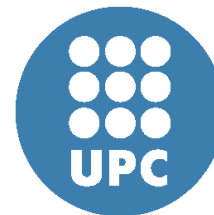




# Programme d'éducation et de formation tout au long de la vie

## Projet SKILLS



# FABRICATION ET EXÉCUTION – EN 1090

NOTE : ce module a été conçu pour être utilisé conjointement avec la norme EN 1090.



# OBJECTIFS DU MODULE

- **L'EN 1090, une nouvelle norme pour la fabrication et l'exécution des structures en acier.**
- **Classes d'exécution (EXC).**
  - **Comment choisir la bonne EXC ?**
- **Marquage CE pour les structures en acier.**
- **Implication du concepteur face aux exigences pour la fabrication et l'exécution.**
- **Exigences techniques pour la fabrication et l'exécution.**

- **Introduction. Cadre réglementaire.**
- **Classes d'exécution (EXC)**
- **Marquage CE (EN 1090-1)**
- **Fabrication et exécution (EN 1090-2)**
- **Conclusion**

# INTRODUCTION. CADRE RÉGLEMENTAIRE



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

- **La Directive UE sur les Produits de construction (DPC) :**  
**(Directive du Conseil 89/106/CEE)**
  - ✓ Disposition obligatoire dans l'Union Européenne pour « tout produit fabriqué pour être incorporé de manière permanente dans les travaux de construction, comprenant à la fois les travaux de bâtiment et ceux de génie civil ».
  
- **Objectifs :**
  - ✓ Assurer la libre circulation de tous les produits de construction à l'intérieur de l'Union Européenne.
  - ✓ Supprimer les entraves techniques au libre échange.
  - ✓ Assurer les mêmes normes de qualité pour tous les pays de l'Union Européenne.

➤ **Exigences essentielles de la DPC :**

1. Résistance mécanique et stabilité.
2. Sécurité en cas d'incendie.
3. L'hygiène, la santé et l'environnement.
4. Sécurité dans l'utilisation.
5. Protection contre les bruits.
6. Économie d'énergie et conservation de la chaleur

➤ **Conformité avec les exigences essentielles :**

- ✓ **Normes européennes harmonisées** (exigences techniques et de fabrication pour chaque produit de construction).
- ✓ Chaque norme harmonisée couvre un produit particulier.
- ✓ La liste complète des normes harmonisées et leur statut (en vigueur, en phase d'approbation, etc.) est disponible au CEN, Comité Européen de Normalisation :

<ftp://ftp.cen.eu/CEN/Sectors/List/Construction/Snapshot.pdf>

# INTRODUCTION. CADRE RÉGLEMENTAIRE

- D'autres méthodes existent pour satisfaire les exigences essentielles (les Agréments Techniques Européens - ATE - pour les produits par exemple).
- La Directive UE sur les Produits de construction (DPC) sera remplacée par le Règlement Produits de Construction (RPC).
- Le RPC aura un statut légal supérieur à la DPC et sera « obligatoire » pour tous les pays de l'UE.
- Actuellement, le RPC a été approuvé par la Commission Européenne. Seuls les Articles 1, 2, 29 – 35, 39 – 55, 64, 67, 68 et l'Annexe IV sont en vigueur immédiatement. Les Articles 3 – 28, 36 – 38, 56 – 63, 65, 66 et les Annexes I, II, III et V seront en vigueur au 1<sup>er</sup> juillet 2013.
- Ainsi, la plupart des articles de la DPC restent en vigueur jusqu'au 1<sup>er</sup> juillet 2013.

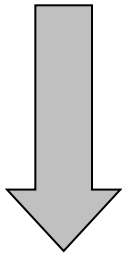


# INTRODUCTION. CADRE RÉGLEMENTAIRE

## Cadre normatif pour les structures en acier



European Committee for Standardization  
Comité Européen de Normalisation  
Europäisches Komitee für Normung



Eurocodes

Calculs

EN 1090

Fabrication  
& exécution

- **EN 1090-1** : Exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux.
  - ✓ Donne les mode d'application du marquage CE pour les structures en acier.
  - ✓ Ne contient pas de règles de calcul (Eurocodes) ou pour l'exécution (EN 1090-2 ou EN 1090-3).
- **EN 1090-2** : Exigences techniques pour les structures en acier.
  - ✓ Exigences de fabrication et d'exécution pour assurer des niveaux de résistance et de stabilité mécanique appropriés, selon l'utilisation et la durabilité visées.
- **EN 1090-3** : Exigences techniques pour les structures en aluminium

## ➤ EN 1090. Calendrier

- ✓ La norme EN 1090 a été publiée au JO du 17-12-2010, date à laquelle elle pouvait déjà être appliquée.
- ✓ La fin de la période de coexistence avec les règles nationales (DOW) est fixée au 01/07/2014.
- ✓ A partir de cette date, la norme EN 1090 sera obligatoire.

## ➤ Normes de base pour les produits de construction

NORME	PRODUIT	DOW
EN 10025-1	Produits laminés à chaud en acier de construction	31/08/2006
EN 10219-1	Profils creux pour la construction formés à froid	31/10/2006
EN 10210-1		
EN 14399-1	Boulonnerie de construction à haute résistance apte à la précontrainte	30/09/2007
EN 15048-1	Boulonnerie de construction métallique non précontrainte	31/10/2009
EN 10088-5	Aciers inoxydables	31/12/2010

Liste complète -> EN 1090-1 § 2 + EN 1090-2 § 2

# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)

- Les « Classes d'exécution » (ou EXC) représentent l'un des plus importants concepts nouveaux introduits dans l'EN 1090.
- Elles sont issues de l'Eurocode 0 (EN 1990) et elles seront transférées dans une Annexe de l'Eurocode 3 (EN 1993).
- C'est une classification des structures suivant :
  - ✓ les conséquences d'une ruine hypothétique (perte de vies humaines ou perte économique),
  - ✓ les risques associés à l'utilisation de la structure (actions statiques, fatigue, séisme, etc.),
  - ✓ les risques liés à l'exécution (nuances d'acier, attaches soudées ou boulonnées, etc.).

# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)

- Le choix d'une EXC est une décision qui appartient au concepteur d'une structure.
- Plusieurs exigences de l'EN 1990 sont déterminées en fonction des EXC, soit en exécution, soit en contrôle de qualité. Le Tableau du § A3 de l'EN 1990-2 liste de manière exhaustive les exigences pour chaque EXC.
- 4 classes d'exécution sont définies :
  - ✓ de **EXC1** (la moins stricte) à **EXC4** (la plus stricte).
- Les EXC supposent une rationalisation de la conception et de l'exécution. Le coût d'une structure augmente avec son EXC.
- Une EXC peut être appliquée à l'ensemble d'une structure, à des parties ou des détails spécifiques. Une structure peut comprendre plusieurs EXC.

# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)

## ➤ Comment choisir une EXC ?

### 1. Choix de la classe de conséquence (CC1, CC2 ou CC3).

- ✓ Les CC sont précisées dans l'Eurocode 0 (Annexe B de l'EN 1990). Les Annexes Nationales peuvent donner des instructions complémentaires.

Classe de conséquences	Description	Exemples de bâtiments et de travaux de génie civil
CC3	Conséquence <b>élevée</b> en termes de perte de vie humaine, <i>ou</i> conséquences économiques, sociales ou d'environnement <b>très importantes</b>	Tribunes, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient élevées (par exemple salle de concert)
CC2	Conséquence <b>moyenne</b> en termes de perte de vie humaine, conséquences économiques, sociales ou d'environnement <b>considérables</b>	Bâtiments résidentiels et de bureaux, bâtiments publics où les conséquences de la défaillance seraient moyennes (par exemple bâtiment de bureaux)
CC1	Conséquence <b>faible</b> en termes de perte de vie humaine, <i>et</i> conséquences économiques, sociales ou d'environnement <b>faibles ou négligeables</b>	Bâtiments agricoles normalement inoccupés (par exemple, bâtiments de stockage), serres

## 2. Choix de la catégorie de service (SC1 ou SC2).

Catégories	Critères
<b>SC1</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Structures et éléments calculés pour des actions quasi statiques seulement (Exemple : Bâtiments)</li><li>— Structures et éléments avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans des régions à faible activité sismique et dans la classe de ductilité DCL*</li><li>— Structures et éléments calculés pour des actions de fatigue exercées par des ponts roulants (classe <math>S_0</math>)**</li></ul>
<b>SC2</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>— Structures et éléments calculés pour des actions de fatigue selon l'EN 1993. (Exemples : Ponts routiers et ferroviaires, ponts roulants (classe <math>S_1</math> à <math>S_9</math>)**, structures sensibles aux vibrations induites par le vent, la foule ou les machines tournantes)</li><li>— Structures et éléments avec leurs assemblages calculés pour des actions sismiques dans des régions à moyenne ou forte activité sismique et dans les classes de ductilité DCM* et DCH*</li></ul>
* DCL, DCM, DCH : classes de ductilité selon l'EN 1998-1.	
** Pour la classification des actions de fatigue exercées par les grues, voir les EN 1991-3 et EN 13001-1.	

EN 1090-2 § B.2.2.2

## 3. Choix de la catégorie de production (PC1 ou PC2).

Catégories	Critères
PC1	<ul style="list-style-type: none"><li>— Éléments non soudés fabriqués à partir de produits en acier quelles que soient leurs nuances</li><li>— Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier inférieure à S355</li></ul>
PC2	<ul style="list-style-type: none"><li>— Éléments soudés fabriqués à partir de produits de nuance d'acier supérieure ou égale à S355</li><li>— Éléments essentiels à l'intégrité de la structure qui sont assemblés par soudage sur le chantier de construction</li><li>— Éléments devant subir un formage à chaud ou un traitement thermique au cours de la fabrication</li><li>— Éléments de treillis tubulaires nécessitant des découpes en gueule de loup</li></ul>

EN 1090-2 § B.2.2.3



# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)

## 4. Choix de la classe d'exécution (EXC1, EXC2, EXC3 ou EXC4).

Classes de conséquences		CC1		CC2		CC3	
Catégories de service		<b>SC1</b>	<b>SC2</b>	<b>SC1</b>	<b>SC2</b>	<b>SC1</b>	<b>SC2</b>
Catégories de production	<b>PC1</b>	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 <sup>a</sup>	EXC3 <sup>a</sup>
	<b>PC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC2</b>	<b>EXC3</b>	<b>EXC3<sup>a</sup></b>	<b>EXC4</b>
<sup>a</sup> Il convient d'appliquer la classe d'exécution EXC4 à des structures particulières ou aux structures avec des conséquences extrêmes d'une ruine structurelle comme requis par des dispositions nationales.							

EN 1090-2 § B.3

## ➤ Exemples pratiques de choix d'une EXC :

1. Bâtiment de bureaux : acier de nuance S 275, soudé en usine et boulonné sur site. Zone non sismique.

- ✓ Classe de conséquence : CC2
- ✓ Catégorie de service : SC1
- ✓ Catégorie de production : PC1
- ✓ **Classe d'exécution : EXC2**

# CLASSES D'EXÉCUTION (EXC)

## ➤ Exemples pratiques de choix d'une EXC :

2. Bâtiment de bureaux : acier de nuance S 355, soudé sur site. Zone non sismique.

- ✓ Classe de conséquence : CC2
- ✓ Catégorie de service : SC1
- ✓ Catégorie de production : PC2
- ✓ **Classe d'exécution : EXC2**

3. Idem que ci-dessus mais en zone sismique, calcul en DCM ou DHC.

- ✓ Seule la catégorie de service change : SC2
- ✓ **Classe d'exécution : EXC3**

## ➤ Exemples pratiques de choix d'une EXC :

4. Structure de stade : acier de nuance S 355, soudé en usine et boulonné sur site. Zone non sismique.

- ✓ Classe de conséquence : CC3
- ✓ Catégorie de service : SC1 (ou SC2 si l'on considère que la structure peut être soumise à des vibrations)
- ✓ Catégorie de production : PC2
- ✓ **Classe d'exécution : EXC3 (ou EXC4 si l'on considère que la structure peut être soumise à des vibrations)**

## ➤ Exemples pratiques de choix d'une EXC :

5. Entrepôt agricole : acier de nuance S 275, soudé en usine et boulonné sur site (sauf les attaches de poteaux qui sont soudées sur site). Zone non sismique.

- ✓ Classe de conséquence : CC1
- ✓ Catégorie de service : SC1
- ✓ Catégorie de production : PC1 (PC2 pour les poteaux)
  
- ✓ **Classe d'exécution : EXC1 (EX2 pour les poteaux)**

# MARQUAGE CE (EN 1090-1)



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

- **Le marquage CE** est une déclaration légale du fabricant de la structure que ses produits sont pleinement conformes à l'EN 1090-1 et, par conséquent, à ceux de la **Directive UE sur les Produits de construction (DPC)**.
  
- **Exigences de base :**
  - ✓ L'essai de type initial (ETI) ou le calcul de type initial (CTI).
  - ✓ Le contrôle de production en usine (CPU), incluant le système de management de la qualité de soudage (SMQS).
  - ✓ Le rôle du coordinateur en soudage .
  - ✓ Des audits de surveillance réguliers dans l'usine et la certification du fabricant par un organisme notifié.

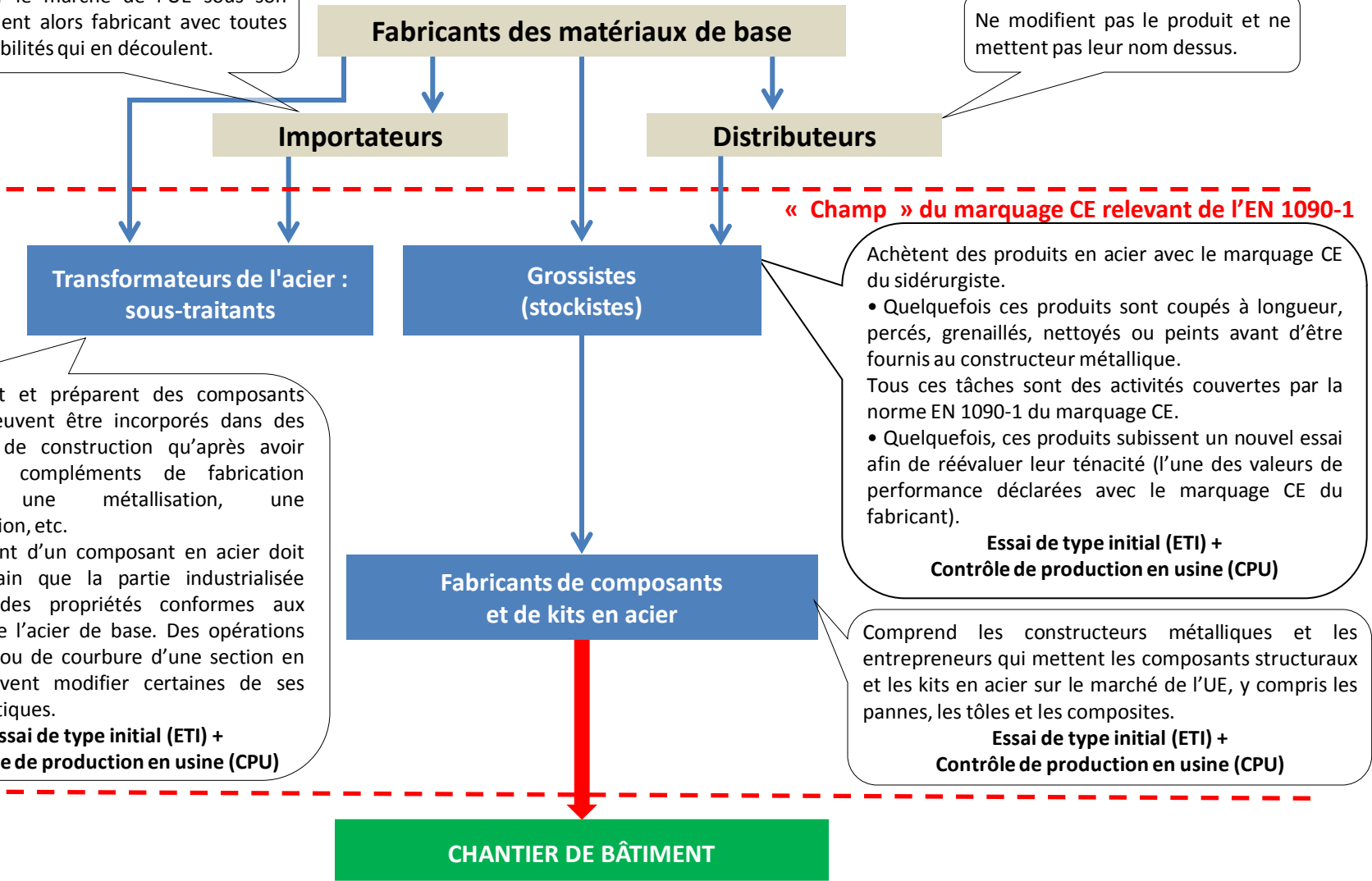
# MARQUAGE CE (EN 1090-1)

## ➤ Portée de l'EN 1990

Dans le cas où l'importateur met les produits sur le marché de l'UE sous son nom, il devient alors fabricant avec toutes les responsabilités qui en découlent.

« Champ » du marquage CE relevant des normes produits EN

Ne modifient pas le produit et ne mettent pas leur nom dessus.



« Champ » du marquage CE relevant de l'EN 1090-1

Achètent des produits en acier avec le marquage CE du sidérurgiste.

- Quelquefois ces produits sont coupés à longueur, percés, grenailés, nettoyés ou peints avant d'être fournis au constructeur métallique. Tous ces tâches sont des activités couvertes par la norme EN 1090-1 du marquage CE.
- Quelquefois, ces produits subissent un nouvel essai afin de réévaluer leur ténacité (l'une des valeurs de performance déclarées avec le marquage CE du fabricant).

**Essai de type initial (ETI) + Contrôle de production en usine (CPU)**

Fabriquent et préparent des composants qui ne peuvent être incorporés dans des ouvrages de construction qu'après avoir subi des compléments de fabrication comme une métallisation, une galvanisation, etc.

Le fabricant d'un composant en acier doit être certain que la partie industrialisée possède des propriétés conformes aux normes de l'acier de base. Des opérations de pliage ou de courbure d'une section en acier peuvent modifier certaines de ses caractéristiques.

**Essai de type initial (ETI) + Contrôle de production en usine (CPU)**

Comprend les constructeurs métalliques et les entrepreneurs qui mettent les composants structuraux et les kits en acier sur le marché de l'UE, y compris les pannes, les tôles et les composites.

**Essai de type initial (ETI) + Contrôle de production en usine (CPU)**



- **Essai de Type Initial (ETI) ou Calcul de Type Initial (CTI).**
  - ✓ Leur objectif de déterminer la performance à déclarer pour chaque produit manufacturé.
  - ✓ Alors que la plupart du temps, les structures en acier sont fabriquées « sur mesure », l'EN 1090-1 accepte le CTI comme une méthode d'évaluation de la conformité.
  - ✓ Le CTI développé pour le calcul de la structure doit être fondé sur les Eurocodes (EN 1990, EN 1991, EN 1993, EN 1994, EN 1998)

➤ **ETI & CTI :**  
**échantillonnage,**  
**évaluation et**  
**critères de**  
**conformité.**

Caractéristique	Paragraphe des exigences	Méthode d'évaluation	Nombre d'échantillons	Critères de conformité
Tolérances sur les dimensions et la forme	4.2	Contrôle et essai conformément à l'EN 1090-2 ou l'EN 1090-3	1	5.3
Soudabilité	4.3	Vérification de la conformité des documents de contrôle aux exigences spécifiées pour le produit constitutif.	1	5.4
Ténacité/résistance à la rupture fragile (éléments en acier uniquement)	4.4	Vérification de la conformité des documents de contrôle aux exigences spécifiées pour le produit constitutif	1	5.5
Capacité portante	4.5, 4.5.2	Calculs conformément à la partie pertinente de l'EN 1993, l'EN 1994, l'EN 1999 ou essais de structures conformément à la Spécification technique européenne correspondante <sup>b</sup> Fabrication conforme à la spécification de l'élément et à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3 <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.6
Résistance à la fatigue	4.5, 4.5.3	Calculs conformément à la partie pertinente de l'EN 1993, l'EN 1994 ou l'EN 1999 <sup>b</sup> . Fabrication conforme à la spécification de l'élément et à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3 <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.8
Résistance au feu	4.5, 4.5.4	Calculs conformément à l'EN 1993, l'EN 1994 ou l'EN 1999 pour la caractéristique de performance R, ou essai et classement conformément à l'EN 13501-2 pour les caractéristiques de performance R, E, I et/ou M <sup>b</sup> Fabrication conforme à la spécification de l'élément et à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3 <sup>c</sup>	1 <sup>a</sup>	5.7
Réaction au feu	4.6	Vérification des éléments revêtus conformément à l'EN 13501-1	1	5.8
Substances dangereuses	4.7	Vérification de la conformité des produits constitutifs aux normes européennes	1	5.9
Résistance au choc	4.8	Evaluation couverte par la ténacité	1	5.10
Durabilité	4.9	Exécution de la préparation de surface conformément à la spécification de l'élément, à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3	1	5.11

<sup>a</sup> Un seul calcul doit suffire pour l'évaluation de la conformité. Si la caractéristique est déterminée à l'aide d'essais, le nombre d'échantillons pour essais doit être conforme à l'EN 1990, l'EN 1993, l'EN 1994 et l'EN 1999 pertinent pour l'évaluation des résultats d'essai.

<sup>b</sup> Si le fabricant doit déclarer les caractéristiques sur la base d'un dimensionnement.

<sup>c</sup> Conformément à la classe d'exécution faisant l'objet de l'essai de type initial.

## ➤ **Contrôle de production en usine (CPU)**

- ✓ L'EN 1090-1 précise les contrôles de production en usine exigés pour garantir que les composants de la structure en acier remplissent les exigences techniques minimales, comme défini dans l'EN 1090-2.
- ✓ Le but du CPU est de garantir que le fabricant peut constamment produire ses composants structuraux sans changement de leurs caractéristiques.
- ✓ Le CPU de la norme EN 1090-1 est similaire au contrôle de qualité de la norme EN ISO 9001 .
- ✓ Le CPU doit inclure le système de management de la qualité de soudage (SMQS).

## ➤ **Contrôle de production en usine (CPU).**

### ✓ Bases du CPU :

- Réaliser une maintenance et une calibration régulières des équipements et des outils.
  - Développer des bilans réguliers pour garantir la conformité des produits manufacturés.
  - Développer une gestion systématique des produits non conformes.
  - Assurer que la qualification des personnels et des procédures de travail sont convenables.
- ✓ En général, si la production est faite en accord avec l'EN 1090-2, la plupart des exigences de l'EN 1090-1 sont remplies.

➤ **CPU :**  
**fréquence  
d'essai du  
produit faisant  
partie du  
contrôle de  
production en  
usine**

Caractéristique	Paragraphe des exigences	Méthode d'évaluation	Echantillonnage	Critères de conformité
Tolérances sur les dimensions et la forme	4.2	Contrôles et essais conformément à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3	Chaque élément <sup>a</sup>	5.3
Soudabilité	4.3	Vérification de la conformité des documents de contrôle aux exigences spécifiées pour le produit constitutif	Vérifications documentaires de tous les produits constitutifs utilisés dans la fabrication	5.4
Ténacité/résistance à la rupture fragile (éléments en acier uniquement)	4.4	Vérification de la conformité des documents de contrôle aux exigences spécifiées pour le produit constitutif	Vérifications documentaires de tous les produits constitutifs utilisés dans la fabrication	5.5
Résistance au choc <sup>b</sup>				5.10
Limite d'élasticité ou résistance à la traction des produits constitutifs utilisés dans la fabrication	4.5	Vérification de la conformité des documents de contrôle aux exigences spécifiées pour le produit constitutif	Vérifications documentaires de tous les produits constitutifs utilisés dans la fabrication	5.2
Caractéristiques structurales influencées par la fabrication régies par le dimensionnement (capacité portante, résistance à la fatigue, résistance au feu)	4.1	Vérification de la conformité du dimensionnement à l'Eurocode pertinent	Vérifier que les calculs sont pertinents et vérifiés en fonction de l'élément fabriqué	5.6.2
Caractéristiques structurales régies par la fabrication	4.5.1	Vérification de la conformité de la fabrication à la spécification de l'élément et à l'EN 1090-2 ou à l'EN 1090-3	Vérification conformément aux exigences de contrôle de l'EN 1090-2 ou de l'EN 1090-3 et à la spécification de l'élément.	5.6.3
Durabilité	4.9	Vérification de la conformité de la fabrication à l'EN 1090-2 et à l'EN 1090-3	Vérification conformément aux exigences de contrôle de l'EN 1090-2 ou de l'EN 1090-3	

<sup>a</sup> Cette exigence peut être limitée si les éléments sont fabriqués dans des conditions similaires ou si la géométrie n'est pas critique pour leur usage.

<sup>b</sup> Voir 4.8 et 5.10

- **Systeme de management de la qualite de soudage (SMQS).**
  - ✓ Bases du SMQS :
    - Considerer le procede de soudage comme un « procede special », c'est-à-dire le contrôler constamment et avec un processus de suivi complet.
    - Développer et contrôler les procédures internes pour l'exécution des soudures.
    - Contrôler et documenter que le personnel qui exécute les soudures possède une qualification adaptée et convenable.

- **Systeme de management de la qualite de soudage (SMQS).**
  - ✓ Les exigences de qualite doivent etre conformes à l'EN ISO 3834, dependant des classes d'execution (EXC) :
    - EXC1 : EN ISO 3834-4    Elémentaire
    - EXC2 : EN ISO 3834-3    Normale
    - EXC3 : EN ISO 3834-2    Complète
    - EXC4 : EN ISO 3834-2    Complète

- **Systeme de management de la qualite de soudage (SMQS).**
  - ✓ Le fabricant doit etablir ses propres descriptifs des modes operatoires de soudage (DMOS) (EN ISO 15609, EN ISO 14555, EN ISO 15620).
  - ✓ Un DMOS doit etre couvert par une methode de qualification de la procedure de soudage (QMOS), en fonction de la classe d'execution (EXC).
  - ✓ Les soudeurs doivent etre agrées pour chaque DMOS et chaque position de soudage.

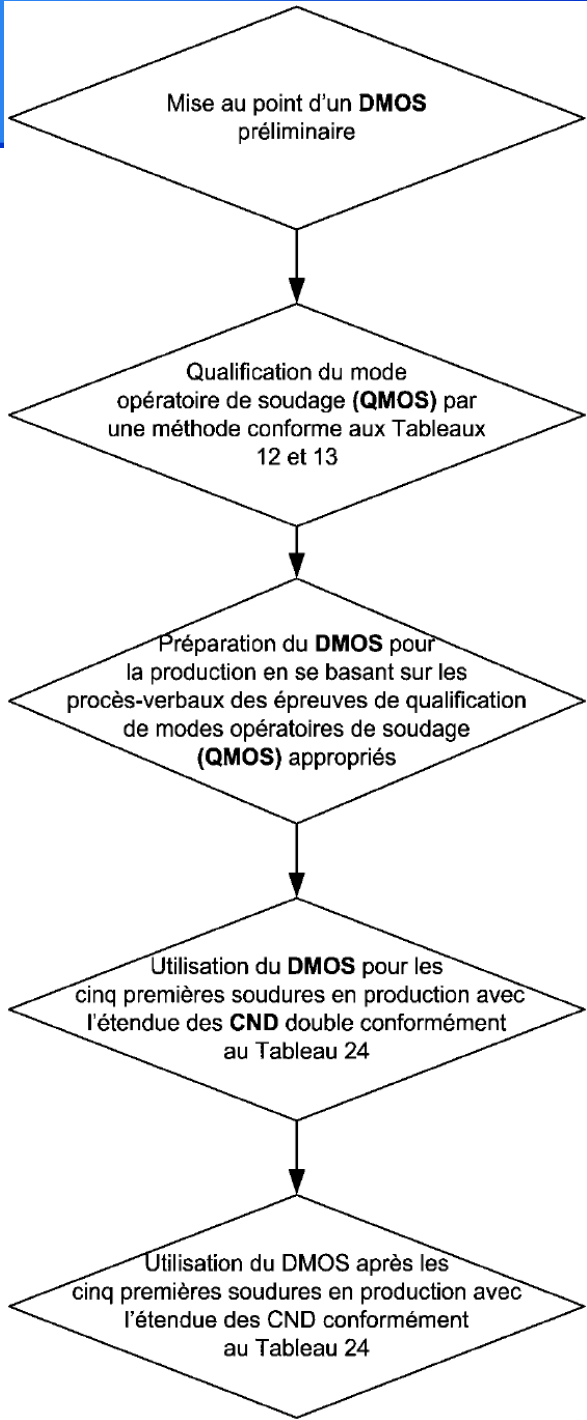


# MARQUAGE CE (EN 1090-1)

## ➤ Développement et utilisation d'un DMOS EN 1090-2 § Annexe L (voir suite diapo suivante)

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

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

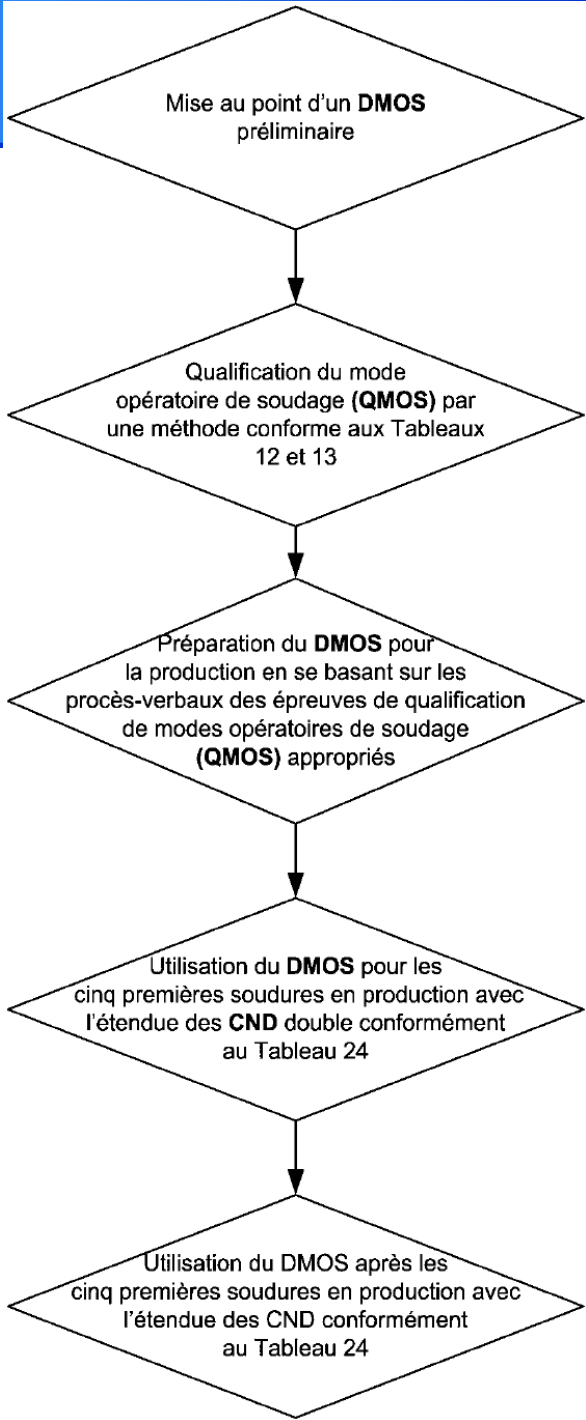


## ➤ Développement et utilisation d'un DMOS EN 1090-2 § Annexe L (Suite)

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

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

<sup>a</sup> Pour EXC2, une qualification du mode opératoire de soudage par référence à l'expérience acquise est autorisée. Pour EXC3 et EXC4, la qualification du mode opératoire de soudage doit être effectuée par une épreuve de qualification du mode opératoire de soudage ou une épreuve de qualification préalable à la production.



# MARQUAGE CE (EN 1090-1)

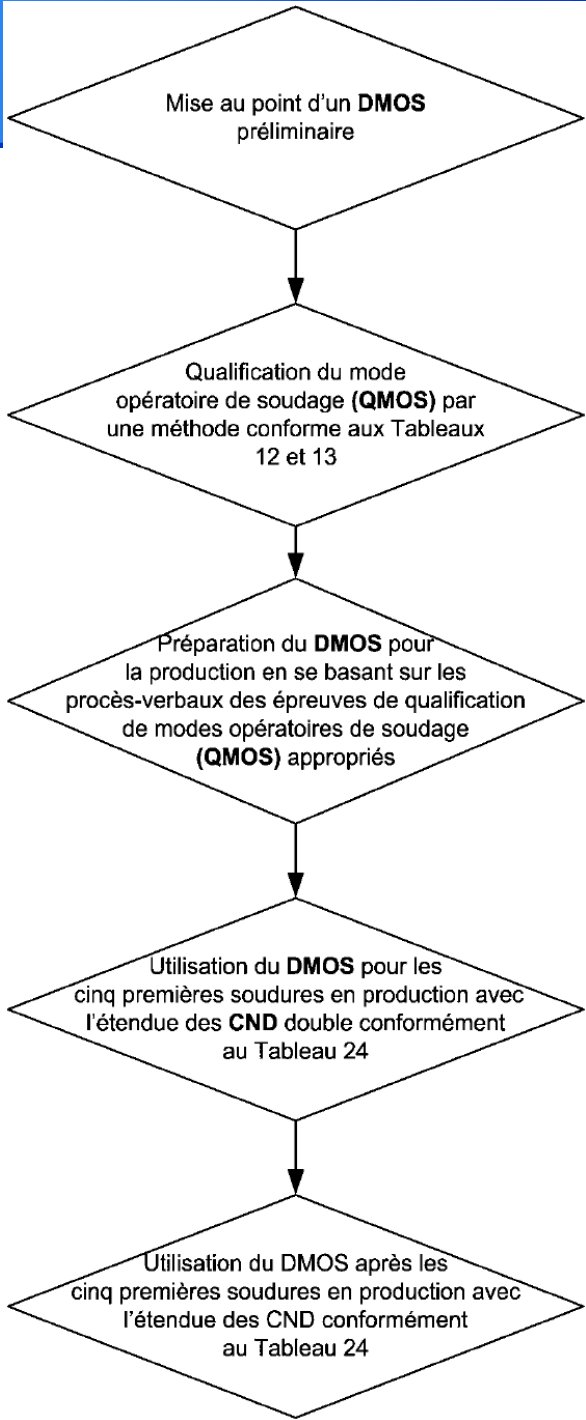
## ➤ Développement et utilisation d'un DMOS EN 1090-2 § Annexe L

Tableau 24 — Étendue des CND supplémentaires

Type de soudure	Soudures d'atelier et de chantier		
	EXC2	EXC3	EXC4
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle dans les assemblages bout à bout soumis à une contrainte de traction :			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle :			
dans les assemblages en croix	10 %	20 %	100 %
dans les assemblages en T	5 %	10 %	50 %
Soudures d'angle transversales en traction ou en cisaillement :			
Avec $a > 12$ mm ou $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
Avec $a \leq 12$ mm et $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
Soudures longitudinales et soudures de raidisseurs	0 %	5 %	10 %
NOTE 1 Les soudures longitudinales sont celles réalisées parallèlement à l'axe de l'élément. Toutes les autres sont considérées comme des soudures transversales.			
NOTE 2 $U$ = degré d'utilisation des soudures pour des actions quasi statiques. $U = E_d/R_d$ , où $E_d$ est l'effet d'action le plus grand de la soudure et $R_d$ est la résistance de la soudure dans l'état limite ultime.			
NOTE 3 Les termes $a$ et $t$ se rapportent respectivement à l'épaisseur de gorge et au matériau le plus épais en cours d'assemblage.			

Exemple : QMOS

Exemple : qualification des soudeurs.



## ➤ **Coordinateur en soudage.**

- ✓ Le fabricant doit identifier un coordinateur en soudage qui sera responsable pour la qualité des soudures.
- ✓ Tâches du coordinateur en soudage :
  - Examen des exigences techniques/contractuelles pour le soudage;
  - Garantir que les personnels de soudage soient convenablement qualifiés,
  - Que l'ensemble de l'équipement de soudage est convenable ;
  - Rédiger les descriptifs des modes opératoires de soudage (DMOS),
  - Le développement/qualification des procédures de soudage,
  - Le planning de production ;
  - Le stockage et la manutention des matériaux de base et le contrôle des produits consommables pour soudage;
  - Les contrôles et essais avant, pendant et après le soudage.

# MARQUAGE CE (EN 1090-1)

- **Coordinateur responsable du soudage.**
- **Connaissances techniques (EN ISO 14731) :**

EXC	Aciers (groupe d'aciers)	Normes de référence	Épaisseur (mm)		
			$t \leq 25$ <sup>a</sup>	$25 < t \leq 50$ <sup>b</sup>	$t > 50$
EXC2	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	B	S	C <sup>c</sup>
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C <sup>d</sup>	C
EXC3	S235 à S355 (1.1, 1.2, 1.4)	EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 EN 10025-5, EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	S	C	C
	S420 à S700 (1.3, 2, 3)	EN 10025-3, EN 10025-4, EN 10025-6 EN 10149-2, EN 10149-3 EN 10210-1, EN 10219-1	C	C	C
EXC4	Toutes	Toutes	C	C	C

<sup>a</sup> Platines de pied de poteaux et platines d'about  $\leq 50$  mm.  
<sup>b</sup> Platines de pied de poteaux et platines d'about  $\leq 75$  mm.  
<sup>c</sup> Pour les nuances d'acier jusqu'à S275 inclus, le niveau S suffit.  
<sup>d</sup> Pour les aciers N, NL, M et ML, le niveau S suffit.

**EN 1090-2 § 7.4.3**

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

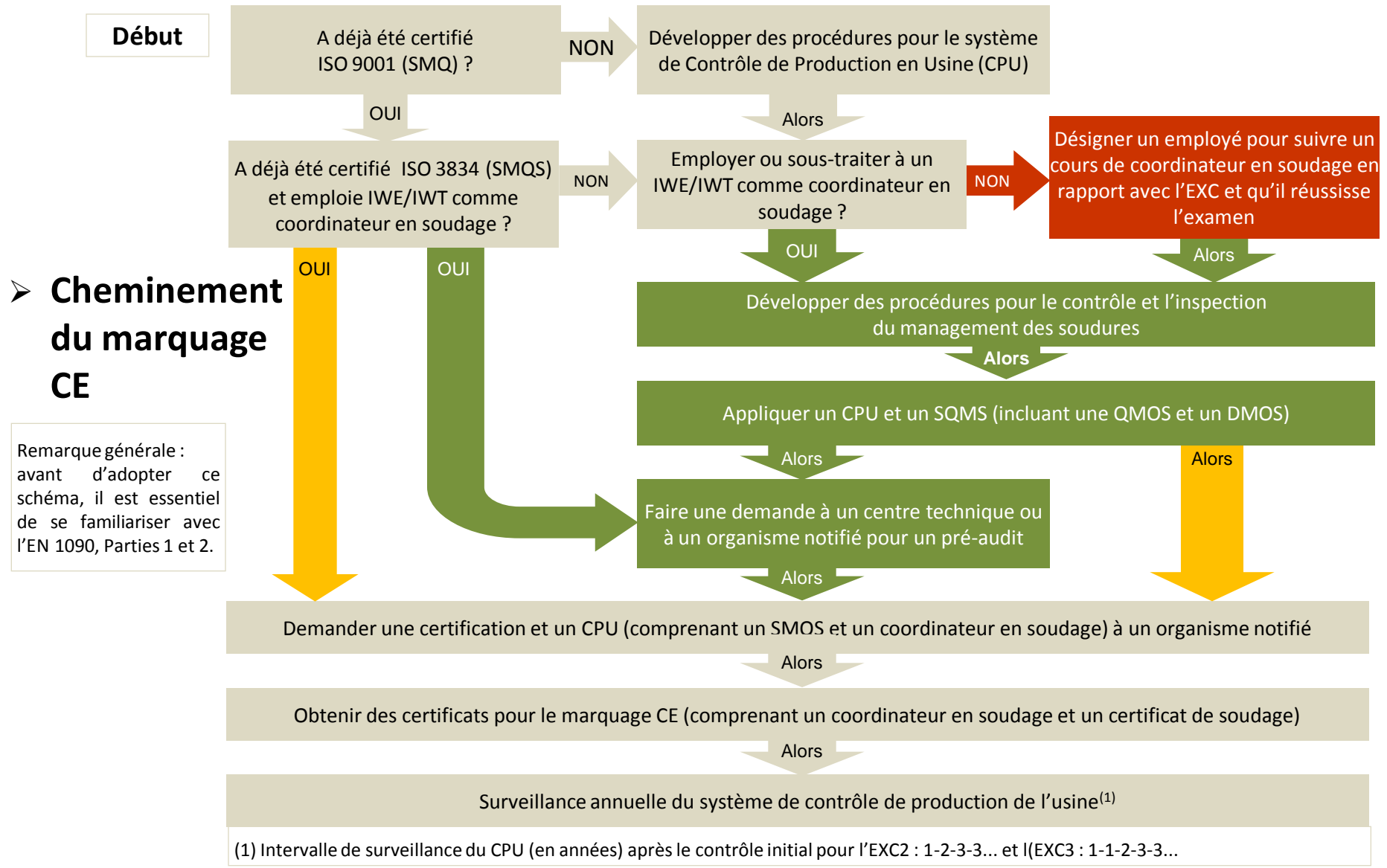
- **L'organisme notifié.**
- Il doit valider, contrôler et certifier l'application correcte du contrôle de production de l'usine (CPU), incluant le système de management de la qualité de soudage (SMQS).
  - ✓ Tâches :
    - Contrôle initial à l'usine et examen du CPU et du SMQS, ses procédures et exécutions réussies.
    - Emettre le certificat correspondant qui sera conservé pendant une durée de 1 ou 2 années.
    - Réaliser des contrôles réguliers et suivis, à intervalles dépendant de l'EXC.

**Tableau B.3 — Intervalles de surveillance de routine**

Classe d'exécution	Intervalles entre inspections du CPU du fabricant après l'ETI (années)
EXC1 et EXC2	1-2-3-3
EXC3 et EXC4	1-1-2-3-3

- **Articles de l'EN 1990-2 en rapport avec le marquage CE.**
  - ✓ Documentation : EN 1090-2 § 4 et Annexe A
  - ✓ Produits constitutifs : EN 1090-2 § 5, 12.1 et 12.2
  - ✓ Tolérances géométriques : EN 1090-2 § 11 et Annexe D
  - ✓ Procédures de fabrication et de soudage : EN 1090-2 § 6, 7 et 12.4
  - ✓ Traitement de surface et durabilité : EN 1090-2 § 10, 12.6 et Annexe F

# MARQUAGE CE (EN 1090-1)





# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

- **Cahier des charges d'exécution (EN 1090-2 § 4.1)**
  - ✓ L'EN 1090 exige une forte implication du concepteur pour les questions de fabrication, d'exécution et de contrôle de qualité.
  - ✓ Cahier des charges d'exécution :
    - Classes d'exécution (EXC). EN 1090-2 § 4.1.2
    - Degrés de préparation. EN 1090-2 § 4.1.3
    - Tolérances géométriques. EN 1090-2 § 4.1.4
    - Sécurité des travaux de montage. EN 1090-2 § 4.2.3 et 9.2
    - Informations supplémentaires. EN 1090-2 § A.1
    - Options. EN 1090-2 § A.2

- **Cahier des charges d'exécution (EN 1090-2 § 4.1)**
    - ✓ Un bon point de départ pour préparer un cahier des charges d'exécution est le « Guide pour la spécification d'une construction » du projet européen « Sechalo ».
      - Bâtiments multi-étagés. Partie 7
      - Bâtiments à simple rez-de-chaussée. Partie 10
- <http://www.arcelormittal.com/sections/index.php?id=167>

- **Dossier du constructeur (EN 1090-2 § 4.2)**
  - ✓ Dossier qualité (doit être documenté pour les EXC2, EXC3 et EXC4) : **EN 1090-2 § 4.2.1**
    - Organigramme de l'encadrement, du personnel, des exigences.
    - Procédures, méthodes et instructions de travail.
    - Plan de contrôle spécifique à l'ouvrage, comprenant les points d'arrêt...
    - Procédure de traitement des non-conformités et modifications.
  - ✓ Plan qualité : **EN 1090-2 § 4.2.2**
    - Attribution des tâches et de l'autorité.
    - Dossier qualité.
    - Enregistrement des contrôles et des vérifications.
  - ✓ **EN 1090-2 § Annexe C** -> Liste des contrôles pour le contenu d'un plan qualité.

## ➤ **Produits constitutifs (EN 1090-2 § 5)**

- ✓ L'EN 1090-2 indique les normes produits pour presque tous les produits de construction les plus courants, relatifs à la fabrication des structures en acier.
- ✓ **Traçabilité** : pour l'EXC3 et l'EXC4, la traçabilité des produits constitutifs doit être assurée à toutes les étapes, depuis l'approvisionnement jusqu'à la réception après incorporation dans les ouvrages.
- ✓ Pour les EXC2, EXC3 et EXC4, si différentes nuances et/ou qualités de produits constitutifs se trouvent en circulation ensemble, chaque article doit être pourvu d'un marquage identifiant sa nuance.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Préparation et assemblage (coupage, formage, forage et assemblage) (EN 1090-2 § 6)
- Coupage :
  - ✓ Méthodes : sciage, cisailage, tronçonnage, techniques de coupage par jet d'eau et coupage thermique.
  - ✓ En général, la performance des procédés de coupage doit être vérifiée périodiquement -> (EN 1090-2 § Tableau 9)
  - ✓ Dureté de surface des chants libres (coupage thermique, cisailage, poinçonnage) :

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

Normes de produit	Nuances d'acier	Valeurs de dureté
EN 10025-2 à 5	S235 à S460	380
EN 10210-1, EN 10219-1		
EN 10149-2 et 3	S260 à S700	450
EN 10025-6	S460 à S690	

NOTE Ces valeurs sont en conformité avec l'EN ISO 15614-1 appliqué aux nuances d'acier énumérées dans l'ISO/TR 20172.

(EN 1090-2 § 6.4.4  
Tableau 10)

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Coupage thermique



Sciage

## ➤ **Formage :**

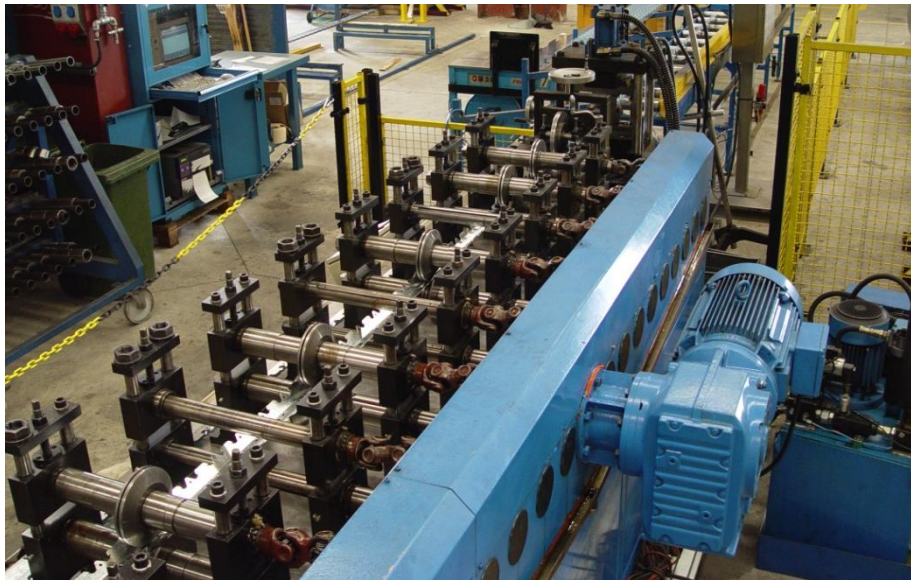
- ✓ **Formage à chaud :** doit être conforme aux exigences de la norme de produit applicable.
- ✓ **Chaudes de retrait**
  - La température maximale de l'acier et la procédure de refroidissement doivent être contrôlées.
  - Pour les EXC3 et EXC4, un mode opératoire approprié doit être mis au point (températures maximales, méthodes, essais, identification des personnels, etc.)
- ✓ **Formage à froid :**
  - Il doit être conforme aux exigences de la norme de produit applicable.
  - La réduction de la ductilité doit être contrôlée.
  - L'EN 1090-2 spécifie les paramètres géométriques convenables (rayons de pliage, rapports de dimension globaux, etc.)



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Formage à froid à la presse



Formage à froid par laminage

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Perçage :

### ✓ Dimensions des trous :

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

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

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

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

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

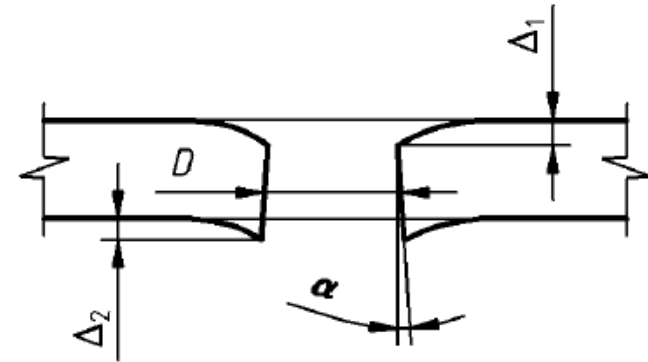
<sup>d</sup> Les valeurs nominales de jeu dans le sens transversal des boulons utilisés dans des trous oblongs doivent être identiques aux valeurs de jeu spécifiées pour les trous ronds normaux.

(EN 1090-2 § Tableau 11)

## ➤ Perçage :

### ✓ Exécution du perçage :

- Méthodes : forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage thermique.
- En général, la capacité des procédés de perçage doit être vérifiée périodiquement.
- Poinçonnage : l'épaisseur nominale de l'élément doit être inférieure au diamètre nominal du trou.
- Pour l'EXC3 et l'EXC4 et  $t \geq 3$  mm, le poinçonnage sans alésage n'est pas autorisé. Les trous doivent être poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 2 mm.
- Pour les tôles et les plats où  $t \leq 3$  mm, les trous peuvent être réalisés par poinçonnage à la dimension finale.



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

$$\max(\Delta_1 \text{ ou } \Delta_2) \leq \max(D/10 ; 1 \text{ mm})$$

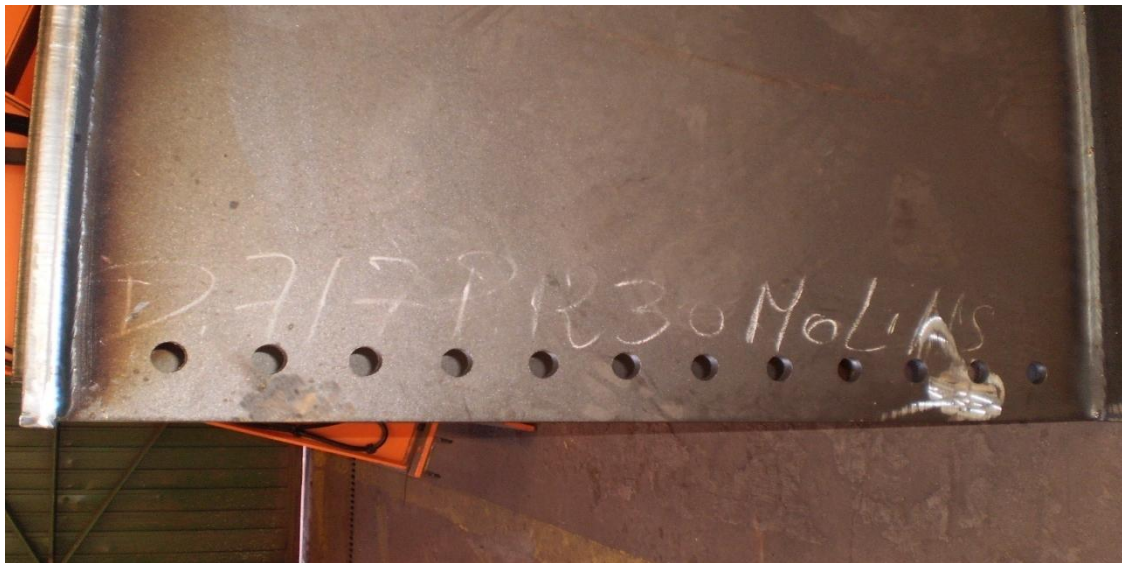
$$\alpha \leq 4^\circ \text{ (soit 7 \%)}$$

Déformations autorisées  
**(EN 1090-2 § 6.6.3)**

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Perçage

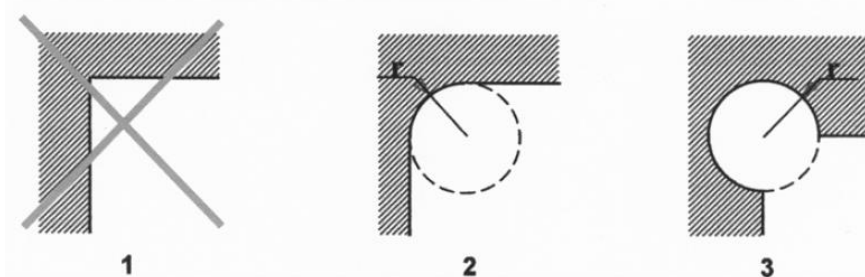


Trous terminés

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Découpes

- ✓ Une surcoupe dans un angle rentrant n'est pas autorisée.
- ✓ Rayons minimums :  
EXC2 et EXC3 :  $r > 5$  mm.  
EXC4 :  $r > 10$  mm.



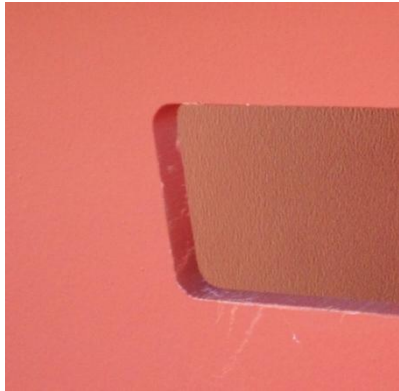
### Légende

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

## ➤ Assemblage :

- ✓ L'assemblage des éléments doit être réalisé de manière à satisfaire aux tolérances spécifiées.
- ✓ Des précautions doivent être prises pour éviter la corrosion galvanique.
- ✓ La concordance entre éléments connectés doit être vérifiée au moyen de gabarits dimensionnels, de mesurages tridimensionnels ou par un montage à blanc.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Bonne découpe



Assemblage

## ➤ Soudage (EN 1090-2 § 7)

✓ Un programme de soudage doit être fourni. Il constitue une partie de la planification de la production qui doit comprendre :

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

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

- d) les exigences concernant les vérifications intermédiaires ;
- e) tout retournement d'éléments à effectuer au cours du processus de soudage, en relation avec la séquence de soudage ;

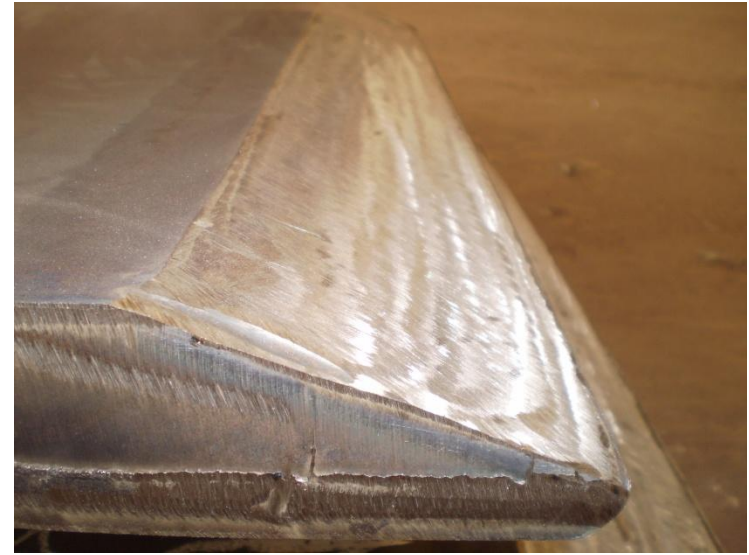
## ✓ Programme de soudage (suite) :

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

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



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



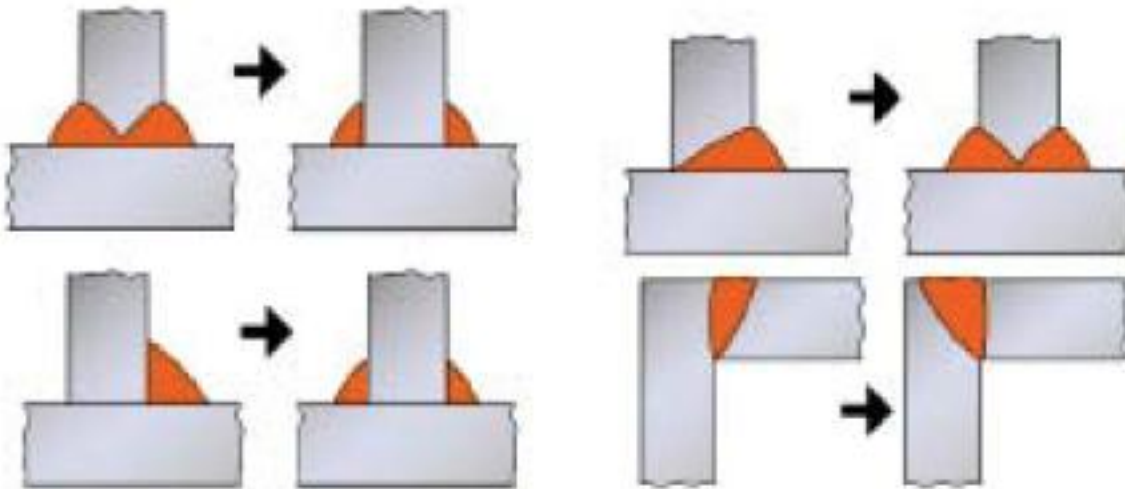
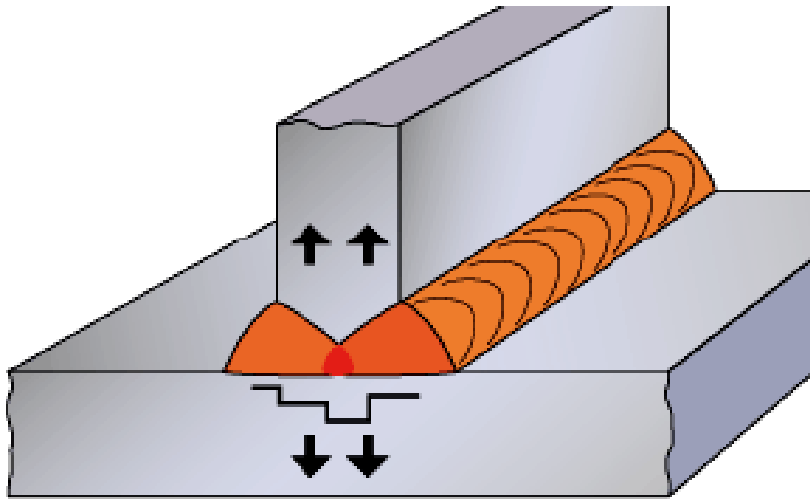
Préparation avant soudage

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Exécution du soudage

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Arrachement  
lamellaire

## ➤ Préparation et exécution du soudage

- ✓ Normes recommandées : EN ISO 9692-1 et EN ISO 9692-2
- ✓ La préparation des joints doit être exempte de toutes fissures visibles, sèche et sans peintures primaires.
- ✓ Les peintures primaires de préfabrication (peintures primaires appliquées en usine) peuvent être laissées sur les bords à souder seulement pour l'EXC1 et l'ECX2.
- ✓ **Profils creux** : EN 1090-2 § Annexe E --> Guide pour l'exécution des joints soudés dans les profils creux.

## ➤ Préparation et exécution du soudage

### ✓ Fixations provisoires :

- Les soudures d'éléments provisoires doivent être effectuées conformément au DMOS
- EXC3 et EXC4 : l'utilisation de fixations provisoires doit être spécifiée.

### ✓ Soudures de pointage :

- EXC2, EXC3 et EXC4 : les soudures de pointage doivent être réalisées en utilisant un mode opératoire de soudage qualifié.
- Longueur minimale : ne doit pas être inférieure à quatre fois l'épaisseur de la partie la plus épaisse de l'assemblage ou à 50 mm.
- Si des soudures de pointage devant être incorporées dans la soudure finale, elles doivent être sans défauts et réalisées par des soudeurs qualifiés.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Soudures d'angle :
  - ✓ Critère principal : épaisseur de gorge et longueur correctes, absence de défauts de surface.
  
- Soudures bout à bout :
  - ✓ Critère principal : garantir une pénétration pleine et convenable de la racine de la soudure.
  - ✓ Soudures d'un seul côté : peuvent être exécutées avec ou sans support envers. Si un support envers est utilisé, il doit être spécifié dans le DMOS
  
- Autres types de soudures décrits dans l'EN 1090-2 :
  - ✓ Soudure des goujons.
  - ✓ Soudures en entaille et en bouchon.
  - ✓ Soudures par points.

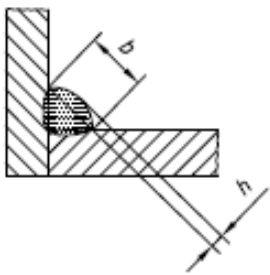
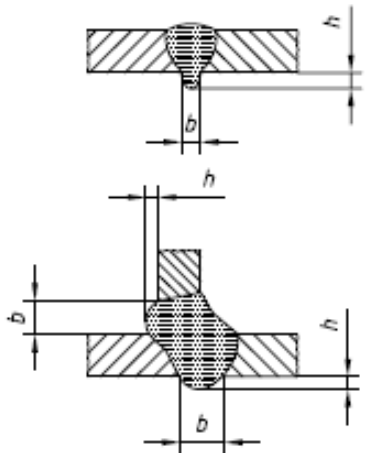
## ➤ Critères d'acceptation :

- ✓ Définis dans l'[EN ISO 5817](#), en fonction de la classe d'exécution.
  - EXC1 : niveau de qualité D
  - EXC2 : niveau de qualité C
  - EXC3 : niveau de qualité B
  - EXC4 : niveau de qualité B et les exigences du [Tableau 17](#) de l'[EN 1090-2](#)
  
- ✓ Les normes [EN 1993-1-1](#), [EN 1993-1-9](#) et [EN 1993-2](#) peuvent aussi être utilisées pour évaluer l'acceptabilité des imperfections.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

➤ Exemple de critère d'acceptation : norme EN ISO 5817 § 5.

Tableau 1 (suite)

N°	Référence ISO 6520-1	Désignation du défaut	Remarques	t mm	Limites des défauts pour les niveaux de qualité		
					D	C	B
1.10	503	Convexité excessive (soudure d'angle)		≥ 0,5	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$ , 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
1.11	504	Excoès de pénétration		0,5 à 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 b$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$
				> 3	$h \leq 1 \text{ mm} + 1,0 b$ , mais max. 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,6 b$ , mais max. 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 b$ , mais max. 3 mm



## ➤ **Fixations mécaniques (EN 1090-2 § 8)**

- ✓ Les vis et écrous ne doivent pas être soudés.
- ✓ Le diamètre nominal des fixations utilisées pour le boulonnage des éléments structuraux doit être au moins M12.
- ✓ Longueurs minimales :
  - Boulons non précontraints : au moins un filet complet doit rester libre.
  - Boulons précontraints : au moins quatre filets complets doivent rester libres.
- ✓ Les écrous doivent tourner librement sur leurs vis associées. Sinon, les deux doivent être mis au rebut.

## ➤ **Fixations mécaniques (EN 1090-2 § 8)**

### ✓ Rondelles :

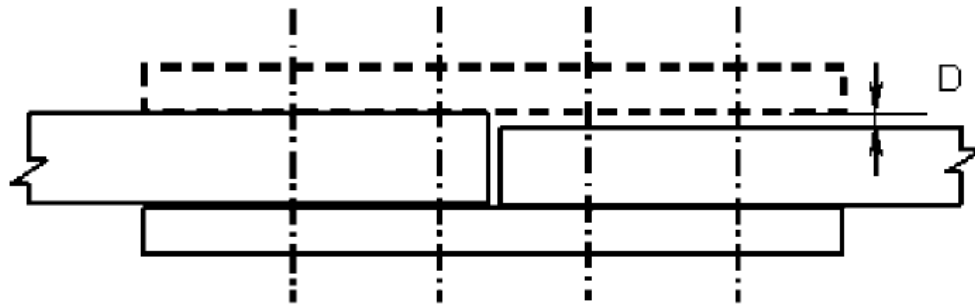
- Boulons non précontraints : en général, des rondelles ne sont pas indispensables.
- Boulons précontraints :
  - Classe de qualité 8.8 ->  
Une rondelle doit être placée sous l'élément entraîné en rotation au serrage.
  - Classe de qualité 10.9 ->  
deux rondelles sous chaque élément.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Attaches boulonnées

## ➤ Différence d'épaisseur



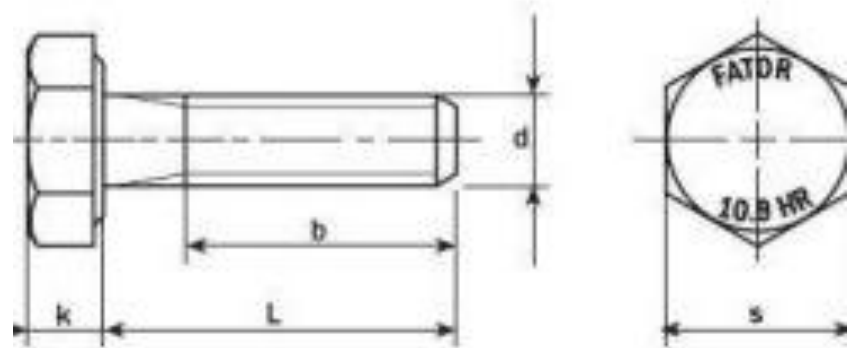
$D < 2$  mm en général.

$D < 1$  mm pour les assemblages précontraints.

- ✓ Si des fourrures sont utilisées, leur épaisseur ne doit pas être inférieure à 2 mm.

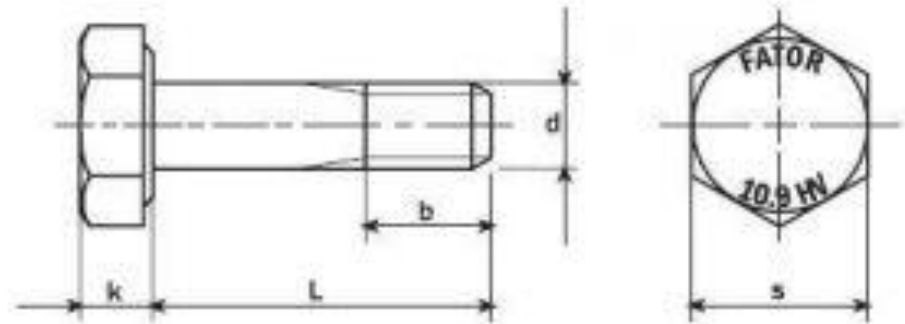
## ➤ Boulons précontraints – Système HR

- ✓ Version anglaise et française de boulons précontraints.
- ✓ La norme européenne correspondante est l'EN 14399-3.
- ✓ La zone filetée est longue et des écrous hauts sont utilisés.
- ✓ Les boulons HR sont moins sensibles aux excès de serrage par comparaison avec les boulons HV.  
En outre, si la charge appliquée dépasse la précontrainte exigée, le boulon se rompt, rendant ainsi l'erreur évidente.



## ➤ Boulons précontraints – Système HV

- ✓ Version allemande des boulons précontraints.
- ✓ La norme européenne correspondante est l'EN 14399-4.
- ✓ La zone filetée est courte et des écrous bas sont utilisés.



- ✓ Les boulons HV sont plus sensibles aux excès de serrage par comparaison avec les boulons HR.  
En outre, si la charge appliquée dépasse l'effort de précontrainte exigé, les filets se plastifient et cette erreur est difficile à détecter.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Serrage des boulons :
  - ✓ Le serrage doit être réalisé en partant de la partie la plus rigide de l'assemblage et en allant progressivement vers la partie la moins rigide.
- Préparation des surface de contact dans les attaches résistant au glissement :

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

Traitement de surface	Classe	Coefficient de frottement $\mu$
Surfaces grenillées ou sablées, débarrassées de toute rouille non adhérente, exemptes de piqûres ;	A	0,50
Surfaces grenillées ou sablées : <ul style="list-style-type: none"><li>— métallisées par projection d'un produit à base d'aluminium ou de zinc ;</li><li>— avec une peinture au zinc silicate inorganique d'une épaisseur de 50 <math>\mu\text{m}</math> à 80 <math>\mu\text{m}</math>.</li></ul>	B	0,40
Surfaces nettoyées à la brosse métallique ou au chalumeau, débarrassées de toute rouille non adhérente.	C	0,30
Surfaces brutes de laminage.	D	0,20

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Serrage des boulons précontraints.
  - ✓ Précontrainte minimale nominale :  $F_{p,c} = 0,7 f_{ub} A_s$ 
    - $f_{ub}$  : résistance nominale ultime à la traction
    - $A_s$  : aire résistante du boulon

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

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

(EN 1090-2 § Tableau 19)



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Serrage des boulons précontraints.
  - ✓ Méthodes de serrage :

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

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

EN 1090-2 § 8.5.3

EN 1090-2 § 8.5.4

EN 1090-2 § 8.5.5

EN 1090-2 § 8.5.6

(EN 1090-2 § Tableau 20)

La classe  $k$  indique l'« état de calibrage tel que livré ».

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



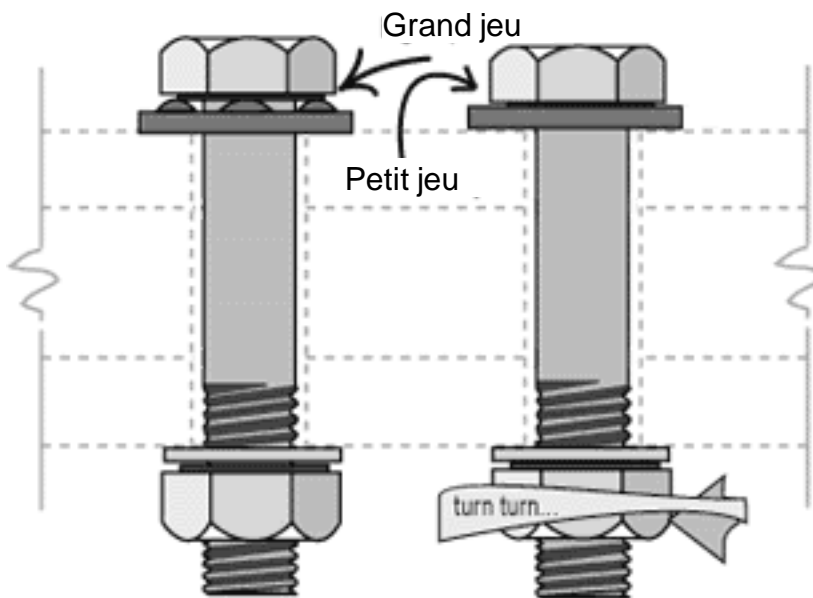
Attache précontrainte  
difficile à atteindre.



Clé  
dynamométrique.



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



- **Rondelles DTI (indicateur direct de précontrainte) :**
- ✓ Simplifie l'exécution des assemblages précontraints et les contrôles de qualité.
- ✓ Leur coût est élevé.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

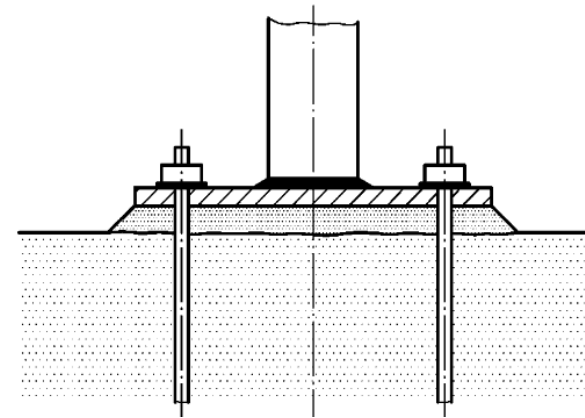
- D'autres types de fixations mécaniques sont décrits dans l'EN 1090-2 :
  - ✓ Le rivetage à chaud. EN 1090-2 § 8.7
  - ✓ Les fixations pour éléments minces :
    - Vis autotaraudeuses et autoperceuses. EN 1090-2 § 8.8.2
    - Rivets aveugles. EN 1090-2 § 8.8.3

## ➤ Montage sur site (EN 1090-2 § 9)

- ✓ Le montage ne doit pas commencer avant que le site prévu pour la construction soit conforme aux exigences techniques en matière de sécurité des travaux et indiquées dans l'EN 1090-2 § 9.2.
- ✓ Méthode de montage (EN 1090-2 § 9.3.1 et 9.3.2).
  - **Concepteur** : une méthode de montage de base doit être prévue, en fonction du projet, pour assurer la stabilité structurale pendant l'exécution.
  - **Constructeur + Concepteur** : une **Procédure de construction** doit être préparée, décrivant la méthode de montage du constructeur, et elle doit être vérifiée conformément aux règles de calcul

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- ✓ Appuis, ancrages et appareils d'appui :
  - Avant de commencer le montage, l'état et la position des appuis doivent être contrôlés à l'aide de moyens visuels et de mesure appropriés.
  - La position et le niveau des appuis, ancrages et appareils d'appui doivent satisfaire les critères d'acceptation définis dans l'[EN 1090 § 11.2](#).
  - Toute non conformité doit être consignée.
  
- ✓ Scellement et remplissage :
  - Critère principal : les espaces libres sous les plaques d'appui doivent être complètement remplis (consistance correcte, bon nettoyage, trous d'évent...)



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

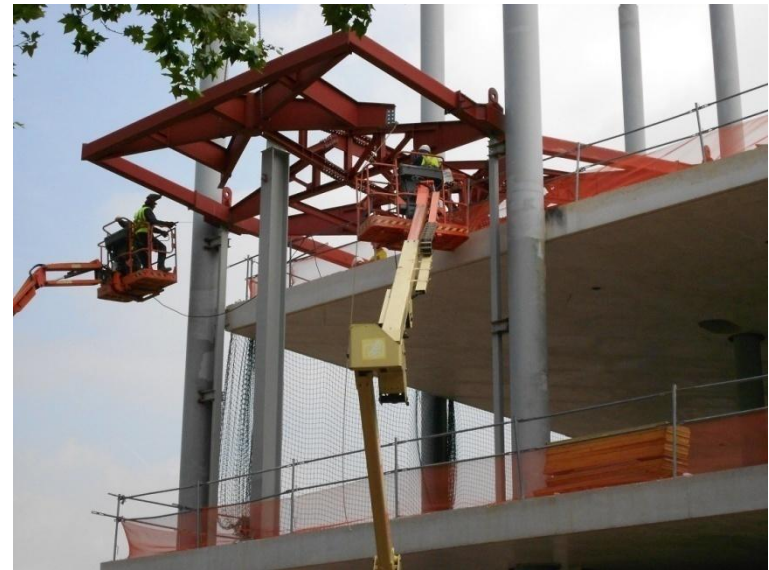
## ➤ Plans de montage :

- ✓ Les plans de montage doivent être fournis. Ils constituent une partie du programme de montage.
- ✓ Les plans doivent montrer les détails et la disposition de toutes les constructions provisoires nécessaires au montage, afin de garantir la stabilité et la sécurité du personnel.
- ✓ Les plans doivent indiquer le poids de tous les composants ou assemblages au-dessus de 5 tonnes (50 kN) et le centre de gravité de toutes les pièces irrégulières de grandes dimensions.

## ➤ Marquage :

- ✓ Les composants qui sont assemblés ou montés individuellement sur site doivent recevoir un repère de montage (avec leur orientation si elle n'est pas claire).

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)





# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Tout élément métallique endommagé au cours du déchargement, du transport, du stockage ou du montage, doit être remis en conformité :
  - ✓ EXC2, EXC3, EXC4 : le mode opératoire de la restauration doit être défini et documenté avant d'entreprendre la réparation.
- Pour les bâtiments, au moins un tiers des boulons permanents de chaque attache doit être installé avant que cette attache puisse être considérée comme contribuant à la stabilité de la partie achevée de la structure.
- Ajustage et alignement
  - ✓ Chaque partie de la structure doit être alignée aussitôt que possible après qu'elle ait été posée.
  - ✓ Aucun assemblage permanent entre éléments ne doit être réalisé avant qu'une partie suffisante de la structure n'ait été alignée, mise de niveau et mise d'aplomb.

- **Traitement de surface (EN 1090-2 § 10 et Annexe F)**
  - ✓ L'EN 1090-2 n'indique pas les exigences techniques détaillées. Elle doivent être consultées dans :
    - Peintures et vernis : EN ISO 12944 et EN 1090 – Annexe F
    - Revêtement métallique par projection thermique : EN 14616, EN 15311 et EN 1090 – Annexe F
    - Revêtement métallique par galvanisation : EN ISO 1461, EN ISO 14713 et EN 1090-2 – Annexe F
  - ✓ Spécifications de performance (concepteur) :
    - Durée de vie attendue pour la protection contre la corrosion (programme de maintenance) : EN ISO 12944-1
    - Catégorie de corrosivité : EN ISO 12944-2

- Durée de vie attendue pour la protection contre la corrosion  
(EN ISO 12944-1 § 4.4)

Basse (L)	2 à 5 ans
Moyenne (M)	5 à 15 ans
Haute (H)	plus de 15 ans

- ✓ Indique le temps entre les réparations des systèmes de peinture.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Catégories de corrosivités (EN ISO 12944-2 § 5)

Tableau 1 — Catégories de corrosivité atmosphérique et exemples d'environnements types

Catégorie de corrosivité	Perte de masse par unité de surface/perte d'épaisseur (première année d'exposition)				Exemples d'environnements types dans un climat tempéré (à titre d'information)	
	Acier faiblement allié		Zinc		Extérieur	Intérieur
	Perte de masse g/m <sup>2</sup>	Perte d'épaisseur μm	Perte de masse g/m <sup>2</sup>	Perte d'épaisseur μm		
C1 très faible	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	—	Bâtiments chauffés à atmosphère propre, par exemple bureaux, magasins, écoles, hôtels.
C2 faible	> 10 à 200	> 1,3 à 25	> 0,7 à 5	> 0,1 à 0,7	Atmosphères avec un faible niveau de pollution. Surtout zones rurales.	Bâtiments non chauffés où de la condensation peut se produire, par exemple entrepôts ou salles de sport.
C3 moyenne	> 200 à 400	> 25 à 50	> 5 à 15	> 0,7 à 2,1	Atmosphères urbaines et industrielles, pollution modérée par le dioxyde de soufre. Zones côtières à faible salinité.	Enceintes de fabrication avec une humidité élevée et une certaine pollution de l'air, par exemple industrie alimentaire, blanchisseries, brasseries, laiteries.
C4 élevée	> 400 à 650	> 50 à 80	> 15 à 30	> 2,1 à 4,2	Zones industrielles et zones côtières à salinité modérée.	Usines chimiques, piscines, chantiers navals côtiers.
C5-I très élevée (industrie)	> 650 à 1 500	> 80 à 200	> 30 à 60	> 4,2 à 8,4	Zones industrielles avec une humidité élevée et une atmosphère agressive.	Bâtiments ou zone avec une condensation permanente et avec une pollution élevée.
C5-M très élevée (marine)	> 650 à 1 500	> 80 à 200	> 30 à 60	> 4,2 à 8,4	Zones côtières et maritimes à salinité élevée.	Bâtiments ou zones avec une condensation permanente et avec une pollution élevée.

### NOTES

1 Les valeurs de perte utilisées pour les catégories de corrosivité sont identiques à celles indiquées dans l'ISO 9223.

2 Dans les zones côtières des régions chaudes et humides, les pertes de masse ou d'épaisseur peuvent dépasser les limites de la catégorie C5-M. Il faut donc prendre des précautions particulières pour le choix des systèmes de peinture pour protéger les structures en acier dans de telles zones.

- Tableaux pour les spécifications de peintures ([EN ISO 12944-5](#))
  - ✓ L'EN ISO 12944-5 indique des combinaisons différentes de peintures possibles pour garantir la durabilité de la protection vis-à-vis de chaque catégorie de corrosivité.
  - ✓ Ces tableaux sont très utiles pour concevoir un système de peinture pour la protection contre la corrosion d'une structure en acier.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Exemple pour la catégorie de corrosivité C3 (EN ISO 12944-5)

**Tableau A.3 — Systèmes de peinture pour l'acier au carbone faiblement allié pour la catégorie de corrosivité C3**

Subjectile: acier au carbone faiblement allié										
Préparation de surface: Pour Sa 2 1/2, degré d'enrouillement A, B ou C (ISO 8501-1)										
Système n°	Couches primaires				Couche(s) suivante(s)	Système de peinture		Durabilité attendue		
	Liant	Type de primaire <sup>a</sup>	Nombre de couches	ENFS <sup>b</sup> µm		Type de liant	Nombre de couches			
A3.01	AK	Divers	1 à 2	80	AK	2 à 3	120			
A3.02	AK	Divers	1 à 2	80	AK	2 à 4	160			
A3.03	AK	Divers	1 à 2	80	AK	3 à 5	200			
A3.04	AK	Divers	1 à 2	80	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	3 à 5	200			
A3.05	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	Divers	1 à 2	80	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	2 à 4	160			
A3.06	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	Divers	1 à 2	80	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	3 à 5	200			
A3.07	EP	Divers	1	80	EP, PUR	2 à 3	120			
A3.08	EP	Divers	1	80	EP, PUR	2 à 4	160			
A3.09	EP	Divers	1	80	EP, PUR	3 à 5	200			
A3.10	EP, PUR, ESI <sup>d</sup>	Zn (R)	1	60 <sup>e</sup>	—	1	60			
A3.11	EP, PUR, ESI <sup>d</sup>	Zn (R)	1	60 <sup>e</sup>	EP, PUR	2	160			
A3.12	EP, PUR, ESI <sup>d</sup>	Zn (R)	1	60 <sup>e</sup>	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	2 à 3	160			
A3.13	EP, PUR	Zn (R)	1	60 <sup>e</sup>	AY, PVC, CR <sup>c</sup>	3	200			

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Exemple pour la catégorie de corrosivité C3 (EN ISO 12944-5)

Liant pour couches primaires	Type	Phase aqueuse possible	Liant pour couches supplémentaires	Type	Phase aqueuse possible
AK = Alkyde	1 composant	X	AK = Alkyde	1 composant	X
CR = Caoutchouc chloré	1 composant		CR = Caoutchouc chloré	1 composant	
AY = Acrylique	1 composant	X	AY = Acrylique	1 composant	X
PVC = Polychlorure de vinyle	1 composant		PVC = Polychlorure de vinyle	1 composant	
EP = Époxy	2 composants	X	EP = Époxy	2 composants	X
ESI = Silicate d'éthyle	1 ou 2 composants	X	PU = Polyuréthane aliphatique	1 ou 2 composants	X
PU = Polyuréthane aromatique ou aliphatique	1 ou 2 composants	X			

<sup>a</sup> Zn (R) = Primaire riche en zinc, voir 5.2. Divers = Primaires avec divers types de pigments anticorrosion.

<sup>b</sup> ENFS = Épaisseur nominale du feuillet sec. Voir 5.4 pour de plus amples détails.

<sup>c</sup> Il est recommandé de vérifier la compatibilité auprès du fabricant de peinture.

<sup>d</sup> Pour les primaires ESI, il est recommandé d'utiliser l'une des couches supplémentaires comme couche barrière.

<sup>e</sup> Il est également possible de travailler avec une ENFS de 40 µm à 80 µm à condition que le primaire riche en zinc choisi convienne pour cette ENFS.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Préparation des subjectiles de l'acier :
  - ✓ Toutes les surfaces sur lesquelles doivent être appliquées des peintures, doivent être préparées de manière à satisfaire aux critères de l'ISO 8501. Le degré de préparation doit être spécifié dans le projet (P1, P2 ou P3)

Tableau 22 — Degré de préparation

Durée de vie prévue de la protection contre la corrosion <sup>a</sup>	Catégorie de corrosivité <sup>b</sup>	Degré de préparation <sup>c</sup>
> 15 ans	C1 - C2	P1
	Au-dessus de C2	P2
5 ans à 15 ans	C1 à C3	P1
	Au-dessus de C3	P2
< 5 ans	C1 à C4	P1
	C5 – Im	P2

<sup>a b</sup> La durée de vie prévue de la protection contre la corrosion et la catégorie de corrosivité sont référencées dans l'EN ISO 12944 et l'EN ISO 14713 selon le cas.

<sup>c</sup> Le degré de préparation P3 peut être spécifié pour des cas particuliers.



- **Tolérances géométriques (EN 1090-2 § 11 et Annexe D)**
  - ✓ **Tolérances essentielles** : nécessaires pour la résistance mécanique et la stabilité de la structure achevée. (EN 1090-2 § Annexe D.1).
  - ✓ **Tolérances fonctionnelles** : pour remplir d'autres critères comme les ajustements et l'apparence (EN 1090-2 § Annexe D.2).
  - ✓ Il est recommandé que le concepteur spécifie la classe des tolérances fonctionnelles (Classe 1 ou Classe 2).

## ➤ **Contrôles, essais et réparations (EN 1090-2 § 12)**

- ✓ Tous les contrôles et essais doivent être entrepris par rapport à un plan prédéterminé avec des modes opératoires documentés.
- ✓ Tous les contrôles, essais et réparations associées doivent être consignés.
- ✓ Produits constitutifs :
  - Tous les documents fournis avec les produits constitutifs doivent être vérifiés.
  - La traçabilité doit être vérifiée.
- ✓ Dimensions géométriques des composants manufacturés :
  - La géométrie des composants doit toujours être vérifiée.
  - La position et la fréquence des mesures doivent être spécifiées dans le programme de contrôles.

## ➤ **Contrôle des soudures**

- ✓ **Contrôle visuel** : toutes les soudures doivent être contrôlées visuellement sur toute leur longueur.
- ✓ **Essais non destructifs (CND) :**
  - Contrôle par ressuage (PT) : [EN 571-1](#).
  - Contrôle par magnétoscopie (MT) : [EN 1290](#).
  - Contrôle ultrasonore (UT) : [EN 1714](#) et [EN 1713](#).
  - Contrôle par radiographie (RT) : [EN 1435](#).
- ✓ Tous les essais doivent être réalisés par des inspecteurs CND de niveau 2 ([EN 473](#)).

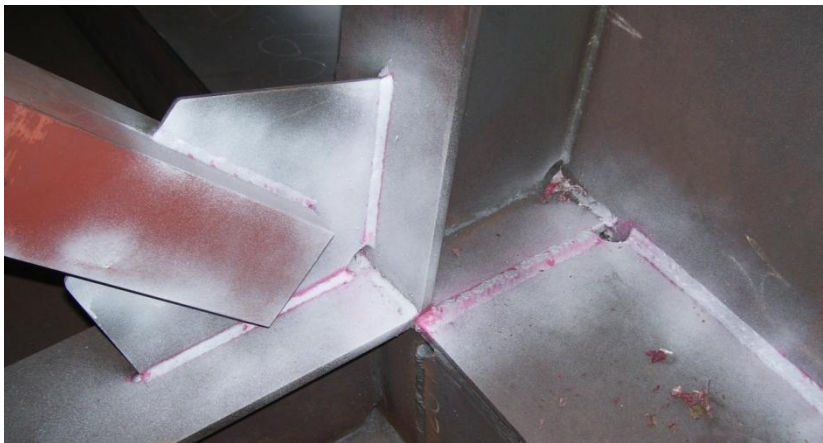
# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Soudures d'angle :

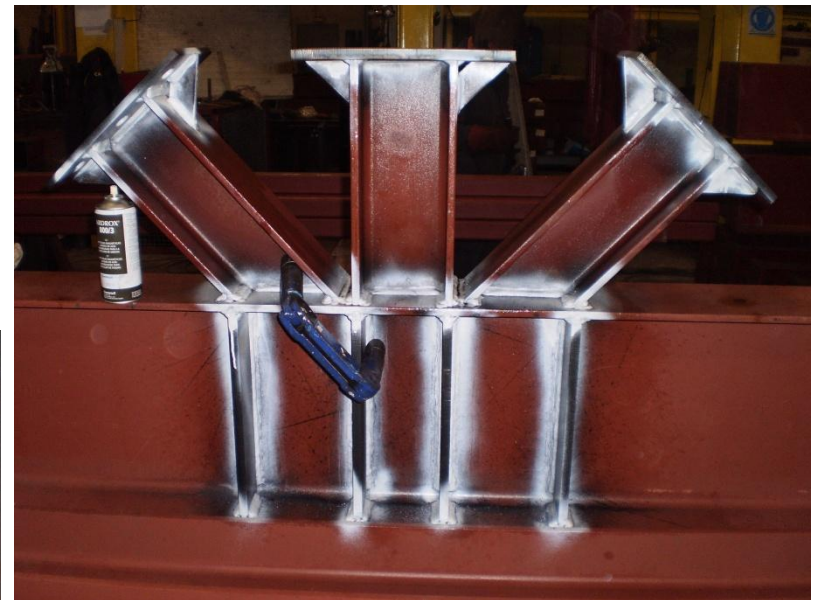
- ✓ Contrôle visuel (VI), contrôle dimensionnel (DC), contrôle par ressuage (PT) et par magnétoscopie (MT).



DC



PT



MT

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Soudures bout à bout :

- ✓ Contrôle visuel (VI), contrôle dimensionnel (DC) du pointage, contrôle ultrasonore (UT), contrôle par radiographie (RT).



DC



UT



# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Etendue du contrôle (NTD)

Tableau 24 — Étendue des CND supplémentaires

Type de soudure	Soudures d'atelier et de chantier		
	EXC2	EXC3	EXC4
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle dans les assemblages bout à bout soumis à une contrainte de traction :			
$U \geq 0,5$	10 %	20 %	100 %
$U < 0,5$	0 %	10 %	50 %
Soudures transversales bout à bout et soudures à pénétration partielle :			
dans les assemblages en croix	10 %	20 %	100 %
dans les assemblages en T	5 %	10 %	50 %
Soudures d'angle transversales en traction ou en cisaillement :			
Avec $a > 12$ mm ou $t > 20$ mm	5 %	10 %	20 %
Avec $a \leq 12$ mm et $t \leq 20$ mm	0 %	5 %	10 %
Soudures longitudinales et soudures de raidisseurs	0 %	5 %	10 %
NOTE 1 Les soudures longitudinales sont celles réalisées parallèlement à l'axe de l'élément. Toutes les autres sont considérées comme des soudures transversales.			
NOTE 2 $U$ = degré d'utilisation des soudures pour des actions quasi statiques. $U = E_d/R_d$ , où $E_d$ est l'effet d'action le plus grand de la soudure et $R_d$ est la résistance de la soudure dans l'état limite ultime.			
NOTE 3 Les termes $a$ et $t$ se rapportent respectivement à l'épaisseur de gorge et au matériau le plus épais en cours d'assemblage.			

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- CDN pour le départ de la production :
  - ✓ Pour les 5 premières attaches réalisées pour un nouveau DMOS, un contrôle plus strict est nécessaire :
    - Le niveau de qualité B est exigé.
    - Le % à contrôler doit être le double des valeurs du Tableau 24 (min. 5%, max. 100 %).
    - La longueur minimale à contrôler est de 900 mm.
  
- Correction des soudures :
  - ✓ EXC2, EXC3 et EXC4 : les réparations par soudage doivent être réalisées en accord avec des modes opératoires de soudage qualifiés et vérifiés.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

## ➤ Délais minimaux après soudage pour les CND :

Tableau 23 — Délais minimaux

Dimension de la soudure (mm) <sup>a</sup>	Energie de soudage Q (kJ/mm) <sup>b</sup>	Délai (heures) <sup>c</sup>	
		S235 à S420	S460 et au-dessus
$a$ ou $s \leq 6$	Toutes	Temps de refroidissement seulement	24
$6 < a$ or $s \leq 12$	$\leq 3$	8	24
	$> 3$	16	40
$a$ ou $s > 12$	$\leq 3$	16	40
	$> 3$	40	48

<sup>a</sup> La dimension s'applique à l'épaisseur de gorge nominale  $a$  d'une soudure d'angle ou à l'épaisseur nominale du matériau  $s$  d'une soudure à pleine pénétration. Pour les soudures en bout à pénétration partielle prises séparément, le critère déterminant est la hauteur nominale de soudure  $a$ , mais pour les paires de soudures en bout à pénétration partielle soudées simultanément, il s'agit de la somme des gorges de soudure  $a$ .

<sup>b</sup> Energie de soudage Q devant être calculée conformément à l'article 19 de l'EN 1011-1 : 1998.

<sup>c</sup> Le délai entre l'achèvement de la soudure et le début du CND doit être mentionné dans le rapport de CND. Dans le cas de « temps de refroidissement seulement », le CND ne commence que lorsque la soudure est suffisamment refroidie.



## ➤ **Contrôle des fixations mécaniques**

- ✓ Toutes les attaches avec fixations mécaniques doivent être examinées visuellement avant et après l'assemblage.
- ✓ Si les attaches comprennent des surfaces de frottement, ces dernières doivent être examinées visuellement juste avant l'assemblage.

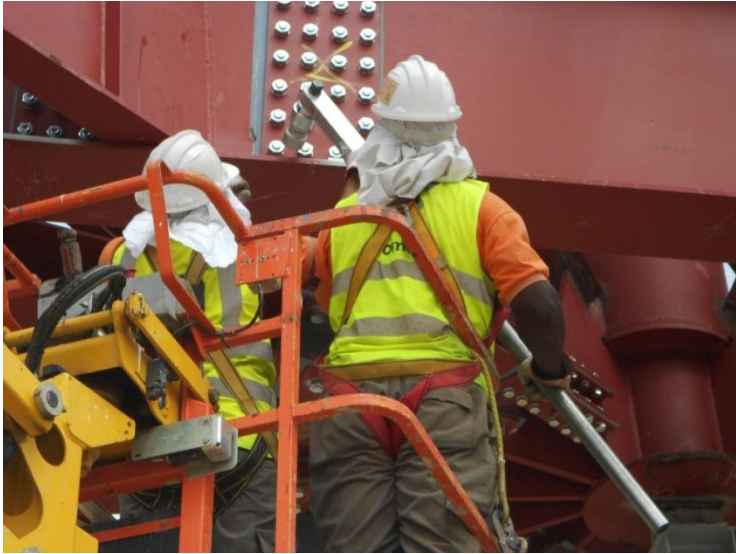
## ➤ **Contrôle des attaches par boulons précontraints**

- ✓ Le type de contrôle dépend de la méthode de serrage :
  - Méthode du couple : **EN 1090-2 § 12.5.2.4**
  - Méthode combinée : **EN 1090-2 § 12.5.2.5**
  - Méthode HRC : **EN 1090-2 § 12.5.2.6**
  - Méthode avec indicateur direct de précontrainte :  
**EN 1090-2 § 12.5.2.7**

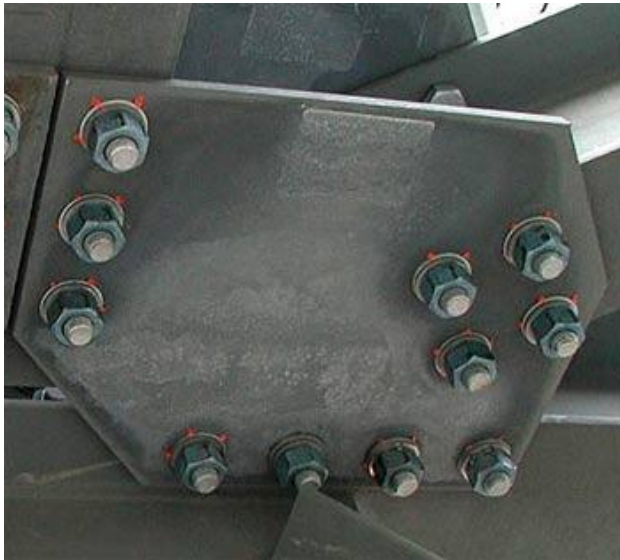
# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)

- Le nombre de boulons contrôlés dans l'ensemble d'une structure doit être :
  - ✓ EXC2 : 5 % pour la seconde phase de la méthode du couple, la méthode combinée et la méthode DTI.
  - ✓ EXC3, EXC4 : 5 % pour la première phase et 10 % pour la seconde phase de la méthode combinée.  
10 % pour la seconde phase de la méthode du couple et la méthode DTI.
- Selon l'EN 1090-2 § Annexe M, l'inspection doit être réalisée en utilisant un plan d'échantillonnage séquentiel.

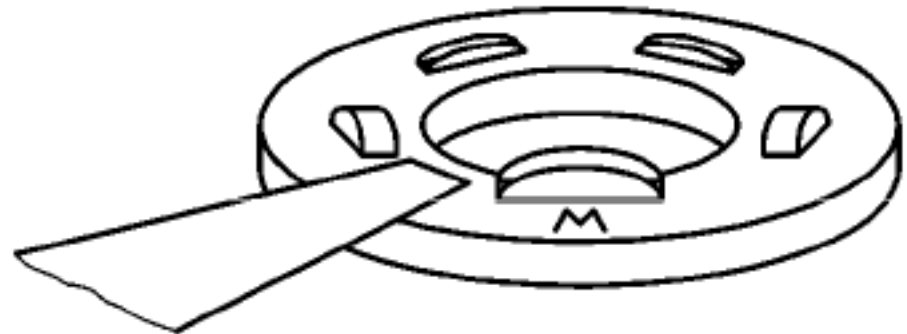
# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Méthode du couple avec clé dynamométrique

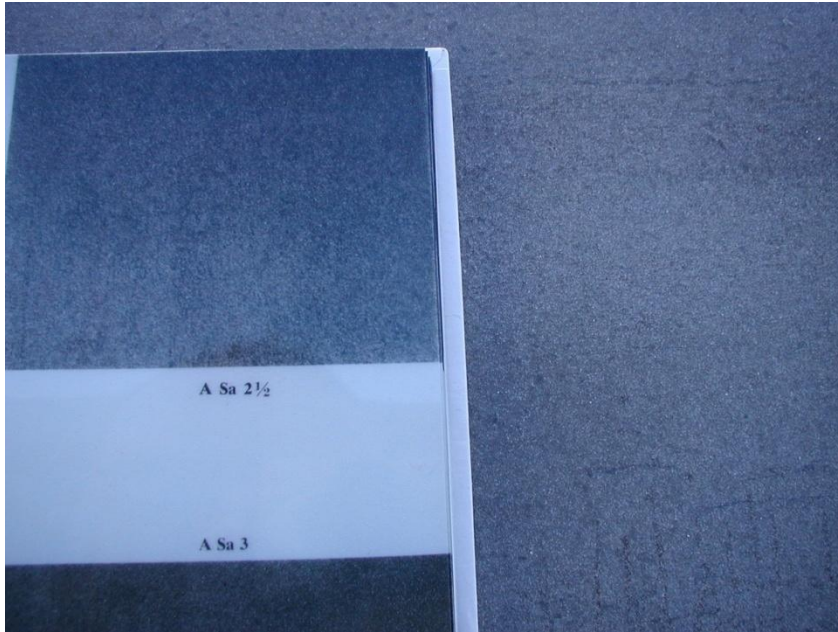


Contrôle de précontrainte avec rondelle DTI



- **Contrôle de la protection contre la corrosion** [EN 1090-2 § Annexe F](#)
  - ✓ Il convient de vérifier si les surfaces en acier qui doivent recevoir une protection contre la corrosion, possèdent une préparation correcte.
  - ✓ Mesures d'épaisseur :
    - Couche de revêtement de peinture : [EN ISO 19840](#) et [EN ISO 2808](#)
    - Revêtement métallique : [EN ISO 2063](#)
    - Galvanisation : [EN ISO 1461](#)
  - ✓ Système de peinture : des essais d'adhérence doivent être réalisés si le projet l'indique.

# FABRICATION ET EXÉCUTION (EN 1090-2)



Contrôle de la préparation de la surface de l'acier



Mesure d'épaisseur

## ➤ **Contrôle du montage**

- ✓ L'état de la structure montée doit être contrôlé pour repérer les éléments ayant subi une déformation ou des efforts excessifs, et pour s'assurer que toutes les fixations provisoires éventuelles ont été enlevées.
  
- ✓ Position géométrique des nœuds d'assemblages :
  - Un levé de la structure achevée doit être effectué.
  - EXC3 et EXC4 : l'examen doit être consigné.

# CONCLUSION



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

# CONCLUSION

- **La nouvelle norme européenne EN 1090 pour la fabrication et l'exécution sera obligatoire à partir de 2014.**
- **L'EN 1090-1 : donne les mode d'application du marquage CE pour les structures en acier.**
- **L'EN 1090-2 : définit, de manière exhaustive, les exigences techniques minimales pour la fabrication et l'exécution des structures en acier.**
- **Le choix de la classe d'exécution détermine le coût de la structure (il conditionne les méthodes de fabrication, le niveau des contrôles, etc.).**
- **L'EN 1090 exige une implication plus grande du concepteur au niveau de la fabrication, l'exécution et le contrôle qualité.**



# RÉFÉRENCES ET REMERCIEMENTS



Programme d'éducation  
et de formation  
tout au long de la vie

- **EN 1090** : Exécution des structures en acier et des structures en aluminium
  - ✓ Partie 1 : Exigences pour l'évaluation de la conformité des éléments structuraux.
  - ✓ Partie 2 : Exigence techniques pour les structures en acier.
- **EN 1990** – Eurocode 0 : Bases de calcul des structures.
- **EN ISO 5817** : Assemblages en acier, nickel, titane et leurs alliages soudés par fusion. Niveaux de qualité par rapport aux défauts.
- **EN ISO 12944** : Anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture.
- **ECCS TC 9. Guide to the CE Marking of Structural Steelwork.** 1<sup>ère</sup> édition, 2011. CECM – Convention Européenne de la Construction Métallique.

- **Rationing** (Société d'ingénierie) : [www.ratio-n-ing.com](http://www.ratio-n-ing.com)
- **Applus+** (Entreprise de contrôle qualité) : [www.applus.com](http://www.applus.com)
- **Groupe Salmeron** (constructeur métallique) : [www.gruposalmeron.com](http://www.gruposalmeron.com)
- **FATOR** (fabricant de boulons) : [www.tindsa.com](http://www.tindsa.com)
- **Applied Bolting** (fabricant de boulons) : [www.appliedbolting.com](http://www.appliedbolting.com)



# Programme d'éducation et de formation tout au long de la vie

Les modules de formation SKILLS ont été développés par un consortium d'organisations dont les logos apparaissent au bas de cette diapositive. Le matériel est placé sous une licence créative commune



Le projet a été financé avec le support de la Commission Européenne. Ce module reflète seulement l'opinion de ses auteurs et la Commission ne peut être tenue responsable pour toute utilisation qui peut être faite des informations qu'il contient.

