pièces tubulaires avec un tube principal ou avec une enveloppe), le critère de l'épaisseur déposée et le critère du diamètre extérieur du tube sont les suivants :

- Figure a) = l'épaisseur déposée et le diamètre extérieur du tube
- Figures b) et c) = l'épaisseur déposée sur le tube principal ou enveloppe et le diamètre du tube

MATERIAUX D'APPORT

L'épreuve doit être effectuée sur plaque, sur tube ou une forme de produit appropriée. Elle doit être effectuée sur soudure bout à bout ou soudure d'angle.

Les assemblages de qualification doivent être réalisés avec un matériau d'apport de l'un des groupes selon le tableau ci-dessous.

Pour le soudage avec des matériaux d'apports en dehors du groupement des matériaux d'apport, un assemblage de qualification séparé est requis.

TABLEAU 4 : DENOMINATION DES GROUPES DE MATERIAUX D'APPORT

Groupe	Matériaux pour le soudage des :
FM1	Aciers non alliés et aciers à grains fins
FM2	Aciers à haute résistance
FM3	Aciers résistant au fluage ($Cr < 3,75\%$)
FM4	Aciers résistant au fluage ($3,75 \leq Cr \leq 12\%$)
FM5	Aciers inoxydables et résistant aux températures élevées
FM6	Nickel et alliages de nickel

Le soudage avec un matériau d'apport d'un groupe confère au soudeur la qualification pour le soudage avec tous les autres matériaux d'apport du même groupe, ainsi que d'autres groupes énumérés ci-après.

TABLEAU 5 : DOMAINE DE VALIDITE POUR LE MATERIAU D'APPORT

Matériau d'apport	Domaine de validité					
	FM1	FM2	FM3	FM4	FM5	FM6
FM1	*	*				
FM2	*	*				
FM3	*	*	*			
FM4	*	*	*	*		
FM5					*	
FM6					*	*

**Indique les matériaux d'apport pour lesquels le soudeur est qualifié*

A noter que le soudage avec matériau d'apport qualifie le soudage sans matériau d'apport, mais pas le contraire.

CONTROLES ET ESSAIS

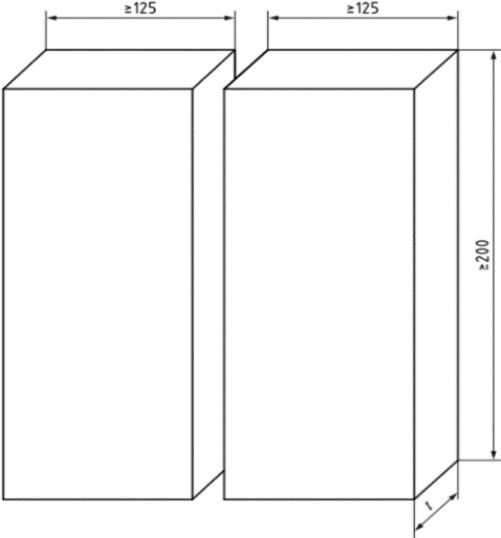
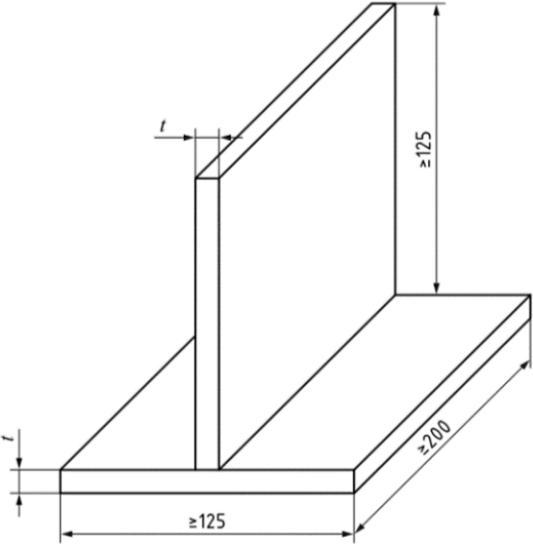
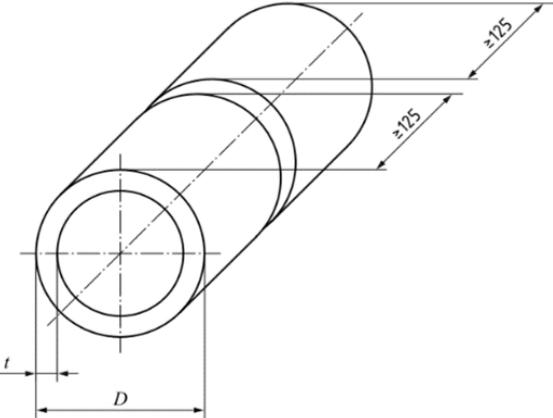
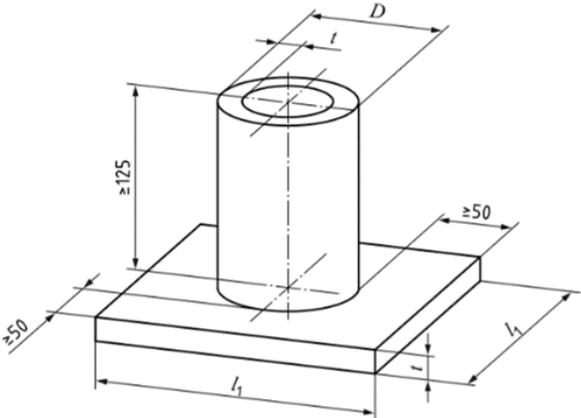
Le soudage des assemblages de qualification doit être exécuté en présence de l'examineur ou de l'organisme d'examen. L'ensemble des essais sera vérifié par les mêmes personnes.

Ces assemblages doivent être marqués avec l'identification de l'examineur et du soudeur. Les positions de soudage pour tous les assemblages de qualification doivent être marquées sur l'assemblage de qualification.

A noter que l'examineur ou l'organisme d'examen peut arrêter l'épreuve s'il s'avère que les conditions de soudage ne sont pas correctes ou s'il s'avère que le soudeur n'a pas l'habileté pour satisfaire aux exigences.

Les formes et dimensions exigées des assemblages de qualification sont rappelées ci-après.

TABLEAU 6 : DIMENSIONS DE L'ASSEMBLAGE DE QUALIFICATION (MM)

 <p><i>t</i> épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification</p> <p><u>Soudure bout à bout de plaques</u></p>	 <p><i>t</i> épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification</p> <p><u>Soudure d'angle sur plaque</u> <i>NOTE</i> : les matériaux de base peuvent avoir une épaisseur différente</p>
 <p><i>t</i> épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification (épaisseur de paroi) <i>D</i> diamètre extérieur du tube</p> <p><u>Soudure bout à bout de tube</u></p>	 <p><i>t</i> épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification <i>l</i>₁ longueur de l'assemblage de qualification <i>t</i> épaisseur de matériau de l'assemblage de qualification (épaisseur de plaque ou de paroi)</p> <p><u>Soudure d'angle sur tubes</u> <i>NOTE</i> : les épaisseurs des matériaux de base (plaque et tube) peuvent être différentes</p>

L'épreuve de qualification des soudeurs doit suivre le DMOS préparé (conformément à l'ISO 15609-1 ou -2).

Après soudage, l'assemblage de qualification est soumis aux contrôles et essais suivants, selon le type de soudure et le procédé évalué :

- Contrôle visuel
- Contrôle par radiographie (ou ultrasons pour certaines épaisseurs)
- Essai de pliage
- Essai de texture

Pour certains essais (texture, pliage, etc.) une éprouvette doit être prélevée. Les éprouvettes d'essais doivent alors être soumises à l'essai jusqu'à rupture et doivent être examinées après rupture. Les différentes caractéristiques des éprouvettes selon le type de soudure et l'assemblage sont données dans la norme NF EN ISO 9606-1.

Avant tout essai, les points suivants doivent être vérifiés :

- Elimination de tout le laitier et de toutes les projections ;
- Absence de meulage sur les faces envers et endroit de la soudure ;
- Identification des arrêts et reprises dans la passe de fond et la passe terminale ;
- Profil et dimensions.

Les assemblages de qualification doivent être évalués selon les exigences d'acceptation spécifiées pour les types de défauts considérés.

Un soudeur est qualifié si les défauts décelés sont dans les limites admises par le niveau de qualité B (cf. ISO 5817) ou par le niveau C pour certains types de défauts rappelés si après.

NIVEAUX DE QUALITE ET ACCEPTATION DES DEFAUTS SELON L'ISO 5817

Trois niveaux de qualité sont donnés dans le but de permettre son application à une large gamme de fabrications soudées. Ils sont désignés par les symboles B, C et D. Le niveau de qualité B correspond à l'exigence la plus élevée pour la soudure terminée.

Les limites des défauts sont données dans le tableau 1 de la norme NF EN ISO 5817. Certains défauts de ce tableau sont présentés en annexe C.

Si, pour la détection des défauts, l'examen macroscopique est utilisé, doivent être pris en considération les défauts pouvant être détectés avec un grossissement maximal de 10, à l'exception des micromanques de fusion et des microfissures.

Les défauts systématiques ne sont tolérés qu'en niveau de qualité D, sous réserve que les autres exigences du tableau 1 de la norme soient satisfaites.

Plusieurs types de défauts se trouvant dans une section donnée d'un assemblage rendent nécessaire un examen spécial (cas des défauts multiples).

Les limites des défauts multiples ne sont applicables qu'au cas où les exigences relatives à un défaut unique ne sont pas dépassées.

Deux défauts voisins, séparés par une distance inférieure à la grande dimension du défaut le plus petit doivent être considérés comme un défaut unique.

Les éprouvettes de pliage ne doivent révéler aucune discontinuité discrète $\geq 3\text{mm}$, quelle que soit son orientation.

Les discontinuités apparaissant sur les arêtes d'une éprouvette pendant l'essai ne doivent pas être prises en compte dans l'évaluation (sauf cas de fissuration due à la pénétration incomplète). Dans une éprouvette de pliage, la somme des discontinuités les plus importantes de plus de 1mm (mais $< 3\text{mm}$) ne doivent pas être supérieure à 10mm.

Il convient ensuite de faire référence aux critères d'acceptation correspondant aux essais non destructifs.

Si les défauts dans l'assemblage de qualification du soudeur dépassent les valeurs maximales spécifiées permises, alors le soudeur échoue à l'épreuve.

Pour tout essai ne répondant pas aux exigences de la norme NF EN ISO 9606-1, le soudeur peut se voir accorder l'opportunité de recommencer une fois l'épreuve de qualification sans formation supplémentaire.

DUREE DE VALIDITE

La qualification du soudeur début à la date du soudage du ou des assemblages de qualification, sous réserve que les contrôles ou essais exigés aient été effectués et aient donné des résultats acceptables.

Le certificat doit être confirmé tous les six mois, à défaut de quoi il devient invalide. Cette confirmation bimensuelle doit être faite par la personne responsable de l'activité de soudage ou l'examineur/organisme d'examen. Il s'agit de confirmer que le soudeur a travaillé dans son domaine de qualification et de prolonger la validité de la qualification pour une période supplémentaire de six mois.

Pour ce suivi, il est recommandé de prévoir un tableau d'enregistrement des soudages réalisés par chaque soudeur.

La validité du certificat peut être prolongée par un examinateur/organisme d'examen, en vérifiant périodiquement certaines compétences du soudeur :

- Le soudeur a une nouvelle épreuve de qualification tous les 3 ans, ou ;
- Tous les deux ans, deux soudures réalisées au cours des six derniers mois sont contrôlées par radiographie ou par ultrasons ou par des essais destructifs et sont enregistrés. Ces examens prolongent pour deux années supplémentaires la qualification du soudeur.

Cependant, lorsqu'il existe une raison particulière de douter de l'aptitude d'un soudeur à réaliser des soudures qui satisfont aux exigences de qualité, les qualifications requises pour le soudage concerné doivent être annulées. Toutes les autres qualifications non concernées restent elles valides.

CERTIFICAT D'ESSAI

Il permet de vérifier que le soudeur a passé avec succès l'épreuve de qualification. Toutes les variables essentielles doivent être enregistrées sur le certificat. Il est délivré sous la seule responsabilité de l'examineur ou de l'organisme d'examen (le fascicule 1 « B.A. BA de la gestion documentaire » pour la mise en place de l'EN 1090-2 propose des exemples de certificats d'essai).

Le certificat précise également certaines données :

- Le type de courant et la polarité ;
- Le groupe/sous-groupe du matériau de base ;
- Le gaz de protection

Dans le cas où plus d'un assemblage de qualification est soudé, il est possible de délivrer un certificat de qualification de soudeur unique combinant les domaines de validité des assemblages individuels.

Note : une vérification des connaissances professionnelles n'est pas obligatoire mais la norme le recommande. En effet, certains pays peuvent exiger que le soudeur subisse une vérification de ses connaissances professionnelles (à faire apparaître sur le certificat le cas échéant). La norme NF EN ISO 9606-1 propose à titre d'information en son annexe B.2 une liste des exigences à connaître. La vérification réelle des connaissances du soudeur peut se faire par n'importe quelle méthode (épreuves écrites (QCM), épreuves orales complémentaires, épreuves sur ordinateur, etc.).

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



LA COORDINATION EN SOUDAGE

Pour les ouvrages de classe EXC1, une coordination en soudage formalisée par une procédure particulière n'est pas obligatoire. Il est néanmoins recommandé de noter dans l'organigramme de la société, le rôle de chaque intervenant et si une supervision globale des opérations de soudage est confiée au chef d'atelier ou au responsable de la fabrication.

A partir de la classe EXC2, une coordination en soudage doit être organisée au sein de l'entreprise par des coordinateurs en soudage convenablement qualifiés et expérimentés pour les opérations qu'ils supervisent, selon les prescriptions de l'EN ISO 14731.

Le coordinateur en soudage est la personne qui est responsable de la coordination de toutes les activités liées à la technique de soudage et apparentées (comme la découpe) et qui possède la compétence pour le faire. Les tâches d'un coordinateur en soudage sont décrites dans l'annexe B de l'EN ISO 14731.

Si la coordination en soudage est confiée à différentes personnes, un seul coordinateur en soudage « responsable » doit être désigné. Pour tous les coordinateurs en soudage, il faut décrire les tâches et responsabilités, la position dans l'entreprise et les compétences en lecture de plans et en documentation.

Selon les opérations de soudage qu'ils supervisent, les coordinateurs en soudage doivent avoir les connaissances techniques selon le tableau suivant.

TABLEAU 7 :
CONNAISSANCES TECHNIQUES DES COORDINATEURS -
ACIERS DE CONSTRUCTION AU CARBONE

EXC	Aciers	Normes de référence	Epaisseur (mm)		
			t ≤ 25 ^{a)}	25 < t ≤ 50 ^{b)}	t > 50
EXC 2	S235 à S355	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C ^{c)}
	S420 à S700	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C ^{d)}	C
EXC 3	S235 à S355	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 à S700	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6, EN 10149-2, EN 10149-3, EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC 4	Toutes	Toutes	C	C	C

^{a)} Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 50 mm
^{b)} Platines de pied de poteaux et platines d'about ≤ 75 mm
^{c)} Pour les nuances d'acier jusqu'à S275 inclus, le niveau S suffit
^{d)} Pour les aciers N, NL, M et ML, le niveau S suffit

Note : B, S et C correspondent respectivement aux connaissances de Base, Spécifiques et Complètes.

L'annexe B de la norme EN ISO 14731 doit être utilisée comme guide pour affecter au personnel de coordination en soudage les tâches et responsabilités liées à la qualité. Cette annexe reprend les mêmes points cités dans la norme ISO 3834 (cf. annexe D). Si la coordination en soudage est assurée par plusieurs personnes, les tâches et responsabilités doivent être clairement attribuées, pour clairement définir ces responsabilités et s'assurer que les personnes soient qualifiées pour chacune des tâches spécifiques.

Le fabricant est entièrement responsable de la coordination en soudage et doit désigner au moins un coordinateur en soudage responsable. On notera que la coordination en soudage ne peut être soustraite.

Pour toutes les tâches assignées, un coordinateur en soudage doit être en mesure de montrer qu'il possède les connaissances techniques nécessaires, permettant la réalisation satisfaisante de ces tâches. Ces connaissances doivent être acquises par une combinaison de connaissances théoriques, de formation et/ou d'expérience.

LA PREPARATION DES JOINTS

La préparation des joints doit être appropriée au procédé de soudage et doit convenir à ce qui aura été utilisé pendant la QMOS correspondante. Les tolérances pour les préparations des joints et leur ajustage doivent être données dans les DMOS.

De plus, les surfaces doivent être sèches et exemptes de matériau susceptible de générer des défauts de soudure (humidité, huile, graisse, ...). Pour les aciers de qualité supérieure à S460, il convient de décalaminer par meulage les zones de coupe et de contrôler (au moyen d'une inspection visuelle et un essai de ressuage ou d'une analyse électromagnétique) que les chants coupés sont exempts de fissure.

Une réparation des erreurs constatées qui résultent du soudage doit s'opérer par un DMOS qualifié.

Enfin, les soudures sur produits pré-peints pour les classes EXC3 et EXC4 ne sont validées que si la QMOS a été réalisée avec des produits pré-peints.

ASSEMBLAGE DES PIEGES AVANT SOUDAGE

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

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

Le préchauffage doit être mise 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.

Par ailleurs, lorsque la procédure d'assemblage requiert l'utilisation d'éléments fixés provisoirement par soudage, ces éléments doivent être positionnés de façon à pouvoir être aisément retirés sans endommager la structure définitive. Toutes les soudures de ces éléments doivent être effectuées conformément au DMOS. Pour retirer ces fixations provisoires, on procèdera par découpage ou burinage pour ensuite lisser la surface du métal de base à la meule si nécessaire.

L'utilisation de fixations provisoires doit être spécifiée pour les classes EXC3 et EXC4. Sauf spécifications contraires, le découpage et le burinage ne sont pas autorisés pour ces classes.

LES SOUDURES DE POINTAGE

A partir de la classe EXC2, il est nécessaire d'utiliser un mode opératoire qualifié pour les soudures de pointage.

La longueur minimale des soudures de pointage doit atteindre quatre fois l'épaisseur de la plaque la plus épaisse ou 50 mm, à moins qu'un essai ait permis de démontrer qu'une longueur plus courte est satisfaisante.

Toutes les soudures de pointage qui ne sont pas incorporées dans les soudures finales doivent être éliminées. Si la soudure de pointage est incluse dans la soudure définitive, elle devra avoir une géométrie adaptée et le soudeur devra être qualifié. Ces soudures de pointage doivent être exemptes de défauts d'exécution et doivent être soigneusement nettoyées avant le soudage final.

LES SOUDURES EN BOUT A BOUT

L'épaisseur de la soudure exigée doit être garantie pour toute la longueur de la soudure.

Pour les classes EXC3 et EXC4, les appendices sont obligatoires. Ils le sont également pour la classe EXC2 si cela est spécifié. La soudabilité de ces appendices ne doit pas être inférieure à celle du métal de base.

Après achèvement des soudures, tous les appendices ou témoins supplémentaires éventuels doivent être ôtés. Lorsqu'une surface arasée est exigée, l'excès de métal déposé doit être éliminé de manière à satisfaire aux exigences de qualité.

L'EXECUTION DES SOUDURES

Des mesures particulières doivent être prises pour éviter les amorçages de coups d'arc accidentels, les projections et les marques de reprises. S'il s'en produit, la surface de l'acier doit être légèrement meulée et contrôlée. Pour les classes EXC3 et EXC4, l'ensemble des projections doit être éliminé.

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.

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

Note : le fascicule 2 « Fabrication en atelier » pour la mise en place de l'EN 1090-2 apporte des précisions sur l'exécution des soudures.

LES CRITERES D'ACCEPTATION ET LES CONTROLES A REALISER

Pour les contrôles de routine lorsque la norme EN 1090-2 est mise en place, les critères d'acceptation relatifs aux défauts des soudures doivent faire référence à l'EN ISO 5817, à l'exception de « Défaut de raccordement » (505) et « Micro manque de fusion » (401) qui n'ont pas à être pris en compte. Toutes les exigences complémentaires concernant la géométrie et le profil de la soudure doivent être prises en compte.

Les critères d'acceptation relatifs aux défauts des soudures sont référencés par la norme EN ISO 5817, doivent être les suivants :

- EXC1 : Niveau de qualité D
- EXC2 : Niveau de qualité C en général sauf niveau de qualité D pour « Caniveau » (5011, 5012), « Débordement » (506), « Amorçage accidentel » (601) et « Retassure ouverte de cratère » (2025)
- EXC3 : Niveau de qualité B
- EXC4 : Niveau de qualité B+ qui est le niveau de qualité B avec les exigences complémentaires données par la norme EN 1090-2.

Les contrôles à effectuer sont décrits dans la norme EN ISO 3834. Toutes les méthodes d'essais non destructifs doivent être élaborées et exécutées par une personne qualifiée (cf. norme EN ISO 9712).

Toutes les soudures doivent être contrôlées sur toute la longueur, suivi d'un essai de ressuage ou de contrôle électromagnétique lorsque des défauts sont constatés.

A noter que pour des constructions devant respectées la classe EXC1, l'inspection visuelle suffit sauf spécification contraire. En cas de détection de défauts lors de ces contrôles visuels, des contrôles par CND supplémentaires seront nécessaires en production.

A chaque nouveau DMOS sont exigés des contrôles par CND sur les 5 premiers assemblages réalisés. Les résultats doivent correspondre au niveau de qualité B (selon la norme EN ISO 5817), avec des contrôles sur une longueur minimale à inspecter de 900 mm et un pourcentage plus importants de soudures à contrôler (*se référer au fascicule 1 « B.A. BA de la gestion documentaire » pour la mise en place de l'EN 1090-2 ainsi qu'au tableau 24 de la norme EN 1090-2*).

Les contrôles avant, pendant et après soudage sont à aménager suivant l'organisation de l'entreprise et le partage des tâches.

ANNEXE A : REFERENCES NORMATIVES

EN ISO 3834 – AVRIL 2006

Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques

EN 1011-1 – MAI 2009

Soudage - Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques - Partie 1 : lignes directrices générales pour le soudage à l'arc

EN 1011-2 – JUILLET 2002

Soudage - Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques - Partie 2 : soudage à l'arc des aciers ferritiques

EN 1011-3 – DECEMBRE 2000

Soudage - Recommandations pour le soudage des matériaux métalliques - Partie 3 : soudage à l'arc des aciers inoxydables

EN ISO 4063 – FEVRIER 2011

Soudage et techniques connexes - Nomenclature et numérotation des procédés

NF EN ISO 9606-1 – DECEMBRE 2013

Épreuve de qualification des soudeurs - Soudage par fusion - Partie 1 : aciers

NF EN ISO 14732 – OCTOBRE 2013

Personnel en soudage - Épreuve de qualification des opérateurs soudeurs et des régleurs en soudage pour le soudage mécanisé et le soudage automatique des matériaux métalliques

NF EN ISO 14731 – OCTOBRE 2007

Coordination en soudage - Tâches et responsabilités

EN ISO 15609-1

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Descriptif d'un mode opératoire de soudage

EN ISO 14555 – 2006

Soudage - Soudage à l'arc des goujons sur les matériaux métalliques

EN ISO 15620 – JUILLET 2001

Soudage - Soudage par friction des matériaux métalliques

EN ISO 15612 – NOVEMBRE 2004

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Qualification par référence à un mode opératoire de soudage standard

EN ISO 15611 – MAI 2004

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Qualification sur la base de l'expérience en soudage

EN ISO 15610 – MAI 2004

Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques - Qualification basée sur des produits consommables soumis à essais

EN ISO 5817 – AVRIL 2014

Soudage - Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion (soudage par faisceau exclu) - Niveaux de qualité par rapport aux défauts

NF EN ISO 9712 – AOUT 2012

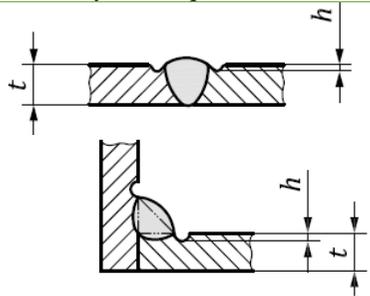
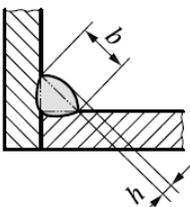
Essais non destructifs - Qualification et certification du personnel

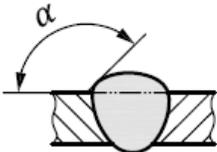
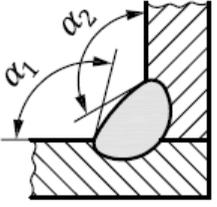
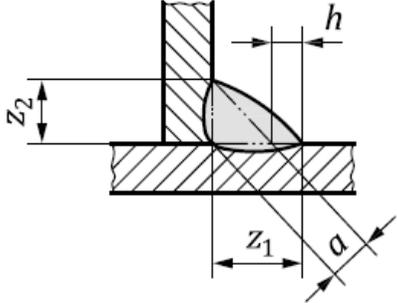
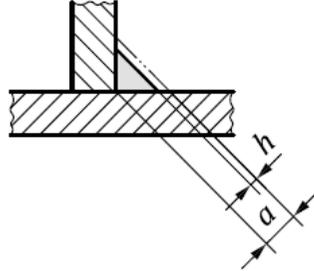
ANNEXE B : PROCÉDES DE SOUDAGE

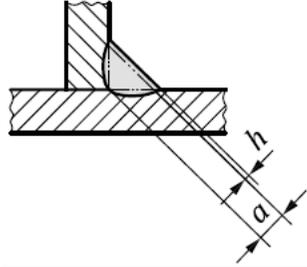
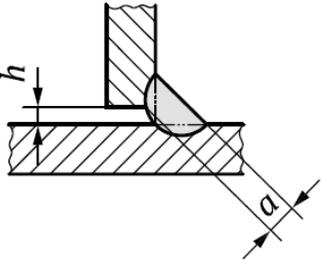
Le soudage peut être réalisé par les procédés de soudage suivants, définis dans la norme EN ISO 4063 :

- **111** : soudage manuel à l'arc (avec électrode enrobée)
- **114** : soudage à l'arc avec fil fourrée auto-protecteur
- **121** : soudage à l'arc sous flux avec un fil-électrode
- **122** : soudage à l'arc sous flux avec électrode en feuillard
- **123** : soudage à l'arc sous flux avec fils-électrodes multiples
- **124** : soudage à l'arc sous flux avec addition de poudre métallique
- **125** : soudage à l'arc sous flux avec fil fourré
- **131** : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fusible plein / soudage MIG
- **135** : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fusible plein / soudage MAG
- **136** : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil-électrode fourré de flux
- **137** : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec fil-électrode fourré
- **138** : soudage à l'arc sous protection de gaz actif avec fil fourré de poudre métallique
- **141** : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène / soudage TIG
- **142** : soudage TIG autogène
- **143** : soudage à l'arc sous protection de gaz inerte avec électrode de tungstène et fil ou baguette fourré(e)
- **145** : soudage TIG utilisant un gaz réducteur et un apport sous forme de baguette ou de fil plein
- **15** : soudage plasma
- **21** : soudage par résistance par points
- **22** : soudage à molette
- **23** : soudage par bossages
- **24** : soudage par étincelage
- **42** : soudage par friction
- **52** : soudage laser
- **311** : soudage oxyacétylénique
- **783** : soudage à l'arc des goujons par fusion et forgeage avec bague en céramique ou gaz de protection
- **784** : soudage à l'arc des goujons avec cycle court

ANNEXE C : PRINCIPAUX DEFAUTS ET TOLERANCES SELON LES NORMES ISO 5817 ET EN 1090-2

Réf.	Désignation du défaut	Remarques	t (mm)	Limites des défauts pour les niveaux de qualité			
				D	C	B	B+
100	Fissure		≥ 0.5	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé
104	Fissure de cratère		≥ 0.5	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé
2017	Piqûre	Dimension maximale d'une piqûre isolée pour	0.5 à 3				
		- Soudures bout à bout		$d \leq 0.3 s$	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé
		- Soudure d'angle		$d \leq 0.3 a$			
		Dimension maximale d'une piqûre isolée pour	> 3				
		- Soudures bout à bout		$d \leq 0.3 s$ mais max. 3 mm	$d \leq 0.2 s$ mais max. 2 mm	Non autorisé	Non autorisé
- Soudure d'angle		$d \leq 0.3 a$ mais max. 3 mm	$d \leq 0.2 a$ mais max. 2 mm				
401	Manque de fusion (collage)		≥ 0.5	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé
	Micromanque de fusion (microcollage)	Uniquement détectable par micro-examen	≥ 0.5	Autorisé	Autorisé	Non autorisé	Non autorisé
601	Coup d'arc ou amorçage accidentel		≥ 0.5	Autorisé si les propriétés du métal de base ne sont pas affectées	Non autorisé	Non autorisé	Non autorisé
5011	Caniveau continu	Transition douce exigée. N'est pas considéré comme défaut systématique	0.5 à 3	Défauts courts : $h \leq 0.2 t$	Défauts courts : $h \leq 0.1 t$	Non autorisé	Non autorisé
5012	Morsure ; caniveau discontinu		> 3	$h \leq 0.2 t$ mais max. 1 m m	$h \leq 0.1 t$ mais max. 0.5 mm	$h \leq 0.05 t$ mais max. 0.5 mm	Soudures bout à bout acceptable localement $h \leq 0.5$ mm Soudures d'angle inacceptable si transversal à la direction de la contrainte. Les caniveaux doivent être éliminés par meulage.
503	Convexité excessive (soudure d'angle)		≥ .05	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.25 b$ mais max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.15 b$ mais max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.1 b$ mais max. 3 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.1 b$ mais max. 3 mm

505	Défaut de raccordement	- Soudures bout à bout 	$\geq .05$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
		- Soudures d'angles  $\alpha_1 \geq \alpha$ et $\alpha_2 \geq \alpha$	$\geq .05$	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 100^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$
512	Défaut de symétrie excessif de soudure d'angle 	Pour les cas où une soudure d'angle asymétrique n'a pas été prescrite	$\geq .05$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0.2 a$	$h \leq 2 \text{ mm} + 0.15 a$	$h \leq 1.5 \text{ mm} + 0.15 a$	$h \leq 1.5 \text{ mm} + 0.15 a$
5213	Gorge insuffisante 	Non applicable aux procédés garantissant une plus grande profondeur de pénétration	0.5 à 3	Défauts courts : $h \leq 0.2 \text{ mm} + 0.1 a$	Défauts courts : $h \leq 0.2 \text{ mm}$	<i>Non autorisé</i>	<i>Non autorisé</i>
			> 3	Défauts courts : $h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$ mais max. 2 mm	Défauts courts : $h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$ mais max. 1 mm	<i>Non autorisé</i>	<i>Non autorisé</i>

5214	Gorge excessive	La gorge réelle du cordon d'angle est trop importante 	≥ 0.5	Autorisé	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.2 a$ mais max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.15 a$ mais max. 3 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.15 a$ mais max. 3 mm
300 301 302 303	Inclusion solide Inclusion de laitier Inclusion de flux Inclusion d'oxyde	- Soudures bout à bout	≥ 0.5	$h \leq 0.4 s$ mais max. 4 mm $l \leq s$ mais max. 75 mm	$h \leq 0.3 s$ mais max. 3 mm $l \leq s$ mais max. 50 mm	$h \leq 0.2 s$ mais max. 2 mm $l \leq s$ mais max. 25 mm	<i>Non autorisé</i>
		- Soudure d'angle	≥ 0.5	$h \leq 0.4 a$ mais max. 4 mm $l \leq a$ mais max. 75 mm	$h \leq 0.3 a$ mais max. 3 mm $l \leq a$ mais max. 50 mm	$h \leq 0.2 a$ mais max. 4 mm $l \leq a$ mais max. 25 mm	<i>Non autorisé</i>
617	Mauvais assemblage en soudure d'angle	Jeu entre les parties à assembler. Les jeux dépassant la limite appropriée peuvent dans certains cas être compensés par une augmentation correspondante de la hauteur du cordon.	0.5 à 3	$h \leq 0.5 \text{ mm} + 0.1 a$	$h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$	$h \leq 0.2 \text{ mm} + 0.1 a$	$h \leq 0.2 \text{ mm} + 0.1 a$
			> 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0.3 a$ mais max. 4 mm	$h \leq 0.5 \text{ mm} + 0.2 a$ mais max. 3 mm	$h \leq 0.5 \text{ mm} + 0.1 a$ mais max. 2 mm	Les soudures transversales doivent être contrôlées en totalité, léger réajustage à la racine seulement acceptable localement $h \leq 0.3 \text{ mm} + 0.1 a$ mais max. 1 mm

a = gorge nominale d'une soudure d'angle

b = largeur de la surépaisseur

h = hauteur ou largeur du défaut

l = longueur du défaut dans le sens longitudinal de la soudure

s = épaisseur nominale de la soudure bout à bout

t = épaisseur (nominale) de paroi ou de la tôle

ANNEXE D : NIVEAUX D'EXIGENCES DE QUALITE SELON LES CLASSES D'EXECUTION EXC

ISO 3834-4 : Exigences de qualité élémentaire → à respecter pour l'EXC1
ISO 3834-3 : Exigences de qualité normale → à respecter pour l'EXC2
ISO 3834-2 : Exigences de qualité complète → à respecter pour l'EXC3 et l'EXC4

REVUE DES EXIGENCES

La revue des exigences est réalisée par le fabricant afin de vérifier que la teneur des travaux se situe dans sa capacité de mise en œuvre, que des ressources suffisantes sont disponibles afin de tenir les délais de livraison et que la documentation est claire et sans ambiguïté. Le fabricant doit s'assurer que tout écart entre le contrat et toute estimation antérieure sont identifiés et que l'acheteur est informé de toute modification de programme, de coût ou de technique qui peut en résulter.

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	La revue est exigée mais pas de documentation.
EXC2	La revue est exigée et la documentation peut l'être. Il faut avoir examiné les aspects suivants : <ul style="list-style-type: none"> - La norme de produit à utiliser ; - Les exigences statutaires et réglementaires ; - Toutes les exigences additionnelles déterminées par le fabricant ; - La capacité du fabricant à satisfaire aux exigences prescrites.
EXC3 EXC4	La revue et la documentation qui l'accompagne sont exigées. Il faut avoir examiné les mêmes aspects que rappelés en EXC2.

REVUE TECHNIQUE

Le fabricant doit effectuer la revue de l'ensemble des informations techniques fournies par l'acheteur ou des données internes lorsque la construction est conçue par le fabricant. Le fabricant doit s'assurer que toutes les informations nécessaires pour effectuer les opérations de fabrication sont complètes et disponibles avant le début des travaux.

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	La revue est exigée mais pas de documentation.
EXC2	La revue est exigée et la documentation peut l'être. Il faut avoir examiné les aspects suivants : <ul style="list-style-type: none"> - La spécification du ou des matériaux de base et les propriétés du joint soudé ; - Les exigences relatives à la qualité et à l'acceptation des soudures ; - L'emplacement, l'accessibilité et la séquence des soudures, y compris pour les contrôles et les essais non destructifs ; - Les DMOS, les descriptifs des modes opératoires des essais non destructifs et de traitement thermique ; - L'approche devant être utilisé pour le QMOS ; - La qualification du personnel ; - Le choix, l'identification et/ou la traçabilité ; - Les dispositions relatives au contrôle qualité (y compris toute implication d'un organisme d'inspection indépendant) ; - Les contrôles et les essais ;

	<ul style="list-style-type: none"> - La sous-traitance ; - Les traitements thermiques après soudage ; - Toute autre exigence relative au soudage (ex : teneur en hydrogène, état de surface, ...) - L'utilisation de méthodes spéciales si besoin ; - Les dimensions et les détails de la préparation du joint et de la soudure finie ; - Les soudures devant être réalisées en atelier ou ailleurs ; - Les conditions environnementales relatives à l'application du procédé ; - Le traitement des non-conformités.
EXC3	La revue et la documentation qui l'accompagne sont exigées.
EXC4	Il faut avoir examiné les mêmes aspects que rappelés en EXC2.

SOUS-TRAITANCE

Lorsqu'un fabricant a l'intention de sous-traiter des services ou des activités (par exemple, le soudage, les contrôles et les essais non destructifs), il doit communiquer au sous-traitant toutes les informations nécessaires pour permettre de satisfaire aux exigences pertinentes. Le sous-traitant doit fournir tous les enregistrements et documents concernant ses travaux que le fabricant pourrait spécifier.

Un sous-traitant doit travailler suivant les ordres et sous la responsabilité du fabricant et doit se conformer totalement à toutes les exigences pertinentes. Le fabricant doit s'assurer que le sous-traitant est en mesure de se conformer aux exigences de qualité spécifiées.

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2 EXC3 EXC4	Les informations que le fabricant doit fournir au sous-traitant doivent comprendre toutes les données pertinentes de la revue des exigences et de la revue technique.

SOUDEURS ET OPERATEURS EN SOUDAGE

Pour toutes les classes d'exécution, les soudeurs et les opérateurs en soudage doivent être qualifiés à l'aide d'une épreuve appropriée. *Se référer au paragraphe sur la norme NF EN ISO 9606-1.*

PERSONNEL DE COORDINATION EN SOUDAGE

Le coordinateur en soudage est une personne désignée et qualifiée comme compétente pour assurer la coordination des différentes opérations et activités de soudage ou des tâches liées au soudage comme par exemple l'inspection. *Se référer au paragraphe sur la norme NF EN ISO 14731.*

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2 EXC3 EXC4	Le fabricant doit disposer d'un personnel de coordination en soudage approprié. Les personnes responsables de la qualité des travaux doivent être habilitées à prendre toutes les mesures qui s'imposent. Les tâches et les responsabilités de ces personnes doivent être clairement définies.

PERSONNEL CHARGE DES ESSAIS NON DESTRUCTIFS

Le chargé des essais non destructifs doit être qualifié. Dans le cas du contrôle visuel, une épreuve de qualification peut ne pas être exigée mais la compétence doit être vérifiée par le fabricant.

MATERIEL

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	Le matériel de soudage doit être disponible et maintenu en ordre de marche convenable.
EXC2	<p>Le matériel doit être disponible selon les besoins (sources de courants, préparation des joints, préparation des surfaces, matériel de préchauffage et de traitement thermique, dispositifs de positionnement et de fixation, matériel de levage et de manutention, EPI et autres dispositifs de sécurité, étuves, matériel de nettoyage des surfaces, installations pour les essais destructifs et non destructifs.</p> <p>Le fabricant doit tenir à jour une liste du matériel utilisé en production et préciser notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La capacité maximale du ou des engins de levage ; - Les dimensions des composants qu'il est possible de manutentionner dans l'atelier ; - Les possibilités du matériel de soudage mécanisés et automatiques ; - Les dimensions et la température maximale des fours de traitement thermique ; - Les capacités du matériel de roulage, pliage et coupage. <p>Le matériel doit être adéquat pour l'application concernée et convenablement entretenu (il est recommandé d'avoir des rapports de maintenance à jour).</p>
EXC3 EXC4	<p>En complément des éléments cités pour la classe EXC2 on peut noter que le fabricant doit avoir des programmes documentés pour l'entretien du matériel. Ces programmes prévoient les vérifications des caractéristiques et des variables du matériel (par exemples : l'état des dispositifs de guidage du matériel de coupage thermique, de fixation mécanique, l'état des câbles, des tuyaux, des connecteurs, etc.).</p> <p>Le matériel défectueux ne doit pas être utilisé.</p>

ACTIVITES LIEES AU SOUDAGE – DMOS / QMOS

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	Le soudage doit être réalisé conformément à une technique de soudage appropriée.
EXC2	<p>Le fabricant doit procéder à une planification adéquate de la production. Cette planification doit porter au minimum sur les points suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> - La spécification de la séquence suivant laquelle la construction doit être fabriquée ; - L'identification de tous les processus individuels nécessaires à la réalisation ; - La référence aux descriptifs des modes opératoires appropriés de soudage ; - La séquence suivant laquelle les soudures doivent être effectuées ; - La spécification pour les contrôles et essais ; - Les conditions environnementales ; - L'identification des composants ou des parties ; - L'affectation des personnes qualifiées ; - Les dispositions relatives à un essai de production. <p>Le fabricant doit mettre au point le ou les DMOS en s'assurant de leur correcte utilisation.</p> <p>Les modes opératoires de soudage doivent faire l'objet d'une qualification avant le début de la production (conformément au tableau 2).</p> <p>Le fabricant peut utiliser directement en atelier le DMOS pour fournir les instructions de travail.</p>
EXC3 EXC4	En complément des éléments cités pour la classe EXC2 on peut noter que le fabricant doit préparer et mettre à jour des procédures pour la préparation et le contrôles des documents qualité pertinents.

STOCKAGE ET MANIPULATION DES CONSOMMABLES

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	Le fabricant doit s'assurer que les produits consommables de soudage sont appropriés, stockés et utilisés en conformité avec les recommandations du fournisseur.
EXC2	Le fabricant doit mettre au point et appliquer des procédures de stockage, de manipulation, d'identification et d'utilisation des produits consommables de soudage qui évitent la reprise d'humidité, l'oxydation, l'endommagement, etc. Ces procédures seront en accord avec les recommandations du fournisseur.
EXC3 EXC4	En complément des éléments cités pour la classe EXC2 on peut noter que les responsabilités et les procédures de contrôle relatives aux produits consommables de soudage doivent être spécifiées. Le contrôle par lots des produits consommables doit être exigé seulement s'il est spécifié.

STOCKAGE DES MATERIAUX DE BASE

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2 EXC3 EXC4	Le stockage ne doit pas altérer les matériaux, y compris ceux fournis par le client. L'identification doit également être maintenue au cours du stockage.

TRAITEMENT THERMIQUE APRES SOUDAGE

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2 EXC3 EXC4	Le fabricant doit être entièrement responsable pour le descriptif de mode opératoire et l'exécution de tout traitement thermique après soudage. Ce mode opératoire doit être compatible avec le matériau de base, le joint soudé, la construction, etc. et en conformité avec la norme produit et/ou les exigences spécifiées. Un enregistrement du traitement thermique doit être effectué lors de son exécution, démontrant que la spécification a été suivie.

CONTROLES ET ESSAIS

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	Le fabricant doit effectuer tous les contrôles et essais conformément aux spécifications.
EXC2 EXC3 EXC4	<p>Les contrôles et les essais applicables doivent être mis en œuvre à des étapes adéquates de la fabrication afin d'assurer la conformité aux exigences du contrat. Les lieux d'exécution et la périodicité de ces contrôles et/ou essais sont fonction du contrat et/ou de la norme de produit, du procédé de soudage et du type de construction.</p> <p>Avant soudage, les points suivants doivent être vérifiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'adéquation et la validité des certificats de qualification des soudeurs et des opérateurs en soudage ; – l'adéquation des descriptifs des modes opératoires de soudage ; – l'identification du matériau de base ; – l'identification des produits consommables de soudage ; – la préparation du joint (par exemple, la forme et les dimensions) ; – le positionnement, la fixation et le pointage ; – toutes les exigences particulières figurant dans les descriptifs des modes opératoires de soudage (par exemple, précautions vis-à-vis des déformations) ; – l'adéquation des conditions de travail pour le soudage, y compris les aspects environnementaux. <p>Pendant soudage, les points suivants doivent être vérifiés à intervalles de temps convenables ou par une surveillance continue :</p> <ul style="list-style-type: none"> – les paramètres de soudage essentiels (par exemple, courant de soudage, tension d'arc et vitesse de soudage) ; – la température de préchauffage/entre passes ; – le nettoyage et la forme des passes et des couches de métal fondu ; – le gougeage à l'envers ; – la séquence de soudage ; – l'utilisation et la manipulation correctes des produits consommables de soudage ; – le contrôle des déformations ; – tout contrôle intermédiaire (par exemple, vérification des dimensions). <p>Après soudage, la conformité aux critères d'acceptation applicables doit être vérifiée :</p> <ul style="list-style-type: none"> – par contrôle visuel ; – par des essais non destructifs ; – par des essais destructifs ; – sur la forme, la géométrie et les dimensions de la construction ; – sur les résultats et les enregistrements des opérations après soudage (par exemple, traitement thermique après soudage, vieillissement). <p>Des mesures doivent être prises si nécessaire pour indiquer par exemple en marquant sur l'élément ou une fiche suiveuse, l'état des contrôles et des essais effectués sur la construction soudée.</p>

NON CONFORMITES ET MESURES CORRECTIVES

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2 EXC3 EXC4	<p>Des mesures doivent être prises pour contrôler les éléments ou les activités non conformes aux exigences spécifiées afin d'en empêcher l'acceptation inopinée.</p> <p>Lorsque le fabricant réalise des réparations ou des retouches, les descriptifs des modes opératoires appropriés doivent être disponibles à tous les postes de travail où sont effectuées les réparations ou les retouches.</p> <p>Une fois la réparation effectuée, la pièce doit subir de nouveaux contrôles, de nouveaux essais et de nouveaux examens conformément aux exigences initiales.</p> <p>Des mesures doivent également être prises pour éviter la récurrence des non-conformités.</p>

IDENTIFICATION ET TRAÇABILITE

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	<i>Rien de spécifique</i>
EXC2	<p>L'identification et la traçabilité doivent être maintenues tout au long du processus de fabrication, si exigé.</p> <p>Les systèmes de documentation permettant d'assurer l'identification et la traçabilité des opérations de soudage doivent comporter, si exigé :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'identification des plans de fabrication ; – l'identification des emplacements des soudures dans la construction ; – l'identification des modes opératoires et du personnel chargé des contrôles et des essais non destructifs ; – l'identification des produits consommables de soudage (par exemple, la désignation, le nom commercial, le fabricant des produits consommables) ; – l'identification du matériau de base (par exemple, le type) ; – l'identification des emplacements des réparations ; – la traçabilité des soudeurs et des opérateurs en soudage jusqu'aux soudures spécifiques ; – la traçabilité des descriptifs des modes opératoires de soudage jusqu'aux soudures spécifiques.
EXC3 EXC4	<p>En complément des éléments cités pour la classe EXC2 on peut noter les éléments supplémentaires à documenter :</p> <ul style="list-style-type: none"> – l'identification des fiches suiveuses ; – l'identification des emplacements des soudures dans la construction ; – l'identification du matériau de base et/ou la traçabilité vers le matériau de base (par exemple, le type, le numéro de coulée) ; – l'identification des emplacements des fixations temporaires ; – la traçabilité des unités de soudage entièrement mécanisées et automatisées jusqu'aux soudures spécifiques.

ENREGISTREMENT RELATIFS A LA QUALITE

Classes d'exécution EN 1090-2	Exigences de la norme ISO 3834
EXC1	Sauf exigences contraires, les enregistrements relatifs à la qualité doivent être conservés pendant au moins cinq ans.
EXC2	<p>Les enregistrements relatifs à la qualité doivent comporter, en tant que nécessaire :</p> <ul style="list-style-type: none"> – le rapport de la revue des exigences / de la revue technique ; – les documents de contrôle des matériaux ; – les documents de contrôle des produits consommables de soudage ; – les descriptifs des modes opératoires de soudage ; – les procès-verbaux de qualification des modes opératoires de soudage (PV-QMOS) ; – les certificats de qualification des soudeurs et des opérateurs en soudage ; – les certificats de qualification du personnel chargé des contrôles et des essais non destructifs ; – le descriptif du mode opératoire de traitement thermique et les enregistrements relatifs au traitement thermique ; – les modes opératoires et les rapports des essais non destructifs et destructifs ; – les rapports de relevés dimensionnels ; – les procès-verbaux des réparations et les rapports de non-conformité ; – autres documents, suivant les exigences. <p>Sauf exigences contraires, les enregistrements relatifs à la qualité doivent être conservés pendant au moins cinq ans.</p>
EXC3 EXC4	<p>En complément des éléments cités pour la classe EXC2 on peut noter les enregistrements supplémentaires à conserver :</p> <ul style="list-style-type: none"> – le rapport de maintenance du matériel ; – le plan de fabrication.

BIBLIOGRAPHIE

- Recommandations pour la détermination des classes d'exécution selon la NF EN 1090-2 pour les structures en acier de bâtiment – janvier 2015 / Recommandations de la CNC2M

IMAGE DU GUIDE

- NF EN 1090-2 / Structures en acier de classe EXC1
Fascicule 1 : B.A. BA de la gestion documentaire
- NF EN 1090-2 / Structures en acier de classe EXC1
Fascicule 2 : Fabrication en atelier
- NF EN 1090-2 / Structures en acier de classe EXC1
Fascicule 3 : B.A. BA des exigences « chantier »

CONTACTS

UNION DES METALLIERS – FFB

10 rue du débarcadère
75852 PARIS Cedex 17
01.40.55.13.00

CTICM

Centre Technique Industriel de la Construction Métallique
Espace Technologique - l'Orme des Merisiers
Immeuble Apollo - 91193 SAINT-AUBIN
01.60.13.83.00