

GUIDE

# EXÉCUTION ET MISE EN ŒUVRE DES STRUCTURES MÉTALLIQUES SELON LA NORME NF EN 1090-2

CLASSE D'EXÉCUTION EXC 1

JUILLET 2021

● NEUF ● RÉNOVATION



# AVANT-PROPOS

## Programme PACTE

Le Programme d'Action pour la qualité de la Construction et la Transition Énergétique a pour objectif d'accompagner la montée en compétences des professionnels du bâtiment dans le champ de l'efficacité énergétique dans le but d'améliorer la qualité dans la construction et les travaux de rénovation.

Financé par les Pouvoirs publics, le programme PACTE s'attache depuis 2015 à favoriser le développement de la connaissance, la mise à disposition de référentiels techniques et d'outils pratiques modernes adaptés aux pratiques des professionnels et, à soutenir les territoires dans toutes leurs initiatives dans ce champ.

Les actions menées s'inscrivent dans la continuité des travaux de modernisation des Règles de l'art initiés dans le cadre du programme RAGE.

## Les Guides PACTE

Les Guides PACTE sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter. Ils n'ont pas vocation à se substituer aux textes de références en vigueur (NF, DTU, ATec ou DTA, etc.).

Retrouvez gratuitement la collection sur [www.programmepacte.fr](http://www.programmepacte.fr)

UNE COLLECTION  
**UNIQUE**



# SOMMAIRE

- 01 • Présentation du guide .....4**
- 02 • Fiches pratiques .....6**
- 03 • Cas-type d'ouvrage - parking .....45**
  - **Table des matières .....50**
  - **Table des fiches.....50**
  - **Table des tableaux .....51**
  - **Table des figures .....51**



VERSION	DATE DE LA PUBLICATION	MODIFICATIONS
<b>1</b>	Juillet 2021	Première version du document



## 1.1 Objectif du document

L'objectif du présent guide est d'aider les entreprises travaillant dans le domaine de la structure métallique à s'approprier la norme NF EN 1090-2 « Exécution des structures en acier – Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier » (Version 2018 + Complément National).

Cette norme est applicable dans deux cas :

- dans le cas où l'entreprise fabrique et/ou pose une structure métallique pour un projet dont les pièces de marché du projet considéré requièrent l'application de la norme NF EN 1090-2 ;
- dans le cas où l'entreprise fabrique et/ou pose une structure métallique pour un projet dont les pièces de marché du projet considéré ne spécifient pas d'autres référentiels.

### NOTE

*La norme NF EN 1090-2 s'applique aux structures en acier dans le cas où tout ou partie des produits constitutifs de la structure sont marqués CE suivant la norme harmonisée NF EN 1090-1.*

La rédaction du présent guide est spécifiquement orientée à destination des travaux de bâtiment. Les instructions spécifiques de la norme NF EN 1090-2 concernant les ouvrages de génie civil (ponts) ne sont pas détaillées dans le cadre du présent guide.

## 1.2 Domaine d'application de la norme NF EN 1090-2

La norme NF EN 1090-2 spécifie des exigences pour l'exécution des charpentes en acier considérées en tant que structures ou éléments de structure fabriqués à partir de :

- produits en acier de construction, laminés à chaud jusqu'à la nuance S700 incluse ;
- éléments et plaques formés à froid jusqu'à la nuance S700 incluse ;
- produits en acier inoxydable, austénitique, austéno-ferritique et ferritique, finis à chaud ou formés à froid ;
- profils creux de construction finis à chaud ou formés à froid, comprenant les produits normalisés, ceux laminés à la demande et ceux fabriqués par soudage.

Pour les éléments produits à partir de composants formés à froid et les profils creux de construction formés à froid qui relèvent du domaine d'application de la norme NF EN 1090-4, les exigences de la norme NF EN 1090-4 prévalent sur les exigences correspondantes de la norme NF EN 1090-2.

La NF EN 1090-2 peut être également utilisée pour les nuances d'acier de construction jusqu'à S960 incluse, sous réserve que les conditions d'exécution soient vérifiées au regard des critères de fiabilité et que toutes les exigences supplémentaires nécessaires soient spécifiées.

La NF EN 1090-2 fixe des exigences qui sont, généralement, indépendantes du type et de la forme de la structure en acier (par exemple, bâtiments, ponts, éléments en plaques ou en treillis, ...), y compris pour les structures soumises à la fatigue ou à des actions sismiques. Certaines exigences sont différenciées en termes de classes d'exécution.

La norme NF EN 1090-2 s'applique aux structures calculées selon la partie appropriée de la NF EN 1993. L'exécution des pieux, des palplanches et des micro-pieux calculés selon la NF EN 1993-5 doit être réalisée, respectivement, par référence à la NF EN 12063, à la NF EN 12699 et à la NF EN 14199. La norme NF EN 1090-2 n'est applicable qu'aux liernages, contreventements et assemblages.

La norme NF EN 1090-2 s'applique aux éléments en acier des structures mixtes acier-béton calculées selon la partie appropriée de la NF EN 1994.

La norme NF EN 1090-2 peut être utilisée pour des structures calculées selon d'autres règles de calcul, sous réserve que les conditions d'exécution soient conformes à ces règles et que toutes les exigences supplémentaires nécessaires soient spécifiées.

La norme NF EN 1090-2 contient les exigences relatives au soudage d'aciers d'armature sur des aciers de construction. Elle n'inclut pas d'exigences quant à l'utilisation des aciers d'armature pour des applications de béton armé.

## 1.3 Contexte normatif français dans lequel s'insère la NF EN 1090-2

Les instructions de la NF EN 1090-2 s'insèrent dans le contexte normatif français entre le NF DTU 32.1 Partie 1-1 « Travaux de bâtiment – Charpente en acier, Cahier des clauses techniques types » en amont et complément national à la NF EN 1090-2 en aval.

La partie 1-1 du NF DTU 32.1 précise les clauses techniques types qui doivent être, pour un projet donné, définies dans le cahier des charges d'exécution du projet. Ces clauses techniques renvoient aux prescriptions de la norme NF EN 1090-2.

Le complément national à la NF EN 1090-2 énonce des prescriptions complétant la NF EN 1090-2 sur des points particuliers et fournit des informations complémentaires destinées à faciliter son application en France.

## 1.4 Présentation du guide

Le présent guide, relatif à la classe d'exécution EXC1 comporte des fiches pratiques présentées sous forme de tableaux qui rappellent les exigences de la norme.

Un cas-type d'ouvrage est également détaillé à la fin du guide pour illustrer l'application de la norme. Dans la suite du document, les paragraphes cités entre parenthèses sont des références à la norme NF EN 1090-2.

# 02

## FICHES PRATIQUES



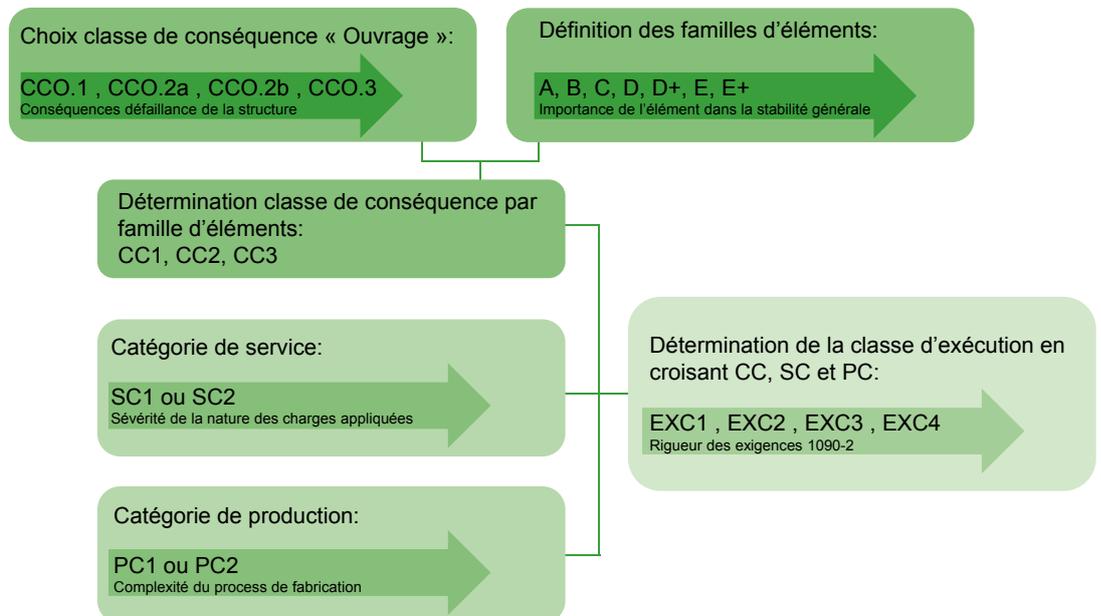
FICHE N° 1 – Les classes d'exécution.....	7
FICHE N° 2 – Le cahier des Charges d'Exécution .....	8
FICHE N° 3 – Gestion des approvisionnements.....	10
FICHE N° 4 – Opérations de formage, découpe et perçage .....	13
FICHE N° 5 – Assemblage .....	26
FICHE N° 6 – Soudage.....	31
FICHE N° 7 – Préparation et traitement des surfaces en vue d'une protection contre la corrosion .....	36
FICHE N° 8 – Montage .....	40

# FICHE N° 1 – LES CLASSES D'EXÉCUTION

Il existe 4 classes d'exécutions qui augmentent avec les exigences en termes de qualité et de traçabilité pour la réalisation de la structure (§4.1.2) :



Le choix de la classe d'exécution est réalisé en fonction de la destination de l'ouvrage, de la nature de l'élément considéré et du mode de production des éléments de la structure (§4.1.2).



## NOTA 1

Une classe d'exécution peut s'appliquer à l'ensemble de la structure, à une partie de la structure ou à des détails spécifiques.

## NOTA 2

La version précédente de la norme NF EN 1090-2 prévoyait l'application de la classe EXC2 par défaut, ce qui n'est plus le cas.

## NOTA 3

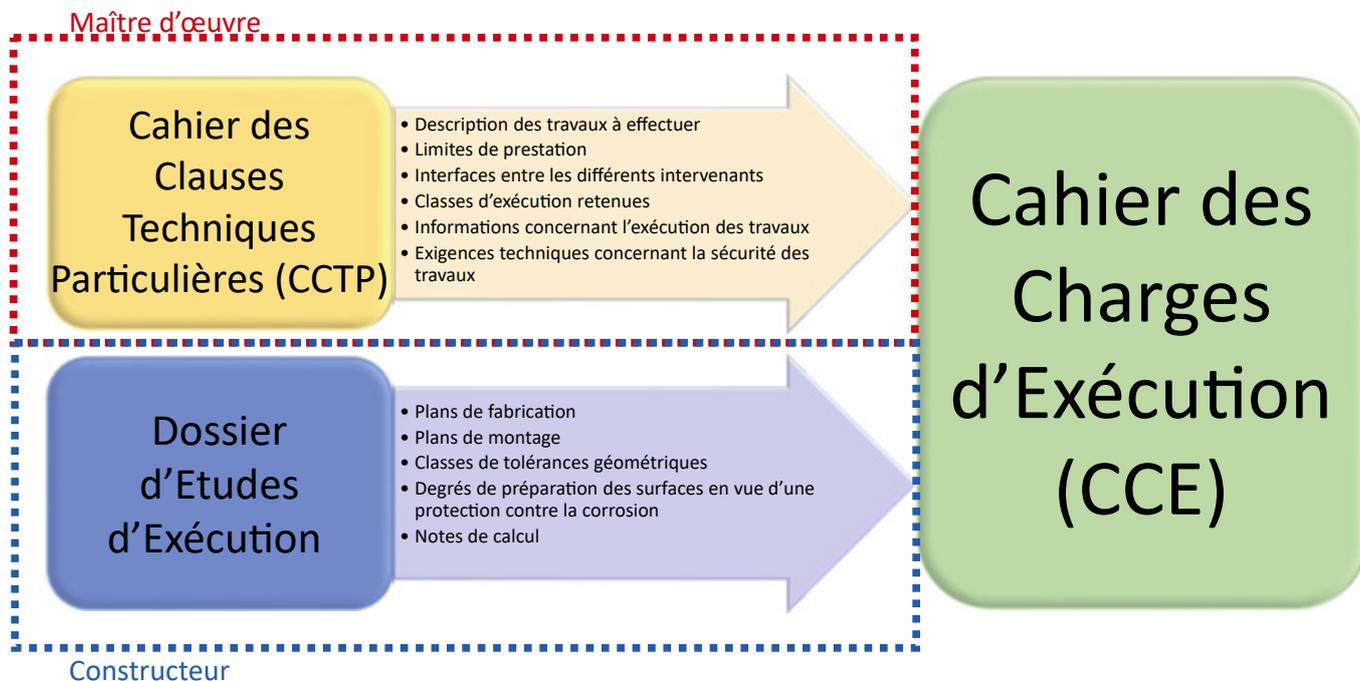
Le choix de la classe d'ouvrage au sens de ces instructions est du ressort du maître d'ouvrage.

## NOTA 4

L'établissement d'un **dossier qualité** n'est pas obligatoire en EXC1.

## FICHE N° 2 – LE CAHIER DES CHARGES D'EXÉCUTION

Le Cahier des charges d'Exécution (CCE) regroupe les exigences et les informations relatives à l'exécution et au contrôle des ouvrages (cf 1090-2 Article 4.1 et DTU 32 .1 Partie 1-1).



Le CCE précise également les dispositions prises pour enregistrer les documents de contrôles réalisés au cours de l'exécution pour une durée minimale de 10 ans (§C.2.3.4).

Le CCE doit également comporter (§C.2.2) :

- une **revue des spécifications**, dont l'objectif est de mettre en évidence les spécifications particulières au projet qui impliquent de la part de l'entreprise de prendre des mesures supplémentaires par rapport à sa pratique usuelle ;
- les **exigences techniques** concernant la sécurité des travaux de montage ;
- les **procédures de pré-réception du site** conduisant à sa conformité pour le démarrage des travaux de montage.

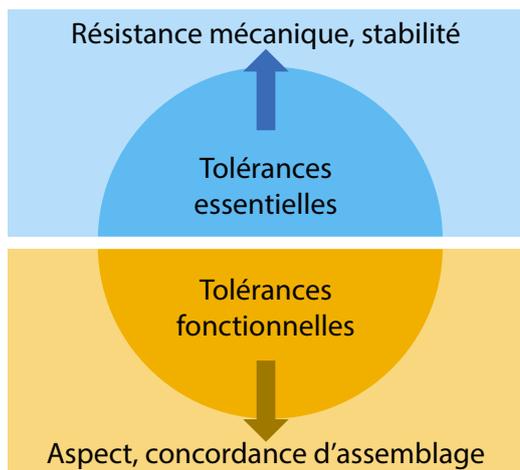
### Zoom sur... les classes de tolérances géométriques (§4.1.4 et §11)

Le CCE de l'ouvrage comporte les procédures de contrôle, d'essai et de correction nécessaires pour traiter les non-conformités concernant les tolérances géométriques des éléments fabriqués.

Deux types de tolérances géométriques sont définies :

- les tolérances essentielles dont dépendent la résistance mécanique et la stabilité de la structure terminée ;
- les tolérances fonctionnelles qui répondent à d'autres critères (bonne concordance d'assemblage, aspect...).

En général, des valeurs sont indiquées pour deux classes pour lesquelles la rigueur des exigences augmente de la classe 1 à la classe 2.



Lorsque le choix de la classe n'est pas spécifié, la classe de tolérance 1 s'applique.

#### Tolérances essentielles :

<b>Tolérances essentielles de fabrication</b>	Annexe B.2 de la NF EN 1090-2 (Version 2018)
<b>Tolérances essentielles de montage</b>	Article 11.2.3 de la NF EN 1090-2 (Version 2018)
<b>Incidence des imperfections :</b>	Les valeurs spécifiées sont des écarts autorisés. Lorsque l'écart réel dépasse la valeur autorisée, la valeur mesurée doit être traitée comme une non-conformité conformément à l'Article 12. Dans certains cas, il est possible que l'écart non conforme à une tolérance essentielle puisse être justifié comme conforme au calcul de la structure, si l'écart excessif est explicitement inclus dans un nouveau calcul. Sinon, la non-conformité doit être corrigée.

#### Tolérances fonctionnelles :

Les tolérances fonctionnelles exprimées en termes d'écarts géométriques acceptables doivent être conformes aux valeurs tabulées ci-dessous (sauf si des critères alternatifs sont précisés dans le CCE) :

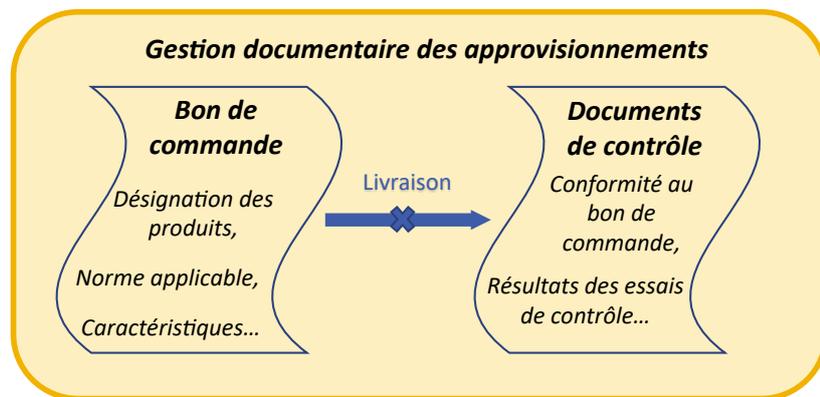
<b>Tolérances fonctionnelles de fabrication</b>	Annexe B.2 de la NF EN 1090-2 (Version 2018)
<b>Tolérances fonctionnelles de montage</b>	Annexe B.3 de la NF EN 1090-2 (Version 2018)
<b>Incidence des imperfections :</b>	Les valeurs spécifiées sont des écarts autorisés. Lorsque l'écart réel dépasse la valeur autorisée, la valeur mesurée doit être traitée comme une non-conformité conformément à l'Article 12.

## FICHE N° 3 — GESTION DES APPROVISIONNEMENTS

Dans la plupart des cas, les produits utilisés pour l'exécution de la structure sont conformes aux normes européennes listées dans la norme NF EN 1090-2. Cependant, des produits non conformes à ces normes peuvent être utilisés à condition de lister leurs propriétés spécifiques dans les documents d'approvisionnement.

### Zoom sur... la gestion documentaire des approvisionnements (§5.1)

Pour toutes les classes d'exécution, la gestion documentaire des approvisionnements s'appuie sur deux éléments : le bon de commande et les documents de contrôle fournis à la livraison.



Les propriétés des produits constitutifs fournis doivent être indiquées dans les documents de contrôle de façon à pouvoir les comparer aux propriétés spécifiées dans le bon de commande.

#### NOTE 1

*Dans le cas des aciers destinés à être soudés, les propriétés suivantes doivent être déclarées :*

- classification de l'acier considéré ;
- limite maximale pour le carbone équivalent de l'acier ou composition chimique avec le détail suffisant au calcul de son carbone équivalent.

#### NOTE 2

*En classe EXC1, il n'est pas obligatoire d'assurer la traçabilité des produits constitutifs à toutes les étapes jusqu'à la réception après incorporation dans l'ouvrage.*

### Bon de commande pour les aciers de construction (§5.3) :

Pour les aciers de construction, le **bon de commande** précisera :

- la désignation du produit (type, nuance, qualité) ;
- les conditions techniques de livraison ;
- la classe de tolérance d'épaisseur : Classe A, sauf spécification contraire ;
- les exigences relatives à l'état de surface :
  - pour les aciers au carbone : classe A1 pour les tôles et larges plats (NF EN 10163-2) ; classe C1 pour les profilés (NF EN 10163-3) ;
  - pour les aciers inox : tôles et bandes : conformément aux exigences de la NF EN 10088-4 ; barres, fils-machine et profilés : conformément aux exigences de la NF EN 10088-5.
- les caractéristiques supplémentaires éventuelles.

Documents de contrôle nécessaires pour l'approvisionnement en acier de construction (NF EN 1090-2, Tableau 1 et NF P 22-101-2/CN)

PRODUIT CONSTITUTIF	DOCUMENTS DE CONTRÔLE (NF EN 10204)
<b>Acier de construction selon NF EN 10025 de nuance ≤ S275 et qualité JR et JO</b>	Relevé de contrôle « type 2.2 »* : Document dans lequel le producteur déclare que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande et dans lequel il fournit des résultats d'essais basés sur un contrôle non spécifique <sup>a)</sup>
<b>Acier de construction selon NF EN 10025 de nuance &gt; S275 et qualité JR et JO en classe EXC1</b>	Relevé de contrôle « type 2.2 »*
<b>Acier de construction selon NF EN 10025 (autres cas)</b>	Certificat de réception « type 3.1 »* : Document dans lequel le producteur déclare que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande et dans lequel il fournit des résultats d'essais basés sur un contrôle spécifique <sup>b)</sup> .
<b>Acier inoxydable selon NF EN 10088 de limite d'élasticité à 0,2 % min ≤ 240 MPa</b>	Relevé de contrôle « type 2.2 »
<b>Acier inoxydable selon NF EN 10088 de limite d'élasticité à 0,2 % min &gt; 240 MPa</b>	Certificat de réception « type 3.1 »

\* Des documents de contrôle de type 3.1 sont nécessaires dans le cas des produits destinés à être galvanisés à chaud afin de garantir leur teneur en Si et P.

a) contrôle non spécifique : contrôle réalisé par le producteur conformément à ses propres procédures pour évaluer si les produits définis par la même spécification de produit et élaborés suivant le même procédé de fabrication satisfont aux prescriptions de la commande ou non. Les produits contrôlés ne sont pas nécessairement les produits effectivement livrés.

b) contrôle spécifique : contrôle réalisé, avant livraison, conformément à la spécification de produit sur les produits à livrer ou sur des unités de contrôle dont les produits livrés font partie, de manière à vérifier si ces produits sont conformes aux prescriptions de la commande.

### Bon de commande pour les consommables de soudage (§5.5) :

Le bon de commande précisera :

- la norme de produits appropriée ;
- le type de produits consommables, lequel doit être adapté au procédé de soudage, au matériau à souder et au mode opératoire de soudage.

Pour le soudage d'un acier conforme à la NF EN 10025-5, on doit utiliser des produits consommables permettant de garantir que les soudures finies auront une résistance à la corrosion atmosphérique au moins équivalente à celle du métal de base.

Documents de contrôle nécessaires pour l'approvisionnement en consommables pour le soudage (NF EN 1090-2 §5.5 et NF EN 10204)

Les documents de contrôle fournis à l'acheteur sont :

PRODUIT CONSTITUTIF	DOCUMENTS DE CONTRÔLE (NF EN 10204)
<b>Produits consommables pour le soudage</b>	Relevé de contrôle « type 2.2 » : Document dans lequel le producteur déclare que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande et dans lequel il fournit des résultats d'essais basés sur un contrôle non spécifique <sup>a)</sup>

a) contrôle non spécifique : contrôle réalisé par le producteur conformément à ses propres procédures pour évaluer si les produits définis par la même spécification de produit et élaborés suivant le même procédé de fabrication satisfont aux prescriptions de la commande ou non. Les produits contrôlés ne sont pas nécessairement les produits effectivement livrés.

### Bon de commande pour les fixations (§5.6) :

Pour les fixations, le **bon de commande** précisera :

- la désignation du produit ;
- la norme produit appropriée ;
- pour les boulons de construction (EN 15048) : la classe de qualité des vis et des écrous et le revêtement éventuel ;
- pour les cales obliques : dimensions de la forme.

Documents de contrôle nécessaires pour l'approvisionnement en fixations (1090-2, Tableau 1 et NF P 22-101-2/CN)

PRODUIT CONSTITUTIF	DOCUMENTS DE CONTRÔLE (NF EN 10204 OU EN ISO 16228)
<b>Boulons de construction conformes à la NF EN 14399 en utilisation non précontrainte</b>	Déclaration de conformité à la commande « type 2.1 » : Document dans lequel le producteur déclare que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande, qui ne comporte pas de résultats d'essai.
<b>Boulons de construction conformes à la NF EN 15048</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Boulons non précontraints de diamètre 8 à 10 mm</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Boulons non précontraints de diamètre supérieur à 36 mm</b>	Certificat de réception « type 3.1 » : Document dans lequel le producteur déclare que les produits livrés sont conformes aux prescriptions de la commande et dans lequel il fournit des résultats d'essais basés sur un contrôle spécifique <sup>a)</sup> .
<b>Autres produits de boulonnerie de diamètre ≤ 16 mm</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Autres produits de boulonnerie de diamètre &gt; 16 mm</b>	Certificat de réception « type 3.1 »
<b>Tiges filetées selon NF E 25-136 de diamètre ≤ 20 mm</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Tiges filetées selon NF E 25-136 de diamètre &gt; 20 mm</b>	Certificat de réception « type 3.1 »
<b>Rondelles pour application non précontrainte</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Vis autotaraudeuses et autoperceuses et rivets aveugles</b>	Attestation de conformité à la commande « type 2.1 »
<b>Goujons pour soudage à l'arc</b>	Certificat de réception « type 3.1 »

*a) contrôle spécifique : contrôle réalisé, avant livraison, conformément à la spécification de produit sur les produits à livrer ou sur des unités de contrôle dont les produits livrés font partie, de manière à vérifier si ces produits sont conformes aux prescriptions de la commande.*

*NB : Des documents de contrôle type 3.2 sont également adaptés lorsque le tableau ci-dessus fait référence à des documents de contrôle de type 3.1.*

## FICHE N° 4 — OPÉRATIONS DE FORMAGE, DÉCOUPE ET PERÇAGE

La géométrie visée pour chaque pièce peut être obtenue par différentes opérations de formage (pliage, pressage ou chauffe de retrait), découpe et/ou perçage.

### LE FORMAGE

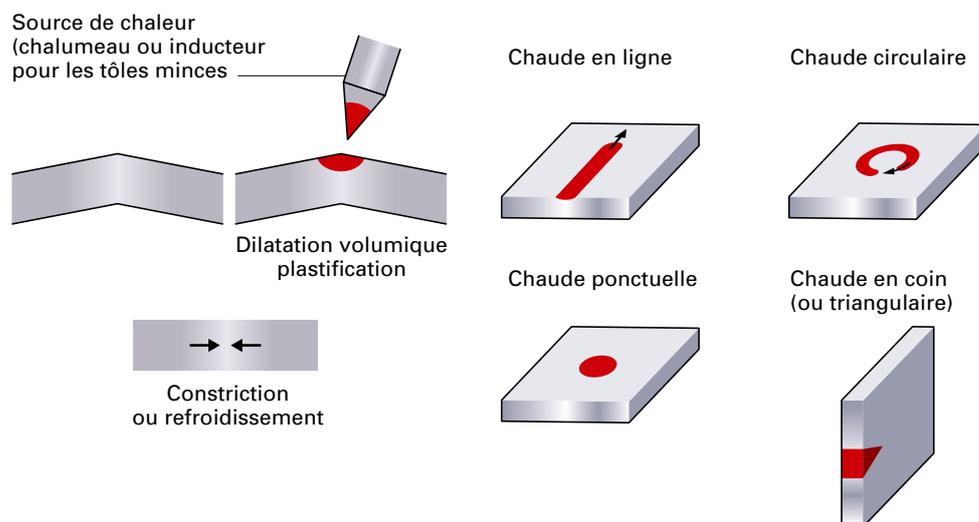
Le formage peut être réalisé à chaud ou à froid.

Dans le cadre du présent guide, la méthode de formage à chaud décrite est la chauffe de retrait.

Pour le formage à froid, le profilage, le pressage ou le pliage peuvent être utilisés.

#### Zoom sur ... la chauffe de retrait

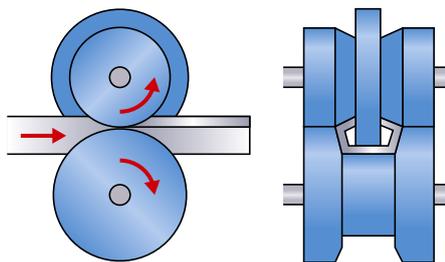
La chauffe de retrait est une méthode qui consiste à chauffer rapidement une zone localisée d'une pièce à corriger pour la redresser. Le chauffage étant très rapide, l'acier n'a pas le temps de se dilater. En revanche, au refroidissement, l'acier se contracte et la pièce se redresse.



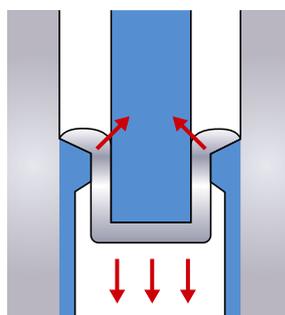
L'utilisation de la méthode des chaudes de retrait est déconseillée avec les aciers inoxydables.

## Zoom sur ... le formage à froid

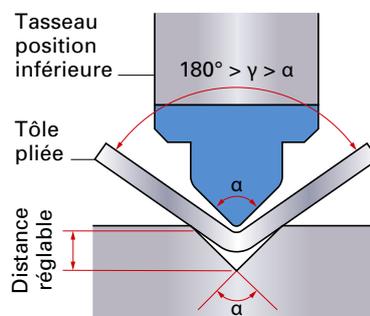
Le **formage à froid** de l'acier recouvre les techniques de **profilage**, **pressage** et **pliage** :



Le **profilage** consiste à réaliser un profilé métallique à partir d'une bande de métal en faisant passer cette dernière entre des têtes de profilages (appelées « galets ») qui vont la déformer jusqu'à lui donner la forme voulue.



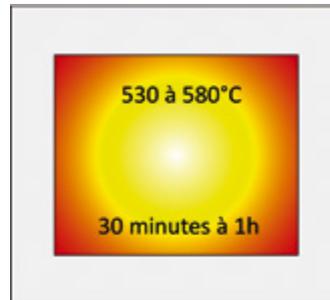
Le **pressage** consiste à emboutir une tôle plane à l'aide d'une presse comportant une matrice supérieure et une matrice inférieure épousant la forme voulue.



Le **pliage** consiste à déformer une plaque d'acier à l'aide d'une presse plieuse comportant une matrice en V et un poinçon.

**NOTA 1****Traitement thermique de relaxation des contraintes / recuit de détente (§6.5.4)**

Le formage à froid consiste en une déformation plastique du matériau qui génère des contraintes résiduelles dans l'élément métallique. Pour minimiser celles-ci et éviter une déformation ultérieure de l'élément, il est possible de soumettre le matériau à un traitement thermique de relaxation des contraintes :



Pour les aciers au carbone ou alliés de nuances supérieures à S355, l'acier est chauffé à une température comprise entre 530°C et 580°C pendant une durée comprise entre 30 minutes et 1 heure

Le refroidissement de la pièce doit être lent (refroidissement à l'air).



**Attention, un chauffage à plus de 580°C ou pendant plus de 1h peut entraîner une dégradation des caractéristiques mécaniques du matériau.**

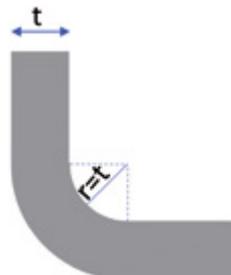
**NOTA 2****Pliage des aciers inoxydables (§6.5.4)**

■ Pour les aciers inoxydables recuits d'épaisseur inférieure ou égale à 3 mm :

- nuances austénitiques :  
rayon de pliage  $r = 0$



- nuances ferritiques et austéno-ferritiques :  
rayon de pliage  $r = t$   
avec  $t$  l'épaisseur de l'élément à plier

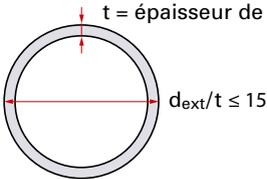
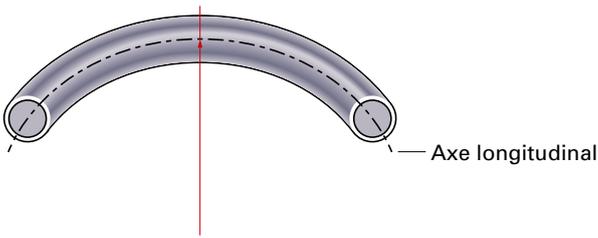
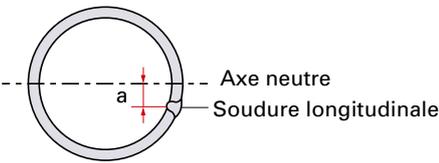


- Pour les autres nuances ou pour les épaisseurs supérieures à 3 mm :  
 $r \geq (4,2 - A5/10) \cdot t$   
 où  
*A5 est l'allongement minimal à la rupture, en pourcentage (donné par les normes de la série EN 10088) avec  $A5 \leq 42\%$  ;*  
 et  
*t est l'épaisseur de l'élément à plier.*  
*Si la valeur A5 est plus faible dans la direction transversale, c'est cette valeur (la plus faible) qui doit être utilisée dans la formule.*

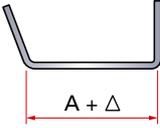
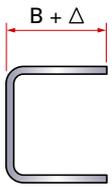
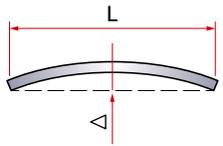
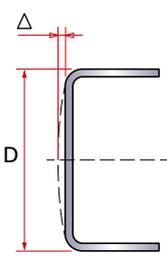
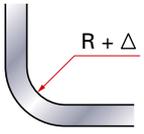
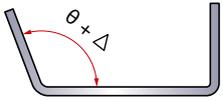
### NOTA 3

#### Cintrage à froid des profils creux circulaires (§6.5.4)

Pour éviter de modifier les caractéristiques du profil, il est nécessaire de respecter les trois conditions suivantes :

<p>- Le rapport <math>d_{\text{ext}}/t</math> doit être inférieur à 15            Avec :  <math>d_{\text{ext}}</math> = le diamètre extérieur du profil ;            et  <math>t</math> = l'épaisseur de paroi.</p>	
<p>- le rayon de courbure (mesuré à l'axe longitudinal du tube) est supérieur au maximum des deux valeurs suivantes :  <math>1,5 d</math> ou <math>d + 100 \text{ mm}</math>            Avec <math>d</math> le diamètre extérieur du profil creux</p>	
<p>- la soudure longitudinale de la section transversale doit être située le plus près possible de l'axe neutre afin de réduire les contraintes de flexion au droit de cette soudure.</p>	

## Tolérances de fabrication formage à froid (Annexe B)

CRITÈRE	PARAMÈTRE	TOLÉRANCES ESSENTIELLES		TOLÉRANCES FONCTIONNELLES	
		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$	
		CLASSES 1 ET 2		CLASSE 1	CLASSE 2
Largeur de paroi interne : 	Largeur $A$ entre plis (élément d'épaisseur $t$ ) : $T < 3$ mm : Longueur $< 7$ m Longueur $\geq 7$ m	$-\Delta = A/50$ (noter le signe moins)	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3 / +5$ mm	$\pm 2$ mm $-2 / +4$ mm	
	$t \geq 3$ mm : Longueur $< 7$ m Longueur $\geq 7$ m		$\Delta = \pm 5$ mm $\Delta = -5 / +9$ mm	$\Delta = \pm 3$ mm $\Delta = -3 / +6$ mm	
Largeur de paroi en console : 	Largeur $B$ entre un pli et un bord libre (élément d'épaisseur $t$ ) : Bord brut : $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm	$-\Delta = B/80$ (noter le signe moins)	$\Delta = -3 / +6$ mm $\Delta = -5 / +7$ mm	$\Delta = -2 / +4$ mm $\Delta = -3 / +5$ mm	
	Bord cisailé : $t < 3$ mm $t \geq 3$ mm		$\Delta = -2 / +5$ mm $\Delta = -3 / +6$ mm	$\Delta = -1 / +3$ mm $\Delta = -2 / +4$ mm	
Rectitude pour l'élément utilisé sans maintien : 	Écart de rectitude $\Delta$ :	$\Delta = \pm L/1000$	Pas d'exigence	Pas d'exigence	
Planéité : 	Convexité ou concavité :	Pas d'exigence	$\Delta = \pm D/50$	$\Delta = \pm D/100$	
Rayon de courbure : 	Rayon intérieur de pliage $R$ :	Pas d'exigence	$\Delta = \pm 2$ mm	$\Delta = \pm 1$ mm	
Forme : 	Angle $\theta$ entre parois adjacentes :	Pas d'exigence	$\Delta = \pm 3^\circ$	$\Delta = \pm 2^\circ$	

## LE COUPAGE

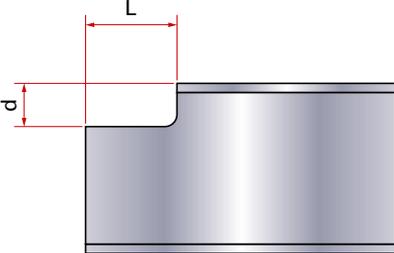
Il existe différentes opérations de coupage :

- les opérations de coupage mécanique par cisaillement (cisailage, poinçonnage...);
- les opérations de coupage mécanique par arrachement de matière (sciage, tronçonnage...);
- le coupage par jet d'eau;
- le coupage thermique (oxycoupage...).

**Exigences sur la surface de coupe (§6.4.2 et §6.4.3) :**

- pour le coupage mécanique : la surface des chants découpés doit être vérifiée visuellement et les éventuels défauts significatifs doivent être éliminés. Si un meulage ou un usinage est pratiqué après coupage mécanique, la profondeur minimale de meulage ou d'usinage doit être de 0,5 mm ;
- pour le coupage thermique ou par jet d'eau : la surface du chant coupé doit être vérifiée visuellement. Le chant doit être exempt d'irrégularités importantes et toute scorie doit être éliminée.

Tolérances de fabrication des découpes (Annexe B)

CRITÈRE	PARAMÈTRE	TOLÉRANCES ESSENTIELLES		TOLÉRANCES FONCTIONNELLES	
		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$	
		CLASSES 1 ET 2		CLASSE 1	CLASSE 2
Grugeages : 	Profondeur d	Pas d'exigence		$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 2 \text{ mm}$
	Longueur L			$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0 \text{ mm}$ $+\Delta \leq 2 \text{ mm}$
Longueur des éléments :	Longueur de coupe mesurée sur l'axe central (ou sur l'angle pour une cornière)	Pas de tolérance essentielle spécifiée.		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
Équerrage des chants de coupe :	Écart $\Delta$ d'un chant de coupe par rapport à 90°	Pas de tolérance essentielle spécifiée.		$\Delta = \pm 0,05t$	$\Delta = \pm 0,05 t$

**Zoom sur ... le coupage thermique de type oxycoupage**

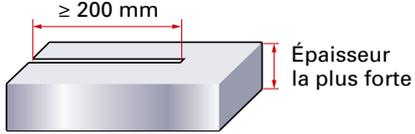
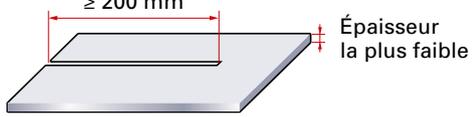
En pratique, le coupage thermique manuel ne doit être envisagé que si les opérations de coupage mécaniques sont impossibles.

Dans le cadre de ce guide, on s'intéresse uniquement au coupage thermique de type oxycoupage (découpe par déplacement d'un jet d'oxygène pur). L'oxycoupage peut être manuel ou automatisé (dans ce dernier cas, une vérification annuelle est requise – voir nota ci-après).

L'oxycoupage n'est généralement pas adapté à la découpe de l'acier inoxydable.

**NOTA 4****Principe de la vérification annuelle de l'aptitude d'un procédé d'oxycoupage automatisé (§6.4.3)**

Quatre échantillons sont découpés dans le matériau visé, comme suit :

<p>a) une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus forte épaisseur ;</p> 	<p>b) une coupe droite dans le produit constitutif présentant la plus faible épaisseur ;</p> 
<p>c) un angle saillant dans une épaisseur représentative ;</p> 	<p>d) un arc de cercle dans une épaisseur représentative.</p> 

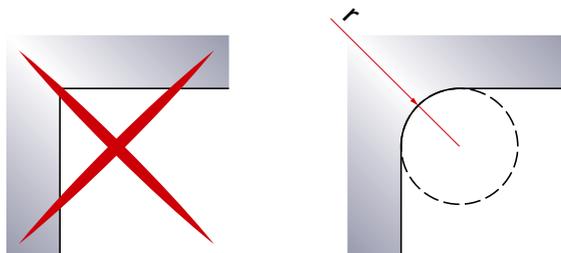
Un contrôle est effectué sur les échantillons a) et b) sur la longueur de coupe de 200 mm, et comparées à la qualité requise pour la surface de coupe.

L'échantillon c) [angle saillant] et l'échantillon d) [arc de cercle] sont contrôlés visuellement pour vérifier que leurs bords présentent une qualité équivalente à celle des échantillons droits.

L'objectif de ces contrôles est de vérifier que les chants coupés sont exempts d'irrégularités importantes ou de scories.

**Zoom sur... les découpes dans les angles (§6.7)**

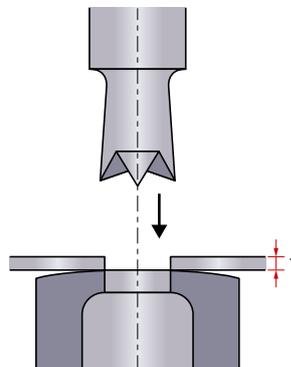
Les angles rentrants et les grugeages doivent être arrondis avec un rayon minimal  $r$  de 5 mm.



### Zoom sur... la découpe par poinçonnage (§6.7)

Sauf spécification contraire, les découpes obtenues par poinçonnage sont autorisées.

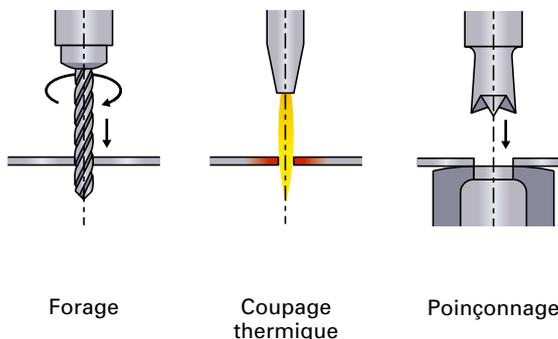
Dans ce cas et pour des plaques d'épaisseur  $t$  supérieure à 16 mm, les parties déformées des matériaux doivent être éliminées par meulage.



### LE PERÇAGE

Les trous peuvent être obtenus par tout procédé tel que forage, poinçonnage ou coupage thermique (§6.6.1) ; à condition que celui-ci laisse un trou fini tel que :

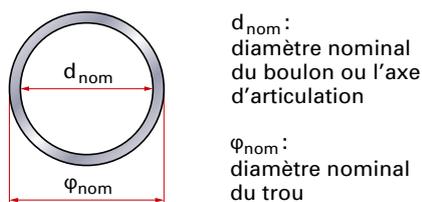
- les exigences sur la surface de coupe (telles que décrites dans cette fiche) soient respectées ;
- les trous destinés à être alignés pour permettre le passage d'une fixation ou d'un axe d'articulation coïncident correctement les uns avec les autres.



#### NOTA 5

*Le poinçonnage est autorisé uniquement si l'épaisseur nominale de l'élément à percer est inférieure à 1,4 fois le diamètre nominal du trou (ou 1,4 fois sa dimension minimale si le trou est oblong).*

#### Cas des trous ronds (§6.6.1) :



Définition du jeu nominal :

$$\varphi_{nom} - d_{nom}$$

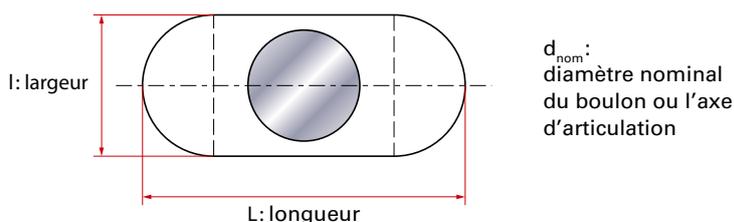
## Jeux nominaux :

$d_{nom}$ (mm)	TROU ROND NORMAL	TROU SURDIMENSIONNÉ
	$\phi_{nom}$ (mm)	$\phi_{nom}$ (mm)
8	9	11
10	11	13
12	13 <sup>a)</sup>	15
14	15 <sup>a)</sup>	17
16	18	20
18	20	22
20	22	24
22	24	26
24	26	30
27	30	35
30	33	38
33	36	41
36	39	44

a) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés du revêtement.

b) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés de 1 mm en respectant la clause 3.6.1(5) de la NF EN 1993-1-8 ou en présence de boulons à tête fraisée

## Cas des trous oblongs (§6.6.1) :

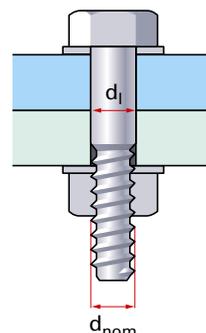
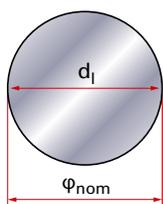


## Jeux nominaux :

$d_{nom}$ (mm)	TROU OBLONG COURT		TROU OBLONG LONG	
	LARGEUR (mm)	LONGUEUR (mm)	LARGEUR (mm)	LONGUEUR (mm)
12	13 <sup>a)</sup>	16	13 <sup>a)</sup>	30
14	15 <sup>a)</sup>	18	15 <sup>a)</sup>	35
16	18	22	18	40
18	20	24	20	45
20	22	26	22	50
22	24	28	24	55
24	26	32	26	60
27	30	37	30	67,5
30	33	40	33	75
33	36	43	36	82,5
36	39	46	39	90

a) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés du revêtement

b) Le diamètre ou la largeur peuvent être augmentés de 1 mm en respectant la clause 3.6.1(5) de la NF EN 1993-1-8 ou en présence de boulons à tête fraisée  
Les trous oblongs destinés à recevoir des boulons de diamètre 8 ou 10mm ne sont pas visés par la norme NF EN 1090-2 ni par son complément national.

**Cas des boulons ajustés (§6.6.1)**

$\varphi_{nom}$  : diamètre nominal du trou (en mm)

$d_l$  : diamètre de la partie lisse du boulon (en mm)

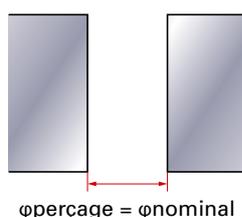
$d_{nom}$  : diamètre nominal de la tige filettée (en mm)

Dans le cas de boulons ajustés, le diamètre nominal du trou doit être égal au diamètre de la partie lisse de la tige de la vis.

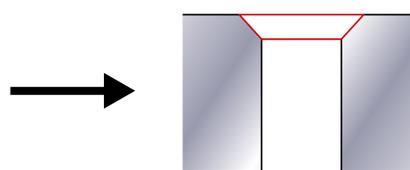
$$\varphi_{nom} = d_l$$

**NOTE**

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

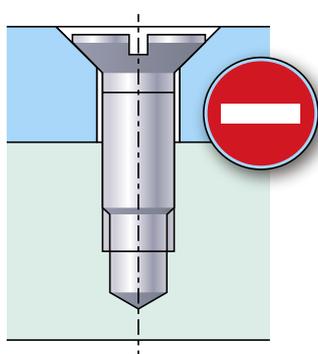
**Cas des vis ou rivets à tête fraisée (§6.6.1) :**

1 - Perçage du trou

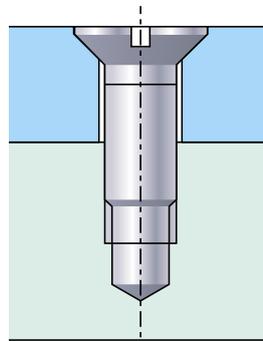


2 - Réalisation de la fraisure

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



Tête fraisée noyée



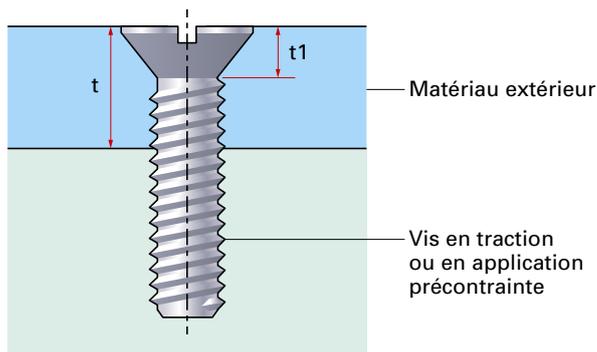
Tête fraisée affleurante



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

**NOTE**

Ces 2 mm sont destinés à pallier les tolérances défavorables.



$$t1 \leq t - 2 \text{ mm}$$

avec:

t1: profondeur nominale de la fraisure

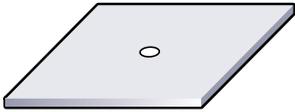
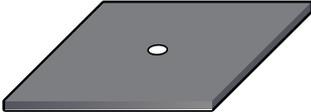
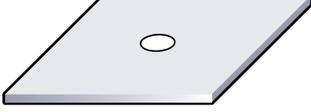
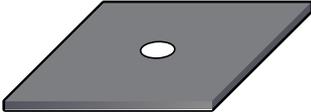
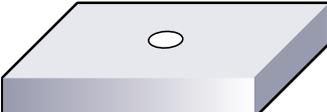
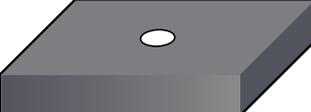
t: épaisseur du matériau extérieur

Tolérances de perçage (Annexe B) :

CRITÈRE	PARAMÈTRE	TOLÉRANCES ESSENTIELLES		TOLÉRANCES FONCTIONNELLES	
		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$		ÉCART AUTORISÉ $\Delta$	
		CLASSES 1 ET 2		CLASSE 1	CLASSE 2
Position des trous pour fixations : 	Écart $\Delta$ de l'axe d'un trou isolé par rapport à sa position prévue au sein d'un groupe de trous :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
Position des trous pour fixations : 	Écart $\Delta$ de distance a entre un trou isolé de diamètre $d_0$ et l'extrémité de coupe : si $a < 3 d_0$ si $a \geq 3 d_0$	$-\Delta = 0$		$-\Delta = 0$ $+\Delta = 3 \text{ mm}$	$-\Delta = 0$ $+\Delta = 2 \text{ mm}$
Position du groupe de trous : 	Écart $\Delta$ d'un groupe de trous par rapport à sa position prévue :	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
Espacement des groupes de trous : 	Écart $\Delta$ de l'espacement c entre les centres des groupes de trous : - cas général : - lorsqu'une pièce unique est raccordée par deux groupes de fixations :	Pas d'exigence		$\Delta = \pm 5 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$
Vrillage d'un groupe de trous : 	Vrillage $\Delta$ : - si $h \leq 1000 \text{ mm}$ - si $h > 1000 \text{ mm}$	Pas d'exigence		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 1 \text{ mm}$
		Pas d'exigence		$\Delta = \pm 4 \text{ mm}$	$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$

**NOTA 6****Principe de la vérification annuelle de l'aptitude d'un procédé de perçage (§6.6.3)**

a) Réalisation d'un nombre représentatif d'échantillons de perçage couvrant la gamme des diamètres de trous, des épaisseurs des éléments à percer et des nuances d'acier visés ;

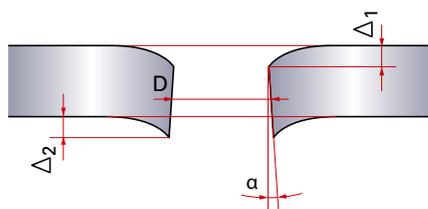
DIAMÈTRE DU TROU	EPAISSEUR DE LA TÔLE	NUANCES D'ACIER	EPROUVETTES
Min	Min	Min	
		Max	
	Max	Min	
		Max	
Max	Min	Min	
		Max	
	Max	Min	
		Max	

b) Vérification des dimensions des trous aux deux extrémités (de chaque trou) à l'aide de calibres entre/n'entre pas ou par toute autre méthode adaptée.

Les diamètres des trous doivent satisfaire aux tolérances suivantes :

- trous pour boulons et axes d'articulation ajustés : classe H11 selon la NF EN ISO 286-2 ;
- autres trous :  $\pm 0,5$  mm.

**Exigences supplémentaires pour les trous obtenus par poinçonnage ou coupage thermique (§6.6.3) :**



Légende:

$\alpha$  Angle de dépouille

$\Delta_1, \Delta_2$  Bavures

D Diamètre nominal

---


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

- $\alpha \leq 4^\circ$  (c'est-à-dire 7 %) ;
- $\max(\Delta_1, \Delta_2) \leq \max(D/10, 2 \text{ mm})$  ;
- au niveau des éclisses/couvre-joints, les trous effectués dans des surfaces en contact doivent être poinçonnés dans la même direction pour tous les éléments.

## FICHE N° 5 – ASSEMBLAGE

### Contrôle préalable de la faisabilité de l'assemblage (§6.10) :

Le contrôle préalable de la concordance du positionnement des points d'assemblage peut être réalisé suivant trois méthodes :

- utilisation de gabarits ;
- mesurages précis dans les trois dimensions des points de connexion ;
- montage à blanc (assemblage d'une partie suffisante des éléments de la structure pour vérifier la faisabilité de l'assemblage).

En pratique, la méthode du montage à blanc sera réservée aux cas où l'utilisation de gabarits ou le mesurage est impossible.

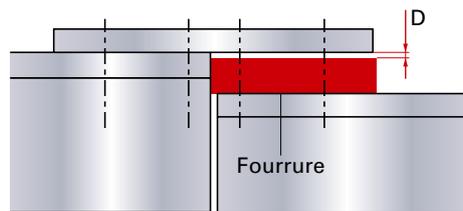
Lors de l'assemblage, un soin particulier doit être apporté au respect des tolérances spécifiées (§6.9).

De plus, les précautions nécessaires doivent être prises pour éviter la corrosion galvanique produite par contact entre matériaux métalliques différents (par exemple : acier inoxydable / acier galvanisé).

### NOTA 1

#### Gestion de la différence d'épaisseur des éléments d'un assemblage (§8.1)

- Les éléments faisant partie d'un même assemblage doivent avoir une épaisseur similaire (la différence d'épaisseur des éléments d'un même assemblage  $D$  doit être  $\leq 2$  mm).



- L'utilisation de fourrures métalliques peut être nécessaire pour que la différence d'épaisseur respecte le critère précité. Dans ce cas, l'épaisseur de la fourrure doit être  $\geq 1$  mm.

L'épaisseur des fourrures doit être choisie de manière à limiter le nombre de fourrures à 3 au maximum.

### Zoom sur... les assemblages boulonnés (§8.2)

Un boulon est constitué d'une vis avec un écrou (et éventuellement une ou des rondelles).

Dans le cas général, les vis et les écrous ne doivent pas être soudés.

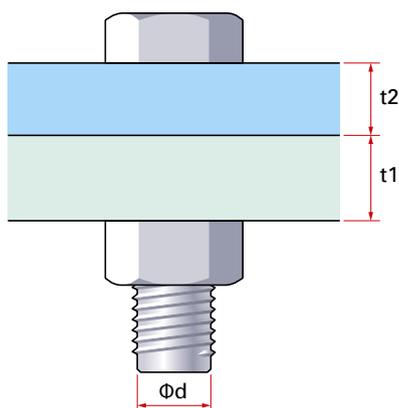
Pour mémoire, il existe deux types d'assemblages boulonnés :

- les boulons non précontraints sont serrés avec une clé ordinaire. Les efforts de glissement sont repris par cisaillement de la tige. Rien n'est imposé sur le coefficient de frottement des surfaces composant l'assemblage ;
- les boulons précontraints doivent être serrés à la clé dynamométrique ou à l'aide d'une visseuse spécifique. Ces boulons étant serrés fortement, les efforts de glissement sont repris par adhérence entre les pièces à assembler. Ces boulons ne travaillent donc qu'en traction. Des conditions sont imposées sur le coefficient de frottement des surfaces composant l'assemblage.

Les boulons précontraints ne sont pas décrits dans le cadre du présent guide.

a) Vis :

Le diamètre nominal de la boulonnerie doit généralement être au moins M12.



$\Phi_d$  : diamètre nominal de la vis

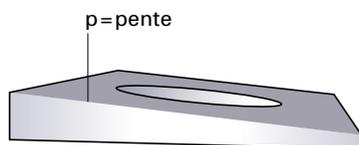
$\Phi_d \geq 12 \text{ mm}$

b) Écrous :

- vérification à effectuer en cas de mise en œuvre manuelle : Les écrous doivent tourner librement sur le filetage de la vis (si non, les écrous doivent être mis au rebut) ;
- si un outil électrique est utilisé, l'un ou l'autre des deux contrôles suivants peut être réalisé :
  - pour chaque nouveau lot d'ensemble de boulons : vérifier la comptabilité par un assemblage à la main avant l'installation ;
  - pour les boulons montés : vérifier manuellement la libre rotation sur un échantillon d'écrous après desserrage initial.

c) Rondelles :

- les dimensions et les nuances d'acier des plaquettes doivent être spécifiées. L'épaisseur des plaquettes ne doit pas être inférieure à 4 mm ;
- l'usage de rondelles n'est pas obligatoire ;
- si l'utilisation de rondelles est demandée par les spécifications, elles doivent être placées sous l'écrou ou sous la tête de la vis, selon l'élément qui tourne au serrage, ou sous les deux ;
- pour les assemblages à simple recouvrement ne comportant qu'une seule rangée de boulons, les rondelles doivent généralement être placées à la fois sous la tête de la vis et sous l'écrou ;
- des rondelles biaisées doivent être utilisées si la surface du produit constitutif est inclinée par rapport à un plan perpendiculaire à l'axe de la vis d'un angle de plus de :



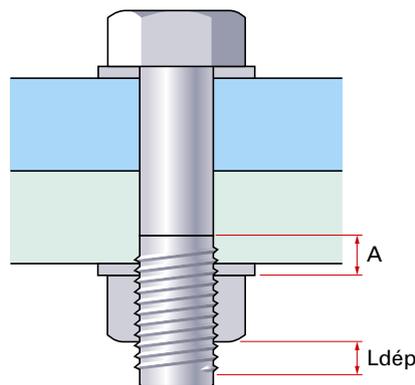
1/20 (3°) pour les vis  
de diamètre  $d \leq 20 \text{ mm}$

1/30 (2°) pour les vis  
de diamètre  $d > 20 \text{ mm}$

- l'utilisation de rondelles peut réduire les détériorations locales occasionnées aux revêtements ;
- en cas d'utilisation de rondelles supplémentaires, il est nécessaire de vérifier les détails de l'assemblage afin de s'assurer que le plan de cisaillement des boulons prévu sur corps lisse n'a pas été déplacé dans la partie filetée de la vis.

**NOTA 2****Longueur des vis utilisées dans les assemblages boulonnés non précontraints (§8.2.2)**

La longueur des vis doit être choisie de manière à satisfaire aux critères suivants :



$L_{dép}$  = longueur de dépassement

$L_{dép} \geq 1$  pas de vis

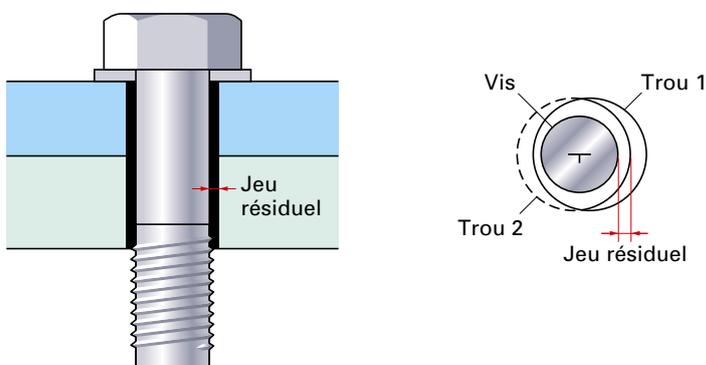
$\Delta$  = distance libre entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige

$\Delta \geq 1$  pas de vis

- la longueur de dépassement  $L_{dép}$  doit être au moins égale à la longueur d'un pas de filetage mesuré entre la face extérieure de l'écrou ou du dispositif de blocage additionnel et l'extrémité de la vis ;
- s'il est prévu que l'assemblage utilise la capacité de résistance au cisaillement de la partie lisse des vis, les dimensions des vis doivent être spécifiées pour tenir compte des tolérances relatives à la longueur de la partie non filetée ;
- au moins un filet complet (autre l'amorce de filetage) doit rester libre entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

**NOTA 3****Préconisations de serrage des boulons (§8.3)**

- Les éléments à assembler doivent être en contact ferme les uns avec les autres ;
- Des fourrures peuvent être utilisées pour ajuster l'assemblage (voir NOTA 1) ;
- Pour les éléments d'épaisseur supérieure à :
  - $t \geq 4$  mm pour les plaques et tôles
  - ou
  - $t \geq 8$  mm pour les profils :
 → Un jeu résiduel  $\leq 4$  mm peut être laissés en rive à condition que le contact soit assuré dans la partie centrale de l'assemblage.



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

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

#### NOTA 4

##### **Ajustement de la longueur de serrage**

Il est possible d'ajuster la longueur de serrage en utilisant une combinaison de rondelles et de plaquettes :

- 3 rondelles ;
- ou
- 2 rondelles + 1 plaquette ;
- ou
- 1 rondelle + 1 plaquette ;
- ou
- 1 plaquette ;

**L'épaisseur totale de cette combinaison rondelles+plaquette (ou plaquette seule) doit être  $\leq 12$  mm.**

#### NOTA 5

##### **Contrôle global du serrage des assemblages boulonnés (§12.5.1, 8.3, 9.6.5.3)**

En plus des vérifications déjà mentionnées dans la présente fiche, il convient également de procéder aux contrôles ci-après :

- les assemblages doivent être contrôlés visuellement après boulonnage complet et alignement local de la structure :
  - les assemblages identifiés comme ne possédant pas la totalité de leurs boulons au cours des vérifications de détail, doivent être contrôlés en termes de concordance après mise en place des boulons manquants ;
  - si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de plats  $\geq 2$  mm, l'assemblage doit être refait ;
  - si la non-conformité est due à des différences d'épaisseurs de plats  $\leq 2$  mm, les non-conformités peuvent être corrigées en réajustant l'alignement local de l'élément ;
- les assemblages corrigés doivent être à nouveau contrôlés après correction.

## Exemple de plan de contrôle des assemblages boulonnés

OPÉRATION/POINT DE CONTRÔLE	MOYEN	CRITÈREPHOTOS	FRÉQUENCE	SI NON OK
Contrôle de la libre rotation de l'écrou	Manuel	L'écrou doit tourner librement sur la vis Contrôle sur chaque lot	À chaque nouveau lot d'écrous ou de vis	Changement de pièces
Alignement des pièces assemblées	Visuel	//	À chaque assemblage	Reprise de l'assemblage
Comptabilité vis-écrou	Visuel	Concordance de marquage vis-écrou Marquage écrou doit être visible après serrage	À chaque assemblage	Changement de pièces
Serrage	A la clé	Serrage à refus ; Eviter le sur-serrage des boulons M12 et les boulons courts ;	À chaque assemblage	Sur-serrage : changement de pièces. Sous-serrage : reprise du serrage.
Boulons manquants	Visuel	Tous les boulons doivent être posés ;		Mettre en place les boulons manquants et refaire le contrôle
Différence d'épaisseur	Visuel	$D < 2 \text{ mm}$	À chaque assemblage	Reprise de l'assemblage.
Jeu résiduel	Visuel	Jeu inférieur à 4 mm pour les éléments épais ( $t \geq 4 \text{ mm}$ pour les plaques et les tôles, et $t \geq 8 \text{ mm}$ pour les profils)	À chaque assemblage pour les boulons de rive	Changement de pièces.

## FICHE N° 6 – SOUDAGE

### Organisation du soudage (§7.1) :

Le soudage doit être réalisé conformément aux exigences de qualité élémentaires décrites dans la norme NF EN ISO 3834-4.

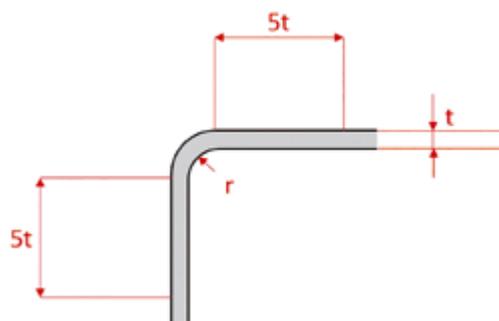
Le soudage à l'arc des aciers ferritiques et des aciers inoxydables doit être réalisé conformément aux exigences et aux instructions de la NF EN 1011-1, NF EN 1011-2, NF EN 1011-3 selon le cas.

### Programme de soudage (§7.2) :

Un programme de soudage doit être fourni dans le cadre du plan qualité de la production. Ce document comprend :

- les descriptifs des modes opératoires de soudage (DMOS) si cela est exigé par le cahier des charges du projet ;
- les mesures à prendre pour éviter toute déformation pendant et après soudage ;
- 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 ;
- 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 ;
- les détails des maintiens à effectuer ;
- les mesures à prendre pour éviter l'arrachement lamellaire ;
- les mesures pour réguler l'énergie de soudage afin d'éviter une dureté locale dans les soudures de petites dimensions ;
- l'équipement spécial concernant les produits consommables pour le soudage ;
- la forme du cordon et le fini des soudures pour les aciers inoxydables ;
- les exigences concernant les critères d'acceptation des soudures ;
- le plan de contrôle et d'essais ;
- les exigences concernant l'identification des soudures ;
- les exigences en vue du traitement des surfaces.

### Zoom sur... le soudage dans les zones formées à froid (NF EN 1090-2 §7.2.2 et EN 1993-1-8, Clause 4.14)



Le soudage peut être effectué dans une plage de longueur égale à  $5t$  de part et d'autre d'une zone formée à froid, à condition que l'une des conditions suivantes soit satisfaite :

- les zones formées à froid sont normalisées après formage à froid mais avant soudage ;

- le rapport  $r/t$  satisfait la valeur appropriée prise dans le tableau ci-dessous :

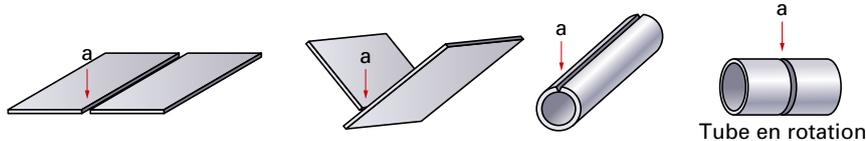
r/t	DÉFORMATION DUE AU FORMAGE À FROID (%)	ÉPAISSEUR MAXIMUM		
		EN GÉNÉRAL		ACIER CALMÉ TOTALEMENT À L'ALUMINIUM (AL ≥ 0.02 %)
		CHARGEMENT STATIQUE PRÉDOMINANT	FATIGUE PRÉDOMINANTE	
≥ 25	≤ 2	quelconque	quelconque	quelconque
≥ 10	≤ 5	quelconque	16	quelconque
≥ 3	≤ 14	24	12	24
≥ 2	≤ 20	12	10	12
≥ 1.5	≤ 25	8	8	10
≥ 1	≤ 33	4	4	6

**NOTA 1 : Les instructions de travail (DMOS – NF EN ISO 15609)**

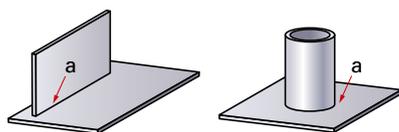
**En EXC1, les instructions de travail (DMOS) ne sont nécessaires que si elles sont exigées par le cahier des charges du projet.**

L'objectif de ce document est de renseigner toutes les informations nécessaires pour réaliser de manière répétitive une soudure, à savoir :

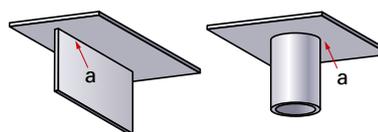
- ce que l'on doit souder (matériau de base, type de produit, dimensions, type d'assemblage...);
- avec quoi souder (procédé, métal d'apport, gaz, support envers ou non...);
- comment souder :
  - préparation éventuelle des bords ;
  - paramètres électriques : type de courant utilisé (continu, alternatif, pulsé, polarité dans le cas de courant continu) et plage d'intensité « I » ;
  - températures avant, pendant et après soudage : température de préchauffage éventuel, température entre passes (maximale et, si nécessaire, minimale), température de maintien de préchauffage (température minimale maintenue dans la zone fondue si le soudage est interrompu), température de post-chauffage (gamme de température et temps de maintien) ;
  - traitement thermique éventuel après soudage : Durée minimale et gamme de températures du traitement thermique ;
  - position de soudage ;



PA : à plat



PB : en angle à plat



PD : en angle au plafond

<p><i>PC : en corniche</i></p>	<p><i>PE : au plafond</i></p>
<p><i>PF : en verticale montante</i></p>	<p><i>PG : en verticale descendante</i></p>
<p><i>PH : sur tube montante</i></p>	<p><i>PJ : sur tube descendante</i></p>
<p><i>H/J-L045 : sur tube à axe incliné à 45° montante (H) ou descendante (J)</i></p>	<p><i>PK : sur tube orbitale</i></p>

- séquence des passes : le nombre de passes, leur position et leur ordre :



De plus, la NF EN 1090-2 précise également que les instructions de travail (DMOS) doivent indiquer :

- la zone de départ et d'arrêt de la soudure dans les structures en treillis ;
- la méthode à utiliser pour traiter les endroits où le type de soudure passe d'une soudure d'angle à une soudure bout à bout sur le périmètre du joint ;
- dans le cas d'un soudage mécanisé ou automatique : les plages de vitesse d'avance et plages de vitesses de dévidage du fil ou du feuillard.

**NOTA 2 : Principaux allègements des exigences liées au soudage en EXC1 :**

- En EXC1, les instructions de travail (DMOS) ne sont nécessaires que si elles sont exigées par le cahier des charges du projet.
- pas d'exigence concernant la qualification du mode opératoire de soudage ou QMOS (§7.4) ;
- pas d'obligation de coordination en soudage (§7.4.3) ;
- pas d'exigence concernant la préparation des joints (§7.5.1) ;
- critères d'acceptation des défauts des soudures : Niveau de qualité D au sens de la norme la Norme NF 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.

**Qualification du personnel de soudage (§7.4.2) :**

Pour le soudage d'éléments en EXC1 (avec des équipements de travail conformes à l'EN ISO 3834-4) :

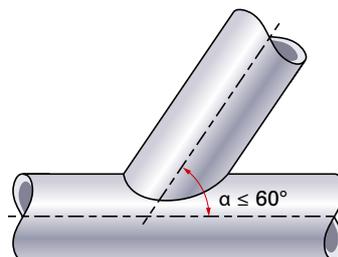
- la prolongation des qualifications des soudeurs est effectuée conformément au 9.3.a) ou 9.3.b) de la NF EN ISO 9606-1 ;
- la prolongation des qualifications des opérateurs-soudeurs est effectuée conformément au 5.3.a) ou 5.3.b) de la NF EN ISO 14732.

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

La méthode de qualification des soudeurs ressemble à celle du mode opératoire de soudage :

- le soudeur réalise des assemblages soudés définis dans les instructions de travail si existantes (sinon, un DMOS réalisé par un organisme tiers conformément à la norme applicable peut être utilisé) en présence d'un examinateur ;
- ces assemblages font l'objet des essais non destructifs (visuel, radiographie ou ultrason) ou/et destructifs (essai de traction, essai de pliage, essai de dureté, essai de flexion par choc, examen macrographique) ;
- le soudeur est qualifié si les résultats obtenus sont conformes à la norme de qualification.

Les soudeurs doivent être qualifiés pour réaliser le soudage de nœuds en profils creux dont les angles sont inférieurs à 60°, tels que définis dans la NF EN 1993-1-8.

**NOTA 3****Stockage des consommables de soudage (§7.5.2)**

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

**Contrôle des soudures (§12.4) :**

En classe EXC1, une inspection visuelle suffit (sauf spécification contraire). En cas de détection de défauts lors de ces contrôles visuels (Voir la norme NF EN ISO 3834-4), des contrôles non destructifs (CND) supplémentaires seront nécessaires en production (Voir la norme NF EN ISO 17635 pour la description des contrôles).

Les tolérances essentielles et fonctionnelles relatives aux soudures sont détaillées en Annexe B.2 de de la norme NF EN 1090-2.

***Zoom sur... le contrôle visuel des soudures (§12.4.2.5)***

Le contrôle visuel doit être effectué après achèvement du soudage dans une zone donnée, et avant tout autre contrôle non destructif (CND) et doit comprendre :

- a) la vérification de l'existence et l'emplacement de toutes les soudures ;
- b) le contrôle des soudures conformément à la NF EN ISO 17637 ;
- c) la détection des amorçages intempestifs et des projections de soudure.

Le contrôle de la forme et de la surface des soudures de nœuds soudés en profils creux doit porter particulièrement sur les endroits suivants :

- a) pour les profilés circulaires : les pieds et talons d'arçon et les deux positions à mi-flanc ;
- b) pour les profilés carrés ou rectangulaires : les quatre coins.

## FICHE N° 7 — PRÉPARATION ET TRAITEMENT DES SURFACES EN VUE D'UNE PROTECTION CONTRE LA CORROSION

Les éléments en acier doivent généralement être protégés contre la corrosion, particulièrement lorsque l'ouvrage final est situé en extérieur.

Le traitement anti-corrosion le plus répandu est la galvanisation à chaud, éventuellement complétée par une peinture, mais une protection par projection thermique ou par revêtement de type peinture uniquement peut également être envisagé.

Avant application du traitement, les subjectiles (c'est-à-dire les surfaces à traiter) doivent être contrôlées visuellement et préparées préalablement.

En cas de finition par peinture (en complément ou pas d'une galvanisation à chaud), les vérifications de routine décrites en Annexe F.7.2 sont applicables.

### Traitement par galvanisation à chaud (F.6.3)

- La galvanisation à chaud doit être effectuée conformément à la NF EN ISO 1461.
- Si une galvanisation à chaud après fabrication est spécifiée pour des éléments formés à froid, les exigences relatives à la qualification du mode opératoire du procédé de galvanisation doivent être spécifiées.
- Les exigences relatives au contrôle, à la vérification ou à la qualification de la préparation à effectuer avant un recouvrement de peinture ultérieur doivent être spécifiées.

#### **Contrôle spécifique après galvanisation à chaud (F.7.4)**

Sauf spécification contraire, les éléments galvanisés doivent être soumis à un contrôle après galvanisation à chaud, en raison du risque de fragilisation induite par le métal en fusion.

Les résultats du contrôle après galvanisation doivent être enregistrés.

Si la preuve d'une fissuration est identifiée, l'élément et tous les éléments de forme similaire fabriqués avec des matériaux et des détails de soudure semblables doivent être identifiés et isolés comme produits non conformes. Un enregistrement photographique de la fissuration doit être réalisé et une procédure spécifique doit permettre d'établir l'ampleur et l'origine du problème

#### **Cas d'un revêtement par galvanisation à chaud endommagé par le soudage (§10.9)**

Lorsque le revêtement de surface par galvanisation à chaud a été éliminé ou endommagé par le soudage, les zones concernées doivent être nettoyées, préparées et traitées à l'aide d'un primaire riche en zinc et d'un système de peinture offrant un niveau de protection contre la corrosion similaire à celui de la galvanisation à chaud pour la même catégorie de corrosivité (voir NF EN ISO 1461).

### Traitement par projection thermique (F.6.2)

- La métallisation par projection thermique doit être effectuée au zinc, à l'aluminium ou avec un alliage zinc/aluminium 85/15 conformément à la NF EN ISO 2063.
- Les surfaces ayant reçu une métallisation par projection thermique doivent être traitées avec un produit de colmatage approprié avant recouvrement de peinture.

- Le produit de colmatage doit être compatible avec la peinture de recouvrement et doit être appliqué immédiatement après le refroidissement du revêtement de métallisation pour éviter l'oxydation ou de piéger l'humidité.

### Traitement par application de peintures (E6.1)

- La peinture doit être effectuée conformément à la NF EN ISO 12944-7.
- Si deux couches ou plus doivent être appliquées, une teinte différente doit être utilisée pour chaque couche.
- On ne doit pas effectuer des travaux si les conditions environnementales ou l'état de surface ne sont pas conformes aux instructions du fabricant.
- Après application, les surfaces peintes doivent être protégées pendant une durée conforme aux instructions du fabricant.

### Exigences spécifiques concernant le traitement des surfaces contre la corrosion (Annexe F)

S'il existe des exigences spécifiques en termes de protection contre la corrosion, elles doivent comprendre :

- a) la durée de vie prévue de la protection contre la corrosion ;
- b) la catégorie de corrosivité (voir NF EN ISO 12944-2 et NF EN ISO 9223) ;
- c) le type de traitement souhaité (peinture, lprojection thermique, galvanisation à chaud ou système duplex).

Le cahier des charges d'exécution peut également définir les exigences prescriptives en détaillant les points suivants (suivant les cas) :

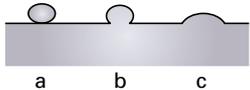
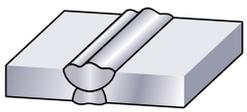
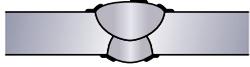
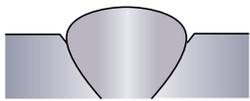
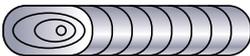
- a) préconisations de préparation de surface ;
- b) exigences relatives aux revêtements décoratifs ultérieurs et des restrictions sur le choix des couleurs pour les produits de revêtement ;
- c) méthodes de travail pour l'application initiale de produits de peinture et les réparations ;
- d) exigences particulières pour les contrôles et les vérifications ;
- e) exigences particulières concernant les interfaces bimétalliques.

### Zoom sur... la préparation des surfaces (§4.1.3)

Le CCE de l'ouvrage comporte les procédures de contrôle, d'essai et de correction nécessaires pour traiter les non-conformités concernant la préparation et le traitement des surfaces :

- il existe 3 degrés de préparation des surfaces P1, P2, P3 (Selon la NF EN ISO 8501-3) ; qui classent les imperfections visibles vis-à-vis de l'application de peinture et autres produits de protection ;
- la rigueur des exigences augmente de P1 à P3 :
  - P1 : Préparation légère : aucune préparation ou une préparation minimale requise avant application de la peinture ;
  - P2 : Préparation soignée : la plupart des imperfections sont corrigées ;
  - P3 : Préparation très soignée : le subjectile est net de toute imperfection visible importante.

→ **Si aucun degré de préparation n'est spécifié, P1 est applicable par défaut.**

TYPE D'IMPERFECTION	DEGRÉ DE PRÉPARATION		
	P1	P2	P3
<b>Soudures</b>			
Projection de soudure 	Aucune projection de soudure non-adhérente (a)	Aucune projection de soudure non-adhérente ou légèrement adhérente (a ou b)	Aucune projection de soudure (a, b ou c)
Vague de soudure 	Aucune préparation particulière	Pas d'aspérité	Surface lisse
Scories 	Pas de scories		
Caniveaux 	-	Pas de caniveaux étroits et profonds	Pas de caniveaux
Pores 	-	Les pores de surface doivent être suffisamment ouverts pour permettre la préparation de la peinture ou être éliminés	Pas de pores visibles
Cratères de fin de cordon 	-	Pas d'aspérité	Pas de cratère visible
<b>Arêtes</b>			
Arêtes laminées	-	-	Arêtes arrondies selon un rayon minimal de 2 mm
Arêtes réalisées par poinçonnage, cisaillement, sciage ou perçage	- Aucune partie de l'arête ne doit être vive - Pas de bavures		Arêtes arrondies selon un rayon minimal de 2 mm

**NOTA 1****Traitement spécifique des espaces clos**

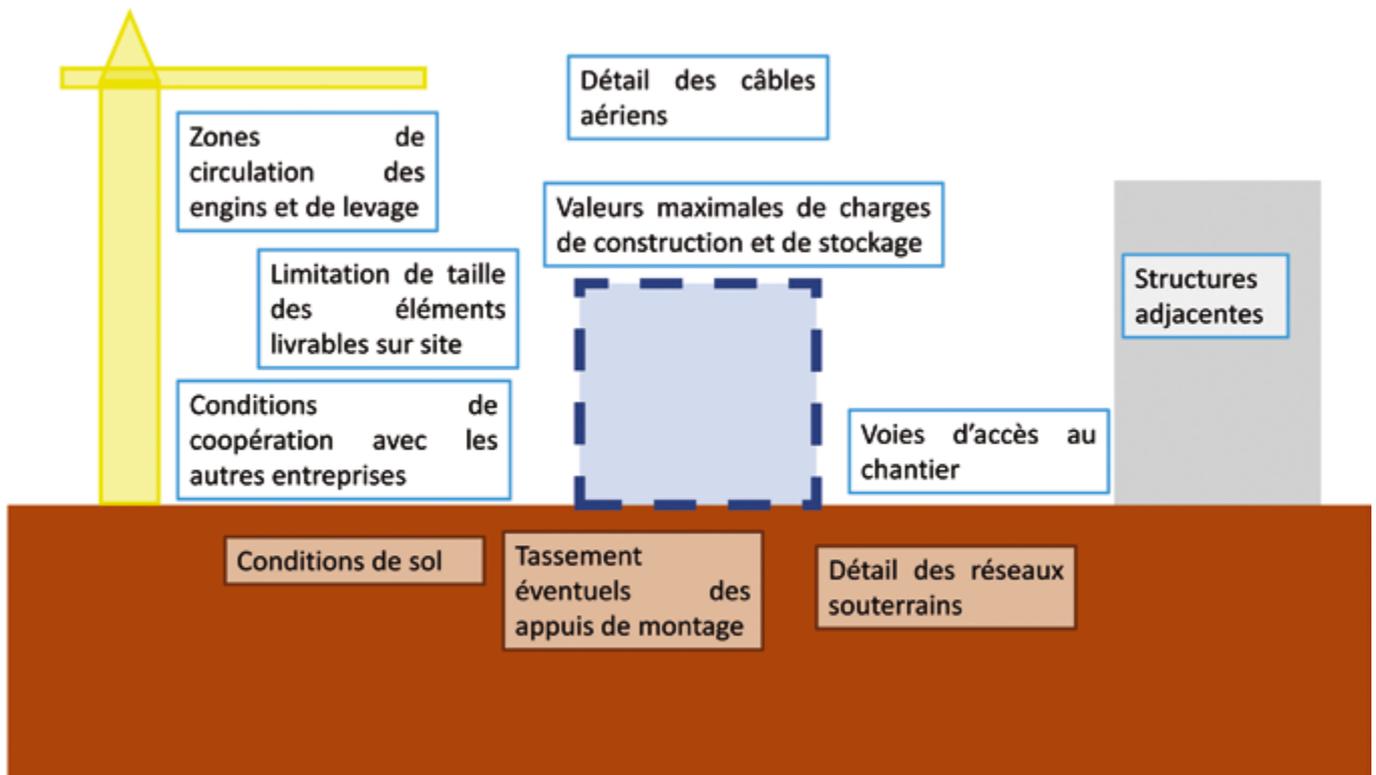
*Si l'ouvrage comporte des espaces clos obturés par soudage, le traitement interne de ces espaces clos doit être spécifié.*

- *En particulier, il doit être précisé si les imperfections de soudure autorisées par le cahier des charges d'exécution nécessitent un colmatage par application d'un produit approprié afin de prévenir la pénétration d'humidité.*
- *Un soin particulier doit être apporté à la réalisation des soudures d'obturation. En effet, des défauts dans ces soudures, qui peuvent ne pas être détectables par un contrôle visuel, peuvent permettre à l'eau de s'introduire dans l'espace obturé.*
- *Lorsque des profils fermés doivent être galvanisés à chaud, ils ne doivent pas être obturés avant la galvanisation à chaud. Dans le cas des surfaces plaquées l'une sur l'autre et attachées par des soudures continues, une évacuation adéquate doit être prévue, à moins que la zone de recouvrement soit assez petite pour que le risque d'explosion des gaz piégés au cours de la galvanisation à chaud soit estimé peu important.*
- *Lorsque des fixations mécaniques pénètrent la paroi d'espaces clos étanches, la méthode à utiliser pour assurer l'étanchéité de l'interface doit être spécifiée.*

## FICHE N° 8 – MONTAGE

### Sécurité sur chantier (§9.2)

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** portant sur les conditions spécifiques au site de chantier et susceptibles d'affecter la sécurité de celui-ci. On peut notamment citer les points listés sur le schéma ci-après.



### Mesures relatives à la manutention et au stockage sur chantier (§9.6.3 et 6.3)

- Les produits constitutifs doivent être manutentionnés et stockés dans des conditions conformes aux recommandations du fabricant.
- Tout élément métallique endommagé au cours du déchargement, du transport, du stockage ou du montage doit être remis en conformité.
- Les éléments métalliques stockés sur chantier doivent être conservés au sec avant leur utilisation et doivent être convenablement emballés et identifiés.

Les mesures préventives relatives à la manutention et au stockage spécifiées dans le tableau ci-après doivent s'appliquer selon le cas :

<b>Levage</b>	
<b>1</b>	Protéger les éléments contre les dommages au droit des points de levage
<b>2</b>	Éviter le levage en un seul point d'éléments longs par l'utilisation de palonniers, si nécessaire
<b>3</b>	Regrouper les éléments légers particulièrement sensibles aux dommages sur les rives, à la torsion et à la déformation quand ils sont manipulés individuellement. Prendre soin d'éviter toute détérioration localisée là où les éléments sont en contact les uns avec les autres, aux rives non renforcées, au niveau des points de levage ou d'autres zones non renforcées qui supportent une part significative du poids total du fardeau.
<b>Stockage</b>	
<b>4</b>	Empiler les éléments fabriqués, stockés avant transport ou montage, en les isolant du sol pour qu'ils restent propres
<b>5</b>	Prévoir les supports nécessaires pour éviter les déformations permanentes
<b>6</b>	Stocker, les tôles nervurées et autres produits fournis avec des surfaces décoratives préfinies, conformément aux exigences des normes applicables
<b>Protection contre la corrosion</b>	
<b>7</b>	Éviter l'accumulation d'eau
<b>8</b>	Prendre des précautions pour éviter la pénétration d'humidité dans les fardeaux de profilés ayant un revêtement primaire métallique. NOTE : En cas de stockage prolongé à l'air libre sur le chantier, il convient d'ouvrir les fardeaux de profilés et de séparer les profilés pour éviter l'apparition de rouille noire ou blanche.
<b>Aciers inoxydables</b>	
<b>9</b>	Manipuler et stocker les aciers inoxydables de façon à garantir l'absence de contamination par les supports ou dispositifs de manutention, etc. Stocker tous les aciers inoxydables avec précaution de façon à protéger les surfaces des détériorations ou contaminations
<b>10</b>	Si nécessaire, utiliser un film de protection ou autre revêtement, à laisser en place aussi longtemps que possible
<b>11</b>	Éviter le stockage en milieu salin humide
<b>12</b>	Protéger les râteliers de stockage par des tasseaux ou doublages appropriés en bois, en caoutchouc ou en matière plastique pour éviter tout frottement avec des surfaces en acier au carbone, contenant du cuivre, du plomb, etc.
<b>13</b>	Interdire l'utilisation de marqueurs contenant des chlorures ou sulfure NOTE : Une alternative consiste à utiliser un film de protection et à apposer les marquages sur ce film uniquement.
<b>14</b>	Protéger l'acier inoxydable de tout contact direct avec le mouflage de levage ou les équipements de manutention en acier au carbone, comme les chaînes, les crochets, les sangles et les galets, ou les fourches de chariots élévateurs, par l'utilisation de matériaux isolants, de contreplaqué léger ou de ventouses. Utiliser les outils de montage appropriés pour éviter toute contamination de surface
<b>15</b>	Éviter tout contact avec des produits chimiques, notamment colorants, colles, bandes adhésives, quantités excessives d'huile et de graisse. NOTE : Si leur utilisation est nécessaire, leur aptitude à l'emploi doit être vérifiée avec le fabricant de ces produits.
<b>16</b>	Utiliser des zones de fabrication séparées pour l'acier au carbone et l'acier inoxydable afin d'éviter la contamination par l'acier au carbone. Utiliser des outils distincts exclusivement pour l'acier inoxydable, meules et brosses métalliques en particulier. Utiliser des brosses métalliques et de la paille de fer en acier inoxydable, de préférence austénitique
<b>Transport</b>	
<b>17</b>	Prendre les mesures particulières nécessaires pour la protection des éléments fabriqués pendant leur transport

### Mesures de l'ouvrage sur chantier (59.4)

- Sauf spécification contraire, les mesures de l'ouvrage sur chantier doivent être effectuées conformément à l'ISO 4463-1.
- La température de référence pour l'implantation et les mesures de la structure en acier doit être spécifiée.

### Zoom sur... le contrôle des appuis (§9.5)

Un soin particulier doit être apporté au contrôle de l'état et de l'emplacement des appuis avant le montage. **Tout défaut constaté devra impérativement être consigné et corrigé avant de commencer l'assemblage.**

- La mise en œuvre d'appareils d'appui structuraux doit être conforme aux exigences de la NF EN 1337-11.
- Le levé de conformité utilisé pour vérifier l'implantation des appuis doit être consigné.
- Lorsque des tiges d'ancrage, ancrées à un ferrailage, doivent être précontraintes, des dispositions doivent être prises pour que leurs parties supérieures n'adhèrent pas au béton sur toute leur longueur.
- Il convient que les tiges d'ancrage devant bouger dans des fourreaux soient munies de fourreaux d'un diamètre égal à trois fois le diamètre de la tige, avec un diamètre minimal de 75 mm.
- Au cours du montage, les appuis destinés à la structure en acier doivent être conservés dans un état équivalent à l'état dans lequel ils étaient au début du montage.
- Sauf spécification contraire, une compensation du tassement des appuis peut être acceptée. Elle doit être réalisée par scellement ou calage entre la structure en acier et l'appui (Voir §5.9).

### Montage de la structure (§9.6)

Le montage doit être réalisé de telle sorte que la stabilité de la structure soit assurée à tout moment. En particulier :

- les tiges d'ancrages ne doivent pas être utilisées pour empêcher le renversement des poteaux non haubanés, sauf si elles ont été vérifiées pour ce type d'utilisation ;
- pendant toute la durée du montage de la structure, celle-ci doit être en sécurité vis-à-vis des charges temporaires de montage, y compris celles exercées par le matériel de montage ou son fonctionnement, ainsi que contre les effets du vent sur la structure non terminée ;
- à titre d'indication, pour les bâtiments il convient de mettre en place au moins un tiers des boulons définitifs de chaque assemblage avant de pouvoir considérer que ledit assemblage contribue à la stabilité de la structure partiellement terminée.

### Vérification de l'alignement correct de la structure (§9.6.5.3)

Lors des opérations de montage, on doit veiller à ce qu'aucune partie de la structure ne soit déformée de façon permanente ou ne subisse des contraintes excessives, du fait de l'empilement d'éléments de structure ou des charges dues au montage.

Aucun assemblage définitif entre éléments ne doit être réalisé avant qu'une partie suffisante de la structure n'ait été alignée, mise de niveau, mise d'aplomb et assemblée provisoirement pour garantir les éléments contre tout déplacement ultérieur du fait du montage ou de l'alignement du reste de la structure.

- L'alignement de la structure et les défauts d'accostage au sein des assemblages peuvent être réglés au moyen de cales. Celles-ci doivent être fixées lorsqu'elles risquent de se détacher.
- Sauf spécification contraire, les cales doivent être en acier plat. Les cales doivent présenter une durabilité identique à celle de la structure. Pour les structures en acier inoxydable, elles doivent être en acier inoxydable.

- Lorsque des cales sont utilisées pour aligner des structures réalisées avec un matériau revêtu, elles doivent être protégées à l'identique afin de présenter la durabilité requise, à moins que les cales ne doivent satisfaire à une classe de frottement spécifiée.

Les tolérances fonctionnelles de montage sont détaillées dans l'annexe B.3 de la NF EN 1090-2.

### ***Zoom sur... le descriptif de la méthode de montage (§9.6)***

Un descriptif de la méthode de montage (incluant des plans de montage) doit être impérativement fourni à l'entreprise de montage-levage par l'entreprise de construction métallique qui a fabriqué la structure à monter.

- Les plans doivent comprendre des vues en plan et en élévation réalisées à une échelle permettant l'inscription lisible des repères de montage pour tous les éléments.
- Les plans doivent faire apparaître les emplacements des trames, les positions des appareils d'appui et l'assemblage des éléments ainsi que les exigences de tolérances.
- Les plans d'implantation doivent faire apparaître l'implantation et l'orientation de la structure en acier, tous les autres éléments en contact direct avec les fondations, leur implantation et niveau, le niveau prévu des appareils d'appui ainsi que le niveau de référence. Les fondations doivent inclure les appuis de pieds de poteaux et autres appuis de la structure.
- Les élévations doivent montrer les niveaux requis pour les planchers et/ou la structure.
- Les plans doivent préciser les détails nécessaires à la liaison des pièces en acier ou des tiges d'ancrage aux fondations, la méthode de réglage par calage et les exigences relatives au scellement ainsi que les détails de la liaison de la structure et des appareils d'appui sur leurs supports.
- Les plans doivent montrer les détails et la disposition de tous éléments métalliques ou autres constructions provisoires nécessaires au montage, afin de garantir la stabilité de l'ouvrage et la sécurité du personnel.
- Les plans doivent mentionner le poids de tous les éléments ou ensembles de plus de 5 tonnes ainsi que le centre de gravité de toutes les pièces irrégulières de grandes dimensions.

### ***Zoom sur... la méthode de montage du constructeur (§9.3)***

Un descriptif de la méthode de montage du constructeur doit être préparé et vérifié conformément aux règles de calcul applicables, notamment en ce qui concerne la stabilité de la structure partiellement montée (§9.3.2).

Cette méthode de montage devra s'appuyer sur l'expérience tirée du montage à blanc si un tel montage a été réalisé.

## NOTA

### **Montage à blanc**

*Un montage à blanc doit être réalisé dans les cas suivant :*

- a) pour confirmer la concordance entre éléments lorsque ceci n'est pas faisable par gabarits ou par mesurage ;*
- b) pour valider une méthodologie lorsque la séquence de montage destinée à garantir la stabilité en cours d'opération nécessite une évaluation préalable ;*
- c) pour vérifier la durée des opérations lorsque les conditions de chantier imposent une limitation du temps d'intervention.*

# 03

## CAS TYPE D'OUVRAGE - PARKING



### 3.1 Contexte

#### 3.1.1 Finalité du cas-type

L'objectif de ce cas-type est de donner un exemple d'application de la norme NF EN 1090-2 à un ouvrage de classe d'exécution EXC1.

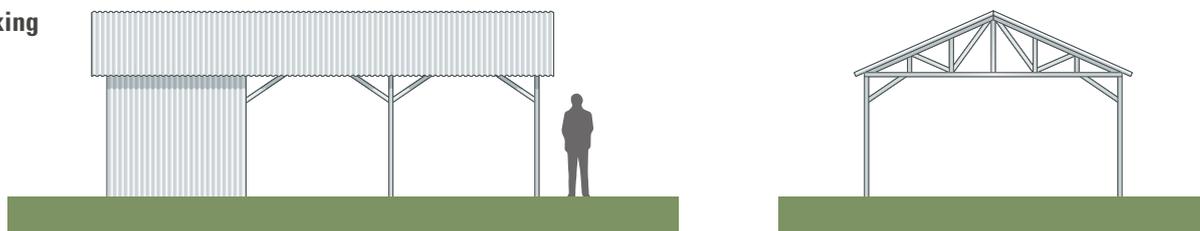
Dans une première partie sont rappelées les grandes lignes de l'organisation documentaire nécessaires pour répondre à un tel projet dans le respect des prescriptions de la NF EN 1090-2.

La seconde partie se concentrera sur des exemples représentatifs de fiches de contrôle réalisées pour chaque étape de l'exécution de la structure ; de l'approvisionnement jusqu'au montage.

#### 3.1.2 Présentation du projet

Le projet en question est un parking aérien couvert à simple rez-de-chaussée, avec deux places de stationnement pour voitures (à droite sur la figure ci-dessous) et un garage à vélo sur la gauche. La couverture est réalisée en bac acier. Le bâtiment fait 7.5 m de long pour 5 m de large. La hauteur sous couverture est de 2.5 m. Les deux côté sens travée du garage à vélo sont protégés par un bardage en bac acier.

Figure 1 – Parking



## 3.2 Organisation du projet

### 3.2.1 Cahier des charges d'exécution

Le cahier des charges d'exécution comporte toutes les informations nécessaires concernant l'exécution des travaux, les degrés de préparation des surfaces en vue d'une protection contre la corrosion, les classes de tolérances géométriques et les exigences techniques concernant la sécurité des travaux et, bien sûr, les classes d'exécution de l'ouvrage (Il est recommandé de se référer au **Guide de instruction du choix de la classe d'exécution BNCM/CNC2M** pour plus d'information).

Tableau 1 – Choix de la classe d'exécution

OUVRAGE DE CATÉGORIE DE SERVICE : SC1*	ÉLÉMENTS NON SOUDÉS PC1
<b>Famille A – Éléments secondaires ne participant pas à la stabilité générale (ex : montants de bardage)</b> CC1	EXC1
<b>Famille C – Éléments de plancher (ex : solives)</b> CC2	EXC2
<b>Famille E – Éléments courants de structure principale (ex : poutres et poteaux de portiques)</b> CC2	EXC2

La suite du cas-type ne considère que les éléments EXC1 (voir tableau ci-dessus).

### 3.2.2 Plan qualité

La norme NF EN 1090-2 n'impose pas à l'entreprise la création d'un plan qualité en classe EXC1.

## 3.3 Organisation du contrôle et de la traçabilité

### 3.3.1 Contrôle et traçabilité à l'étape de l'approvisionnement

#### 3.3.1.1 CONTRÔLE DE L'APPROVISIONNEMENT EN PRODUITS DE BASE

Exemple de bon de commande

Société XXXX			Bon de commande		
Adresse ...			Date commande ...		
Téléphone ...			N° Bon de commande ...		
Email ...			N° Affaire ...		
SIRET ...					
<b>Caractéristiques Techniques :</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Profilés L 50x50 suivant EN 10056-1 et 2</i></li> <li>• <i>Etat de surface : Classe C1 suivant EN 10163-3</i></li> <li>• <i>Autres caractéristiques : N/A</i></li> </ul>					
<b>Aciers conforme au Règlement des Produits de la Construction avec marquage CE obligatoire et certificat de conformité CE à nous transmettre.</b>					
<b>Options :</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>N/A</i></li> </ul>					
<b>Date limite de livraison</b>			XX/XX/XXXX		
<b>Lieu de livraison</b>			XXXX		
<b>Conditions de règlement</b>			XXXX		
<b>Désignation</b>	<b>Quantité</b>	<b>Longueur</b>	<b>Poids</b>	<b>Prix unitaire</b>	<b>Prix total</b>
<i>L 50x50x5 S355</i>	X	X	X	X	X
<b>Contrôles :</b>					
Conformité du document de contrôle avec le bon de commande				Visa du fournisseur :	
Conformité de la livraison avec le bon de commande				Visa du responsable des achats :	

#### Documents accompagnant les produits de base à réception

- Un document de contrôle conforme à la norme NF EN 10168 est établi par le fournisseur. Dans ce document, le fournisseur indique que les produits livrés sont conformes aux caractéristiques indiquées dans le bon de commande. Ce document récapitule également les essais et résultats d'essais relatifs aux produits livrés.
- Les produits relevant d'une norme harmonisée sont accompagnés d'un marquage CE.

#### 3.3.1.2 MARQUAGE DES PRODUITS DE BASE

La norme NF EN 1090-2 n'impose pas de prescriptions concernant la traçabilité en EXC1.

### 3.3.2 Contrôle et traçabilité à l'étape de la fabrication

#### 3.3.2.1 CONTRÔLE DE SOUDAGE

Les éléments détaillés dans le cadre du présent cas-type EXC1 ne nécessitent pas de soudage.

### 3.3.2.2 CONTRÔLE DU COUPAGE

Les montants de bardage sont constitués de cornières qui doivent être découpées pour se conformer aux dessins de débit. La découpe est réalisée à l'aide d'une machine de découpe plasma dans l'atelier.

Les chants coupés doivent être exempts d'irrégularités importantes et toute scorie doit être éliminée. NF EN 1090-2

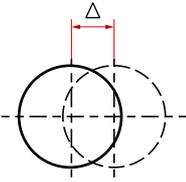
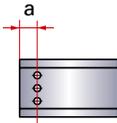
### 3.3.2.3 CONTRÔLE DE PERÇAGE

Les cornières doivent être pré-perçées en vue de leur assemblage. Le perçage est réalisé à l'aide d'une machine de perçage par jet de plasma dans l'atelier.

#### Validation du procédé de perçage (Exemple)

Fiche de validation du procédé de perçage													
N°	XXXXXX	Référence machine	ABCDE										
Date :	XX/XX/XXXX	Nom et visa du responsable :	YYYY										
Lot concerné :	XX/XX/XXXX	N° dessin de débit	xxxxxxx										
Paramètres de réglage :		Valeur :		Ecart maximal :									
Pression oxygène de chauffage													
Pression de gaz de carburant													
Pression d'oxygène de coupe													
Vitesse de coupe													
Hauteur de coupe :													
Température de préchauffage :													
Instruments de mesure :		Référence :		Date étalonnage :									
Classe d'exécution visée	Caractéristique dimensionnelle	Critère $d_{min}$ = diamètre à l'entrée du trou $d_{max}$ = diamètre à la sortie du trou	Tolérances	Echantillons : Les 8 échantillons doivent couvrir l'intégralité de la gamme des diamètres de trous, des épaisseurs de produits constitutifs et des nuances d'acier traités									
				1	2	3	4	5	6	7	8		
EXC2	Diamètre moyen du trou	$D = (d_{max} + d_{min}) / 2$	$D = D_{nominal} \pm 0.5 \text{ mm}$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EXC2	Angle de dépouille	$\alpha$	$\alpha < 4^\circ (7 \%)$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
EXC2	Bavures	$\Delta_1$ et $\Delta_2$	$\text{Max}(\Delta_1 \text{ ou } \Delta_2) \leq D / 10$	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

## Contrôle de routine du perçage (Exemple)

Fiche de contrôle du perçage				
N°	XXXXXX	Référence machine	ABCDE	
Date :	XX/XX/XXXX	Nom et visa du responsable :	YYYY	
Lot concerné :	XX/XX/XXXX	N° dessin de débit	xxxxxxx	
N° Fiche de validation correspondante :				
Paramètres de réglage :		Valeur :	Ecart < écart maximal ?	
Pression oxygène de chauffage				
Pression de gaz de carburant				
Pression d'oxygène de coupe				
Vitesse de coupe				
Hauteur de coupe :				
Température de préchauffage :				
Instruments de mesure :		Référence :	Date étalonnage :	
Classe d'exécution visée	Dimension	Critère	Ecart autorisé (Par défaut : Classe 1)	Valeur mesurée :
EXC2	Position des trous pour fixations		$\Delta = \pm 2 \text{ mm}$	
EXC2	Position des trous pour fixations		$0 \text{ mm} \leq \Delta \leq 3 \text{ mm}$	

### 3.3.3 Contrôle à l'étape du montage

Les documents de contrôle relatifs à l'étape du montage sont détaillés dans l'ouvrage de la FFB intitulé « **Guide d'application de la norme NF EN 1090-2 à l'usage des entreprises de montage-levage** », édition de Janvier 2018 téléchargeable sur le lien suivant : [http://adherent.montage-levage.org/files/union\\_du\\_montage\\_levage\\_adherents/Guide-FFB-montage-levage-version-VF-2.pdf](http://adherent.montage-levage.org/files/union_du_montage_levage_adherents/Guide-FFB-montage-levage-version-VF-2.pdf).

# TABLE DES MATIÈRES

<b>01 • PRÉSENTATION DU GUIDE</b> .....	<b>4</b>
1.1 Objectif du document.....	4
1.2 Domaine d'application de la norme NF EN 1090-2.....	4
1.3 Contexte normatif français dans lequel s'insère la NF EN 1090-2.....	5
1.4 Présentation du guide.....	5
<b>02 • FICHES PRATIQUES</b> .....	<b>6</b>
<b>03 • CAS TYPE D'OUVRAGE - PARKING</b> .....	<b>45</b>
3.1 Contexte.....	45
3.1.1 Finalité du cas-type.....	45
3.1.2 Présentation du projet.....	45
3.2 Organisation du projet.....	46
3.2.1 Cahier des charges d'exécution.....	46
3.2.2 Plan qualité.....	46
3.3 Organisation du contrôle et de la traçabilité.....	47
3.3.1 Contrôle et traçabilité à l'étape de l'approvisionnement.....	47
3.3.2 Contrôle et traçabilité à l'étape de la fabrication.....	47
3.3.3 Contrôle à l'étape du montage.....	49

# TABLE DES FICHES

FICHE N° 1 – Les classes d'exécution.....	7
FICHE N° 2 – Le cahier des Charges d'Exécution.....	8
FICHE N° 3 – Gestion des approvisionnements.....	10
FICHE N° 4 – Opérations de formage, découpe et perçage.....	13
FICHE N° 5 – Assemblage.....	26
FICHE N° 6 – Soudage.....	31
FICHE N° 7 – Préparation et traitement des surfaces en vue d'une protection contre la corrosion.....	36
FICHE N° 8 – Montage.....	40

# TABLE DES TABLEAUX

Documents de contrôle nécessaires pour l’approvisionnement en acier de construction (NF EN 1090-2, Tableau 1 et NF P 22-101-2/CN) .....	11
Documents de contrôle nécessaires pour l’approvisionnement en consommables pour le soudage (NF EN 1090-2 §5.5 et NF EN 10204) .....	11
Documents de contrôle nécessaires pour l’approvisionnement en fixations (1090-2, Tableau 1 et NF P 22-101-2/CN) . . . .	12
Tolérances de fabrication formage à froid (Annexe B) .....	17
Tolérances de fabrication des découpes (Annexe B) .....	18
Tolérances de perçage (Annexe B) : .....	23
Exemple de plan de contrôle des assemblages boulonnés .....	30
Tableau 1 – Choix de la classe d’exécution .....	46

# TABLE DES FIGURES

Figure 1 – Parking .....	45
--------------------------	----









Les productions du programme PACTE sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.

Retrouvez gratuitement la collection sur [www.programmepacte.fr](http://www.programmepacte.fr)

## LES PARTENAIRES DU PROGRAMME PACTE

### MAÎTRES D'OUVRAGE



### ENTREPRISES/ARTISANS



### MAÎTRES D'ŒUVRE



### CONTRÔLEURS TECHNIQUES



### INDUSTRIELS



### ASSUREURS



### PARTENAIRES PUBLICS



Le Secrétariat Technique du programme PACTE est assuré par l'Agence Qualité Construction.

GUIDE

# EXÉCUTION ET MISE EN ŒUVRE DES STRUCTURES MÉTALLIQUES SELON LA NORME NF EN 1090-2

CLASSE D'EXÉCUTION EXC 1



JUILLET 2021

La norme NF EN 1090-2, publiée en Juin 2018, fixe les exigences applicables à l'exécution des structures en acier. Quatre classes d'exécution sont prévues : EXC1, EXC2, EXC3 et EXC4, pour lesquelles les exigences en termes de qualité augmentent. Le choix de la classe d'exécution étant réalisé en fonction de la destination de l'ouvrage, de la nature de l'élément considéré et du mode de production des éléments de la structure. Le présent document s'adresse aux entreprises de charpente métallique qui souhaitent mettre en place une organisation compatible avec la norme. L'objectif du présent document est de faciliter l'accès des entreprises aux projets correspondant à la classe d'exécution EXC1 en clarifiant les préconisations spécifiques à cette classe d'exécution.

