



NF EN 1090-2
STRUCTURES EN ACIER DE CLASSE EXC1
FASCICULE 3
B.A. BA DES EXIGENCES « CHANTIER »

Table des matières du fascicule 3

| | |
|---|----|
| AVANT-PROPOS | 3 |
| 1 GENERALITES | 4 |
| 1.1 Présentation générale de la norme NF EN 1090 et de son contexte | 4 |
| 1.2 Présentation des 3 fascicules et de leur complémentarité | 4 |
| 1.3 Domaine d'application | 4 |
| 1.4 Objectif du 3ème fascicule | 4 |
| 2 RECEPTION ET PREPARATION DU CHANTIER | 5 |
| 3 RECEPTION DES APPUIS ET ANCRAGES..... | 7 |
| 4 RECEPTION DES ELEMENTS DE STRUCTURE | 7 |
| 5 MONTAGE SUR SITE | 7 |
| 5.1 Stabilisation en phase de réglage..... | 7 |
| 5.2 Exécution des scellements..... | 8 |
| 5.3 Mise en œuvre des fixations..... | 8 |
| 5.3.1 Généralités | 8 |
| 5.3.2 Boulons non précontraints..... | 9 |
| 5.3.3 Boulons précontraints | 11 |
| 5.3.4 Rivets | 14 |
| 5.3.5 Vis autoperceuses pour éléments minces..... | 14 |
| 6 CONTROLE DES ASSEMBLAGES BOULONNES | 15 |
| 6.1 Contrôle des assemblages non précontraints | 15 |
| 6.2 Contrôle des assemblages précontraints par boulons HR | 15 |
| 6.3 Contrôle des rivets | 16 |
| 7 SOUDAGE SUR CHANTIER | 16 |
| 8 PROTECTION ANTICORROSION..... | 17 |
| 8.1 Protection par peinture | 17 |
| 8.2 Protection par galvanisation | 17 |
| 9 VERIFICATION DES TOLERANCES DE MONTAGE..... | 18 |
| Annexe A | 19 |
| Exemple de fiche de contrôle des tolérances de montage | 19 |
| Bibliographie | 25 |

AVANT-PROPOS

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

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

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

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

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

❖ **Fascicule 2 : FABRICATION EN ATELIER**

- prioritairement destiné aux personnels d'atelier;

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

- prioritairement destiné aux chefs d'équipe.

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

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

Crédits-photos

©CAPEB

©CIAN

©CTICM

©FOTOLIA

©HARSCO

©MENARA

©NORMACADRE

©UNION DES METALLIERS

1 GENERALITES

1.1 Présentation générale de la norme NF EN 1090 et de son contexte

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

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

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

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

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

1.2 Présentation des 3 fascicules et de leur complémentarité

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

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

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

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

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

❖ Fascicule 2 : FABRICATION EN ATELIER

- prioritairement destiné aux personnels d'atelier;

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

- prioritairement destiné aux chefs d'équipe.

1.3 Domaine d'application

Le domaine d'application visé par les fascicules de guide est la réalisation d'éléments de structures de classes d'exécution EXC1 à partir de produits en acier, assemblés par boulonnage ou par soudage.

1.4 Objectif du 3ème fascicule

Le fascicule 3 de ce guide propose une synthèse des documents et justificatifs spécifiés par la NF EN 1090-2, pour la classe d'exécution EXC1, nécessaires lors des opérations de montage et de contrôles correspondants.

Ce fascicule répertorie les documents généralement nécessaires et suffisants pour justifier de la bonne exécution des structures en acier de classe EXC1 au stade du montage.

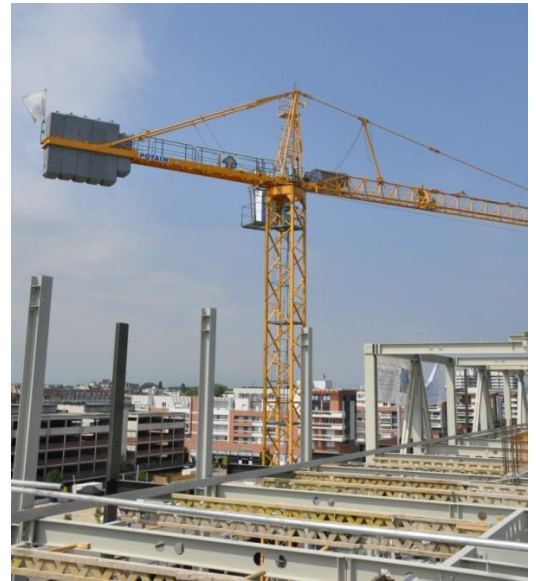
Ces documents peuvent être des documents papier ou des fichiers électroniques, en fonction des outils et moyens utilisés par l'entreprise.

2 RECEPTION ET PREPARATION DU CHANTIER

Afin d'organiser et de préparer la réception et le montage de la charpente, le responsable du chantier doit disposer d'un certain nombre d'informations fournies par la Maîtrise d'œuvre, le pilote du chantier ou le conducteur de travaux :

- Les accès, aménagements et circulations des engins de levage;
- Le rayon d'action des grues et les charges admissibles;
- Les dimensions et hauteurs de passage;
- Les informations sur la position et l'état des réseaux;
- Les zones de stockage;
- Les procédures de coopération avec d'autres corps d'état.

Lors de la préparation du chantier, le monteur doit également disposer des précisions nécessaires afin d'assurer le montage de la structure métallique en toute sécurité.



La norme NF EN 1090-2 rappelle un certain nombre d'informations à préciser avant montage :

- Les instructions de levage et de stockage dont les précautions de manipulation et d'empilage;



- Le marquage des poids et des centres de gravité pour les pièces particulières;
- Les conditions de vent ou d'autres causes pouvant entraîner un risque de renversement en phase provisoire;

- Les mesures de sécurisation des postes de travail et moyens d'accès;



- Les plans d'implantation et le quadrillage secondaire précisant l'implantation des files;
- La position des appuis;
- Les repères de montage des éléments;
- les écarts éventuellement relevés pour les appuis et les préscléments;
- La température de référence pour les relevés;
- Le sens de montage des files et les séquences de montage;
- La position des contreventements provisoires, étaitements et fixations provisoires et les conditions de leur dépose;
- La planification et la méthode de réalisation des scellements et appuis;
- Les valeurs des contreflèches et préréglages à vérifier en cours de montage;
- Si les tôles de bardages ou de couverture participent à la stabilité de la structure (générale ou locale);
- Les tolérances à contrôler, à mettre dans une fiche de contrôle (Voir Annexe A).

Pour les éléments minces, les plans de montage doivent préciser, entre autres :

- Le calepinage des tôles;
- Le type et l'ordre de pose des fixations dont les conditions de percement;
- Le type et la position des joints;
- Les conditions de circulation sur les tôles.

Ces informations peuvent être regroupées sur un ou plusieurs des documents suivants, selon la taille du chantier et la complexité de la structure, documents qui seront fournis au responsable du montage avant le début des opérations:

- Un descriptif de la méthode de montage;
- Des plans d'implantation rappelant le système et le quadrillage de référence (implantation des files principales et secondaires);
- Des plans de montage;
- Des plans d'exécution de la structure;
- Des instructions de montage.

Certaines de ces dispositions d'organisation peuvent également être fournies dans le cadre du PPSPS: plan particulier de sécurité et de protection de la santé (voir document guide de l'OPPBTP [1]).

3 RECEPTION DES APPUIS ET ANCRAGES

La position et le niveau des appuis doivent être vérifiés avant montage de la structure et être conformes aux tolérances de la norme NF EN 1090-2 (voir Annexe A), éventuellement complétées par des exigences particulières des documents du marché.

Des jeux suffisants pour les trous des plaques d'assise et des rondelles de grande dimension sont généralement à prévoir pour tenir compte du cumul des écarts autorisés pour les appuis et pour la structure.

Les rondelles de grande dimension doivent être soudées après réglage. Les exigences pour le soudage sur chantier sont les mêmes que pour le soudage en atelier.

Les vérifications des tolérances de pose doivent être enregistrées sur les fiches de contrôle (voir Annexe A).

En cas d'écarts relevés lors de la vérification des appuis, les fiches de contrôle correspondantes sont soumises au bureau d'études qui définira, avec l'accord du client, les modifications et les reprises éventuellement nécessaires.

Cette action peut nécessiter un arrêt de chantier à faire constater par le pilote du chantier.

4 RECEPTION DES ELEMENTS DE STRUCTURE

Lors du déchargement du camion et de la réception des produits et des éléments de la charpente sur le chantier, une attention particulière doit être apportée à l'état visuel des pièces :

- Contrôle des quantités;
- Contrôle de la conformité des repères au bordereau d'expédition;
- Relevé des pièces déformées;
- Réception des pièces galvanisées à chaud (déformations hors tolérances);
- Protection (galvanisation, peinture) abimée, dégradée.

Ces contrôles doivent faire l'objet d'un enregistrement.



5 MONTAGE SUR SITE

5.1 Stabilisation en phase de réglage

Le montage et le réglage de la structure peuvent être réalisés par zones, en fonction de l'ouvrage à construire, des interfaces avec les autres corps d'état, de l'avancement des ossatures supports, etc.



Lors du montage, il est recommandé de maintenir une certaine souplesse avant serrage définitif des assemblage, afin de permettre le réglage des éléments, tout en assurant leur stabilisation provisoire et en évitant de soumettre les éléments à des contraintes ou des efforts ponctuels non prévus.

Dans cet objectif, la pose des boulons pendant ces phases de réglage est réalisée sans serrage définitif. L'étape de serrage définitif est réalisée lorsque le réglage est terminé et les tolérances d'aplomb contrôlées.

Note Il est rappelé que, pendant la phase provisoire de montage, un assemblage ne peut contribuer à la stabilité des éléments partiellement terminés, que si au moins un tiers des boulons a été posé et disposé conformément au mode de fonctionnement de l'assemblage Cette estimation ne vaut que tant que les éléments de structure ne supportent pas d'autres charges que le poids propre de la structure.

La méthode de montage doit prévoir la pose des stabilités provisoires nécessaires aux phases de montage et de réglage.

5.2 Exécution des scellements

Lors du réglage des appuis, il est recommandé de ne pas dépasser une hauteur de calage de 40 mm et de les disposer dans le prolongement des semelles du poteau. Leur disposition doit permettre un recouvrement par le produit de scellement d'au moins 25 mm (voir figure 1).

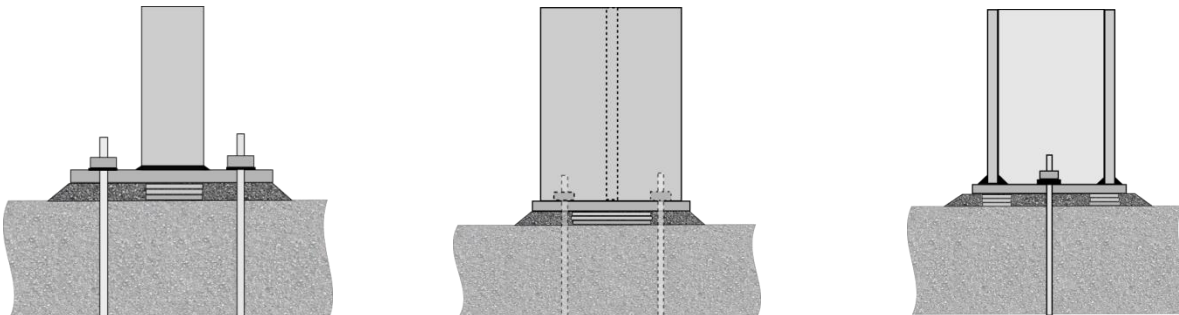


Figure 1- Exemple de remplissage sous plaque d'appui avec calage

Généralement, les opérations de préscléments et de scellement dans des réservations ne font pas partie du marché du charpentier. Il est recommandé de s'assurer que cette opération est effectuée correctement, rapidement après la mise à disposition de la structure terminée et réglée.

En particulier, il convient de s'assurer du bon remplissage de l'espace libre. La présence de trous d'évents permet de vérifier la bonne exécution de ce remplissage.

5.3 Mise en œuvre des fixations

5.3.1 Généralités

Les surfaces de contact doivent être propres et ébavurées.

Les surfaces rugueuses non revêtues destinées aux assemblages précontraints doivent être débarrassés de la rouille sans modifier le niveau de rugosité.

Dans le cas où l'assemblage par couvre joint de pièces présente une différence d'épaisseur, le jeu D doit être limité à:

- 1 mm pour les assemblages précontraints
- 2 mm pour les assemblages non précontraint

Si D dépasse les limites ci-dessus, des fourrures peuvent être utilisées aux conditions suivantes (voir figure 2) :

- Epaisseur des fourrures ≥ 2 mm;
- Nombre ≤ 3 ;
- Résistance mécanique et protection à la corrosion compatible avec celles des éléments assemblés.

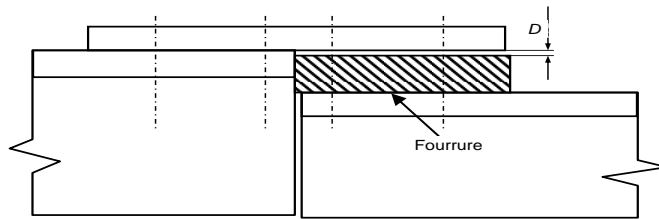


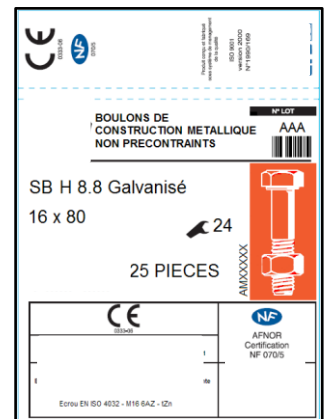
Figure 2 – Assemblage par couvre joint avec fourrure

5.3.2 Boulons non précontraints

Les boulons de diamètre supérieur ou égal à 12 mm doivent être marqués SB sur la tête.

Les boulons M8 et M10 sont soit marqués SB sur les têtes, soit marqués uniquement par la marque du fabricant et la classe de qualité.

Les vis et écrous doivent faire partie de lots compatibles et sont généralement livrés dans le même conditionnement contenant les vis et un sachet d'écrous.



Il convient de prendre les dispositions d'approvisionnement et de stockage nécessaire afin d'éviter tout risque de mélange entre les lots !

5.3.2.1 Vis

Pour tous types de vis, la longueur doit être choisie pour permettre un dépassement d'au moins un pas de filetage.

Pour les vis cisailées sur tige lisse, la longueur de la partie filetée dans la dernière épaisseur coté écrou doit être:

$$\leq t / 3$$

$$\geq 1 \text{ filet complet}$$

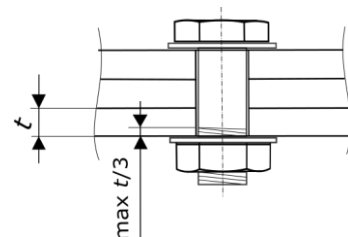


Figure 3 – Boulons non précontraints

5.3.2.2 Ecrous

Il est recommandé de tester la bonne rotation des écrous sur les vis avant montage et de mettre au rebus les écrous ne tournant pas librement.

Ils doivent être montés de sorte de laisser visible leur marquage.

5.3.2.3 Rondelles

Dans le cas de trous oblongs ou surdimensionnés, il est recommandé d'utiliser 1 rondelle du côté du trou oblong, en plat d'épaisseur minimale 4 mm.

Pour ajuster la longueur de serrage des boulons, un maximum de 3 rondelles est autorisé pour une épaisseur combinée maximale de 12 mm.

Il convient également de rappeler que la NF EN 1090-2 préconise l'utilisation de rondelles biaises lorsque l'inclinaison entre la surface de la tôle et le plan perpendiculaire à l'axe de la vis dépasse :

- 1/20 (3°) pour les vis de diamètre $d \leq 20$ mm;
- 1/30 (2°) pour les vis de diamètre $d > 20$ mm.

5.3.2.4 Serrage des boulons non précontraints

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à obtenir un contact ferme et un bon accostage des pièces. Des fourrures peuvent être utilisées pour ajuster l'assemblage.

Chaque boulon doit être serré jusqu'au refus, en veillant à éviter tout sur-serrage.

Pour obtenir un serrage uniforme, au moins deux cycles de serrage sont recommandés.

L'ordre de serrage des boulons d'un même assemblage est choisi en fonction:

- des rigidités en présence en commençant a priori par la partie la plus rigide de l'assemblage et en se déplaçant progressivement vers la partie la moins rigide;
- des zones de l'assemblage les mieux accostées afin de ramener progressivement les pièces au contact.



Pour les éléments épais, d'épaisseur t

- $t \geq 4$ mm pour les plaques et tôles;
- $t \geq 8$ mm pour les profils;

des jeux résiduels n'excédant pas 4 mm peuvent être laissés en rive à condition que le contact soit assuré dans la partie centrale de l'assemblage (sauf dans le cas des appuis par contact direct).

5.3.3 Boulons précontraints

5.3.3.1 Boulons

Les boulons sont marqués HR, HV ou HRC sur la tête et sur l'écrou et livrés montés en ensemble vis, écrous et rondelles.

Tableau 2 - Marquage des boulons

| Boulons HR | | Boulons HV | | Boulons HRC | |
|------------|-------|------------|-------|-------------|-------|
| | | | | | |
| Tête | Ecrou | Tête | Ecrou | Tête | Ecrou |

La longueur de la vis doit être prévue afin de permettre un dépassement de 1 filet complet et un minimum de 4 filets à l'intérieur de la tôle coté écrou.

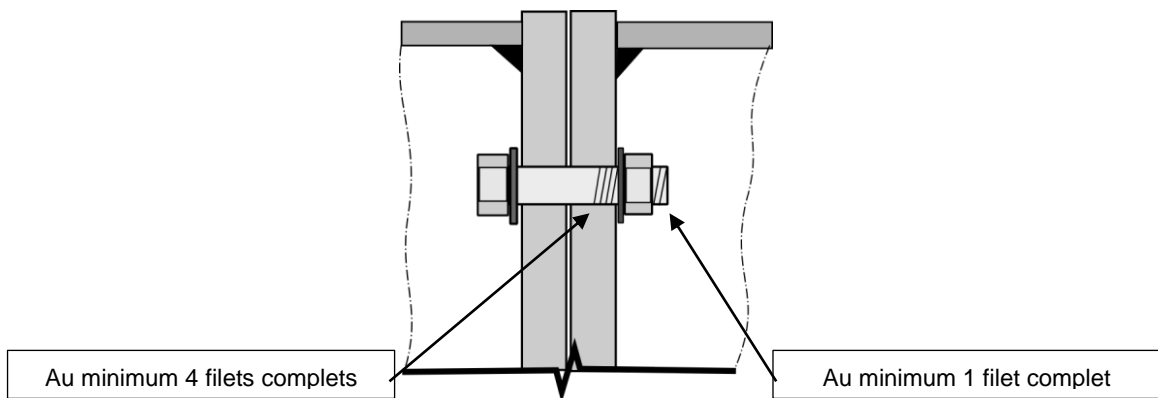


Figure 4 – Boulons précontraints

Pour les boulons précontraints serrés avec la méthode du couple, il est rappelé qu'une seule rondelle supplémentaire (au plus 2) est autorisée du côté qui tourne au serrage.

Jusqu'à trois rondelles supplémentaires peuvent être utilisées du côté qui ne tourne pas au serrage.

5.3.3.2 Serrage des boulons précontraints

La méthode de serrage dépend du type de boulons et de la classe K du boulon, indiquée sur la boîte ou le conditionnement du boulon.

La méthode la plus utilisée en France est la méthode du couple avec boulons HR.

Tableau 3 — Méthodes de serrage des boulons aptes à la précontrainte

| Méthode de serrage | Classe K des boulons | | |
|---|----------------------|------------|--------------------|
| | K2 | K1 | K0 |
| Serrage selon NF EN 1090-2 : | | | |
| méthode du couple | oui | non | non |
| méthode combinée | oui | oui | non |
| méthode pour HRC | oui | non | oui (si écrou HRD) |
| avec indicateurs directs de précontrainte | oui | oui | oui |

L'ordre de serrage des boulons d'un même assemblage est choisi en fonction:

- des rigidités en présence en commençant a priori par la partie la plus rigide de l'assemblage et en se déplaçant progressivement vers la partie la moins rigide;
- des zones de l'assemblage les mieux accostées afin de ramener progressivement les pièces au contact.

Le serrage est effectué de préférence par le serrage de l'écrou (boulons HR et HV).

Une première étape de serrage consiste à assurer l'accostage des pièces, pendant lequel les boulons sont serrés comme des boulons non précontraints, en vérifiant des jeux résiduels en rive inférieurs à 2 mm.

La deuxième étape dépend de la méthode de serrage.

Pour la méthode du couple et la méthode combinée, le couple de serrage C est déterminé en fonction du coefficient k_m donné par le fabricant pour chaque lot de boulons.

$$C = 1,1 \times k_m \times d \times F_{p,C}$$

$F_{p,C}$ = Précontrainte requise de $0,7 \times f_{ub} \times A_s$, (kN.m)

k_m = Coefficient de rendement du couple (valeur moyenne dans le cas des boulons de classe HV)

d = Diamètre nominal du boulon (mm)

Ces informations sont généralement fournies sur les boîtes et les documents de contrôle.

5.3.3.3 Méthode du couple

La méthode du couple ne doit être utilisée qu'avec des boulons de classe K2.

Elle comprend ensuite deux phases de serrage réalisées avec une clé dynamométrique:

- Serrage à 75% du couple
- Serrage à 110% du couple

Les clés à choc ne sont autorisées que pour la première phase de serrage.

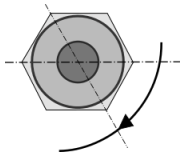
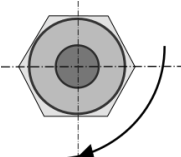
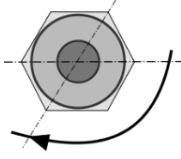
Le certificat d'étalonnage en cours de validité doit être fourni par l'atelier au chantier (réétalonnage annuel).

5.3.3.4 Méthode combinée

La méthode combinée comprend deux phases :

- Serrage à 75% du couple à la clé dynamométrique;
- Serrage avec rotation contrôlée: l'angle de rotation dépend de l'épaisseur des pièces à assembler (voir tableau 4).

Tableau 4 – Méthode combinée

| Epaisseur nominale totale t des pièces à assembler (y compris fourrures et rondelles) | Rotation supplémentaire à appliquer au cours de la seconde phase de serrage | | |
|---|---|------------------|---|
| | Degrés | Fraction de tour | Exemple |
| $t < 2 d$ | 60 | 1 / 6 |  |
| $2 d \leq t < 6 d$ | 90 | 1 / 4 |  |
| $6 d \leq t < 10 d$ | 120 | 1 / 3 |  |
| $d =$ diamètre de la vis | | | |

Il est conseillé d'apposer une marque sur la vis au droit de 2 angles voisins de l'écrou en utilisant un marqueur ou une marque de peinture, et de procéder à un serrage à la clé en faisant tourner l'écrou jusqu'à la position souhaitée et en maintenant la tête de vis en position fixe.

5.3.3.5 Méthode HRC

Les boulons HRC doivent être serrés avec la visseuse adaptée, recommandée par le fabricant des boulons.

La méthode comprend également deux phases de serrage:

- Première phase jusqu'à l'arrêt de la rotation de la douille extérieure de la visseuse;
- Deuxième phase jusqu'à la rupture de l'extrémité cannelée de la vis.



Différents modèles de visseuse existent sur le marché de l'outillage:

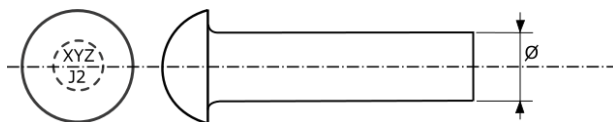


5.3.4 Rivets

La norme française de référence donnant les caractéristiques des rivets utilisés pour la construction métallique est la norme NF E 25-726.

Les caractéristiques dimensionnelles et mécaniques sont définies pour les rivets de diamètre 10 à 27 mm et de qualité S275 JR et S275 J2.

Les rivets conformes à cette norme sont marqués sur la tête et sur leur conditionnement.



Légende:

xyz - marque du fabricant

J2 - classe de qualité de l'acier

Figure 5 — Rivet plein à tête ronde

Les trous peuvent être poinçonnés, alésés ou forés. Les trous poinçonnés doivent être ébavurés.

Tableau 5 – Perçage des trous de rivets

| Rivets de diamètre ϕ | Diamètre du trou | Excentricité maximale entre les trous relatifs à un même rivet |
|---------------------------|------------------|--|
| 8, 10, 12 et 14 mm | $\phi + 1$ mm | ≤ 1 mm |
| ≥ 16 mm | $\phi + 2$ mm | |

Pour les assemblages à plusieurs rivets, un boulon provisoire doit être mis en place et serré dans au moins un trou sur quatre avant le rivetage qui doit débiter au centre du groupe de rivets.

Un rivet brûlé ne doit pas être utilisé. Un rivet chauffé qui n'est pas utilisé immédiatement ne doit pas être réchauffé en vue d'une utilisation ultérieure.

5.3.5 Vis autoperceuses pour éléments minces

Les caractéristiques des vis autoperceuses à tête hexagonale à embase plate, sont définies par la norme EN ISO 15480.

Elles sont identifiées par leur référence à la norme, leur filetage et leur longueur nominale.

Par exemple: Vis autoperceuse ISO 15480 - ST3,5 x 16

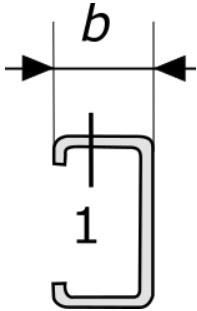
La longueur doit être choisie en fonction de l'épaisseur du matériau à fixer. La longueur effective du filetage doit être telle que la partie filetée soit visible sous l'élément support.

Le réglage des visseuses électriques doit permettre de contrôler la vitesse de perçage et de vissage, la profondeur et/ou le couple, conformément aux recommandations du fabricant des vis. Le couple de taraudage doit être obtenu sans dépasser le couple de cisaillement de la tête, ni le couple d'arrachement du filet.

Il est recommandé de choisir quelques vis témoins qui seront retirées afin de s'assurer de l'intégrité des filetages après mise en place. Lors du remplacement des vis retirées, il peut être nécessaire d'utiliser des fixations de diamètre supérieur pour garantir une fixation correcte dans les trous préformés.

Il convient d'apporter une vigilance particulière lors de l'implantation des vis sur des éléments de pannes en profils formés à froid, afin de respecter le critère de tolérances par rapport à la ligne de fixation :

Tableau 6 – Tolérance d'implantation des vis sur des pannes

| Position théorique | Ecart admissible |
|---|---|
|  | <p>1 = position de la ligne de fixation b = largeur de l'aile de la panne Δ = écart maximum par rapport à la ligne de fixation</p> <p style="text-align: right;"> $\Delta = \pm b/10$ si $b/10 \geq 5$ mm $\Delta = \pm 5$ mm si $b/10 < 5$ mm </p> |

6 CONTROLE DES ASSEMBLAGES BOULONNES

Les opérations de contrôle réalisées sur les assemblages boulonnés après serrage définitif, doivent être enregistrées sur des fiches de contrôle ou sur les plans de montage.

6.1 Contrôle des assemblages non précontraints

Le contrôle des assemblages non précontraints se fait par contrôle visuel afin de s'assurer:

- que l'assemblage est complet (pas de boulons manquants ou non serrés);
- que les rondelles, plaques ou couvre joints sont correctement posés (cas des trous oblongs);
- que les jeux résiduels en rive n'excèdent pas 4 mm;
- que le nombre de filets qui doivent dépasser est correct;
- que l'alignement des éléments entre eux respectent les tolérances de montage.

6.2 Contrôle des assemblages précontraints par boulons HR

Avant la première phase de serrage, il convient de vérifier la propreté des surfaces de frottement et l'étalonnage en cours de validité de la clé dynamométrique.

Un premier contrôle visuel est à réaliser après la première phase de serrage après alignement local des pièces et avant application de la précontrainte.

En classe EXC1, le contrôle après serrage dans un délai de 12 à 72 heures n'est pas exigé par la norme NF EN 1090-2. A défaut de ce contrôle ultérieur, il convient de formaliser l'auto contrôle de l'opérateur sur les plans de montage ou fiches de contrôle:

- Lors du premier contrôle visuel d'accostage des pièces
- Immédiatement après l'application du couple de précontrainte à l'ensemble de l'assemblage.

En classe d'exécution EXC2, les contrôles doivent être réalisés selon un plan d'échantillonnage sur 5 % des boulons pour l'ensemble de la structure. Ces contrôles doivent faire l'objet d'un enregistrement. Le type de contrôle dépend de la méthode de serrage.

6.3 Contrôle des rivets

Le contrôle consiste à "sonner" les têtes de rivets avec une masse de l'ordre de 500 grammes. Il ne doit être détecté ni mouvement ni vibration.

Une légère collerette régulière et bien centrée peut être acceptée si un nombre restreint de rivets du groupe est concerné. En cas de manque de matière, le rivet doit être remplacé.

Les têtes de rivets "bouterollées" doivent être centrées sur la tige avec une tolérance de 0,15 fois le diamètre du trou. Elles ne doivent présenter ni gerçures ni déchirures.

7 SOUDAGE SUR CHANTIER

Les éléments essentiels de la structure nécessitant des opérations de soudage sur chantier doivent être classés en classe de production PC2. En conséquence, elles relèvent au minimum de la classe d'exécution EXC2 et ne font pas partie du champ d'application du présent guide destiné aux structures de classe EXC1.

Dans le cas particulier des rondelles en pied de poteaux, la classe d'exécution EXC1 peut être maintenue, sous réserve de l'accord des parties et à condition de limiter à 50% de leur capacité, les sollicitations horizontales transmises par les rondelles.

Dans le cas où des soudures sur chantier seraient autorisées en classe EXC1, des précautions particulières sont à prendre :

- Préparation avant soudage des pièces et de la zone de travail;
- Permis feu;
- Protection contre les intempéries;
- Contrôle de la température;
- Réalisation des soudures par un soudeur qualifié;
- Contrôle visuel de 100% des soudures formalisé sur une fiche de contrôle ou sur les plans d'exécution;
- En cas de défaut relevé lors du contrôle visuel, un contrôle non destructif est nécessaire (voir fascicule 1).

Note En classe EXC2, les opérations de soudage sur chantier doivent faire l'objet de précautions particulières :

- *Mode opératoire défini et soudeur qualifié;*
- *Avis d'un coordinateur en soudage;*
- *Préparation de la zone de travail;*
- *Préparation des pièces;*
- *Précautions particulières (par exemple permis feu) ;*
- *Conditions d'exécution (protections contre les intempéries, température d'exécution);*
- *Contrôles.*

8 PROTECTION ANTICORROSION

8.1 Protection par peinture

Il est recommandé de réaliser la protection anticorrosion en atelier (voir fascicule 2). L'application sur chantier sera limitée aux reprises et retouches du revêtement.

Dans le cas d'un système de peinture mis en œuvre sur chantier, les documents d'exécution doivent spécifier:

- a) la durée de vie attendue de la protection contre la corrosion selon l'EN ISO 12944-1;
- b) la catégorie de corrosivité selon l'EN ISO 12944-2 ;
- c) le système de peinture choisi selon l'EN ISO 12944-5.

Il convient de ne pas effectuer ces travaux si :

- la température ambiante est inférieure à celle indiquée dans les recommandations du fabricant pour le produit à appliquer ;
- les surfaces à revêtir sont humides ;
- la température des surfaces à revêtir est inférieure à 3 °C au-dessus du point de rosée, sauf spécification contraire dans la fiche technique du produit.

Lorsque plusieurs couches sont nécessaires, il est recommandé d'utiliser une teinte différente pour chaque couche.

La vérification de la protection contre la corrosion doit inclure :

- avant application:
 - des vérifications pour s'assurer que les surfaces en acier préparées sont conformes en termes de propreté et de rugosité de surface (voir fascicule 2);
- après application
 - des mesures d'épaisseur de chaque couche du revêtement de peinture conformément à l'ISO 19840;
 - un contrôle visuel pour s'assurer que le traitement par peinture est conforme aux dispositions de l'EN ISO 12944-7.

Après application, les surfaces peintes doivent être protégées contre l'accumulation d'eau.

Il est recommandé d'obtenir le certificat de conformité fourni par l'applicateur. Le procès-verbal se limite normalement aux travaux de préparation de surface, à des informations générales sur les produits de peinture utilisés, à l'application de la peinture, aux conditions d'environnement pendant les travaux et aux résultats des mesurages effectués: voir annexe J de l'EN ISO 12944-8.

8.2 Protection par galvanisation

Dans le cas où la réception des pièces galvanisées serait assurée sur le chantier, il convient d'accorder une attention particulière à l'inspection des sites d'amorçage de fissuration possibles, comme les soudures, angles, arêtes découpées à la flamme, trous, etc.

Il est recommandé d'obtenir du galvaniseur lors de la livraison des pièces galvanisées un certificat de conformité avec la norme NF EN ISO 1461, attestant des contrôles réalisés par le galvanisateur:

- les contrôles d'épaisseur du revêtement;
- les contrôles de déformation des pièces après galvanisation;
- les contrôles visuels et/ou par magnétoscopie vis-à-vis des risques de fissuration (voir document guide EGGA [2]).

9 VERIFICATION DES TOLERANCES DE MONTAGE

Avant montage, il convient de prévoir sur les documents de montage, les mesures et relevés nécessaires à la vérification des tolérances de pose. Les relevés doivent être corrigés en fonction de la précision des instruments de mesure et des écarts de température entre la pose et la mesure. Les appareils de mesure doivent être maintenus en bon état et étalonnés.

Les vérifications des différents éléments structuraux peuvent nécessiter plusieurs étapes de contrôle en cours de montage, en fonction de l'avancement des autres corps d'état.

Les tolérances d'ensemble doivent être contrôlées après l'enlèvement des contreventements et/ou des fixations provisoires et sous poids propre de la structure.

La réalisation de ces contrôles doit être formalisée sur les plans de montage ou sur des fiches de contrôle (voir Annexe A).



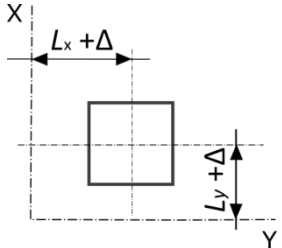
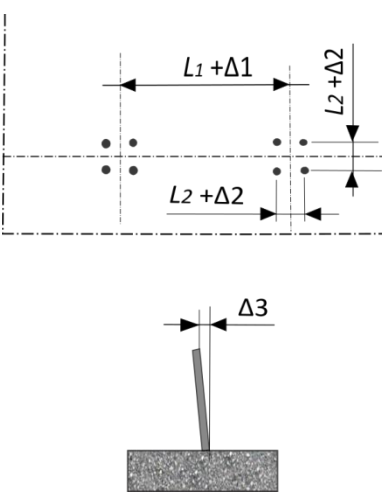
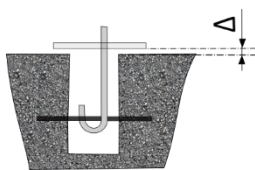
Annexe A

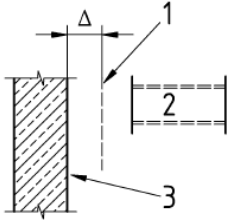
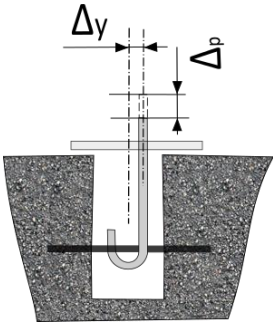
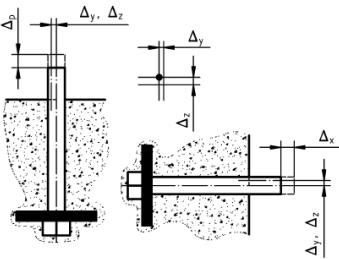
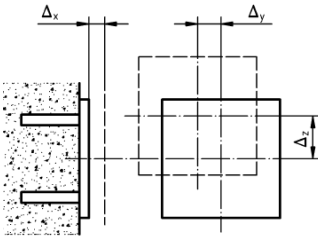
Exemple de fiche de contrôle des tolérances de montage

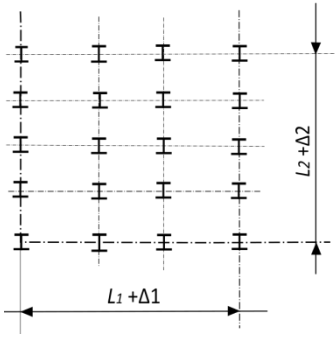
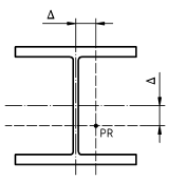
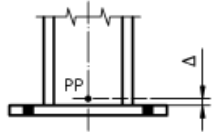
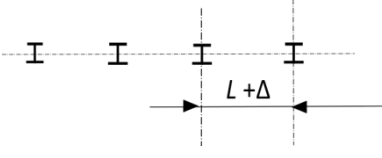
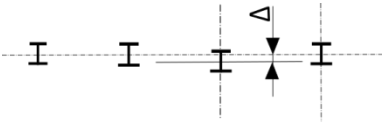
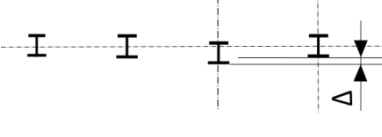
Les vérifications des tolérances de montage rappelées ci-après sont à adapter au chantier et à la structure mise en œuvre.

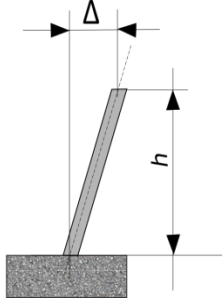
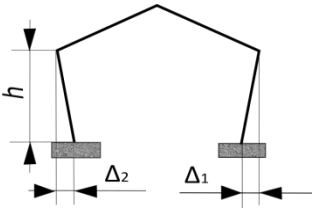
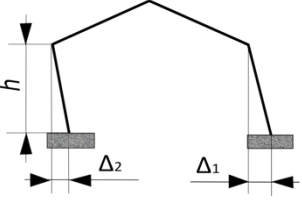
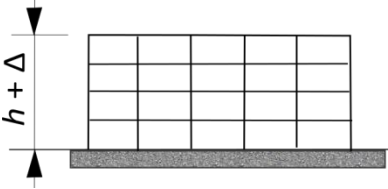
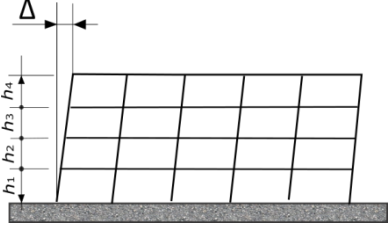
Les écarts limites sont à mesurer par rapport aux positions théoriques des éléments de la structure, telles que prévues sur les plans d'exécution et de montage.

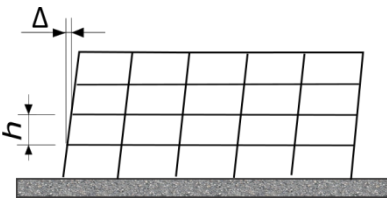
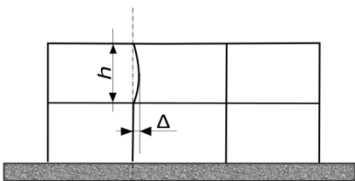
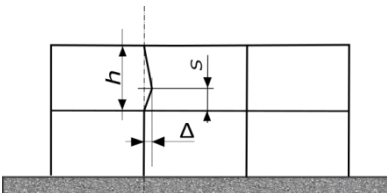
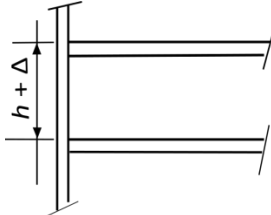
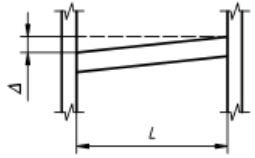
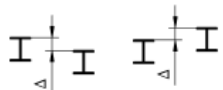
La validation peut être assurée par la signature ou les initiales du responsable du montage tel que par exemple le conducteur de travaux ou le chef de chantier.

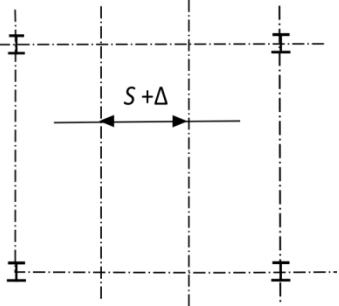
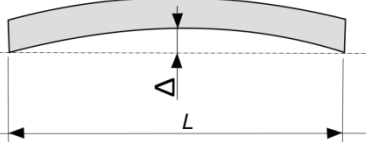
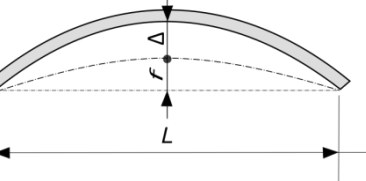
| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|---|---|--------------|------------|
| <p>Position en plan des poteaux</p>  | <p>X et Y sont les axes théoriques d'implantation</p> <p>$\Delta = \pm 25 \text{ mm}$</p> | | |
| <p>Position des tiges d'ancrage</p>  | <p>Point central d'un groupe de tiges d'ancrage:</p> <p>$\Delta = \pm 6 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la distance entre 2 groupes de tiges:</p> <p>$\Delta_1 = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la distance entre tiges:</p> <p>$\Delta_2 = \pm 3 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la hauteur d'une tige:</p> <p>$- 5 \text{ mm} \leq \Delta \leq + 25 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la verticalité d'une tige:</p> <p>$\Delta_3 \leq \max (5 \text{ mm}, L_3 / 200)$</p> | | |
| <p>Niveau de fondation</p>  | <p>$- 15 \text{ mm} \leq \Delta \leq + 5 \text{ mm}$</p> | | |

| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|--|--|--------------|------------|
| <p>Fixation sur une paroi verticale</p>  <p>1 position théorique 2 élément en acier 3 paroi support</p> | <p>$\Delta \leq \pm 25 \text{ mm}$</p> | | |
| <p>Tige d'ancrage avec réglage</p>  | <p>Ecart sur la position de l'axe de la tige: $\Delta_{y \text{ ou } z} = \pm 10 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la longueur visible de la tige: $- 5 \text{ mm} \leq \Delta_p \leq + 25 \text{ mm}$</p> | | |
| <p>Tige d'ancrage sans réglage</p>  | <p>Ecart sur la position de l'axe de la tige: $\Delta_{y \text{ ou } z} = \pm 3 \text{ mm}$</p> <p>Ecart sur la longueur visible de la tige: $- 5 \text{ mm} \leq \Delta_p \text{ ou } x \leq + 45 \text{ mm}$</p> | | |
| <p>Plaque d'ancrage noyée dans le béton</p>  | <p>Ecart sur la position des axes de la platine: $\Delta_{x \text{ ou } y \text{ ou } z} = \pm 10 \text{ mm}$</p> | | |

| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|---|---|--------------|------------|
| <p>Implantation</p>  | <p>Si $L \leq 30$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 20$ mm</p> <p>Si $30 \text{ m} < L < 250$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 0,25 (L + 50)$ mm</p> <p>Si $L \geq 250$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 0,1 (L + 500)$ mm</p> | | |
| <p>Emplacement des poteaux</p>  | <p>$\Delta = \pm 10$ mm</p> | | |
| <p>Niveau des appuis</p>  | <p>$\Delta = \pm 5$ mm</p> | | |
| <p>Entraxe entre poteaux</p>  | <p>Si $L \leq 5$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 10$ mm</p> <p>Si $L > 5$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 0,2 (L + 45)$ mm</p> | | |
| <p>Alignement des poteaux</p>  | <p>$\Delta = \pm 10$ mm</p> | | |
| <p>Alignement de la face extérieure des poteaux</p>  | <p>$\Delta = \pm 10$ mm</p> | | |

| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|--|---|--------------|------------|
| <p>Inclinaison des poteaux</p>  | $\Delta = \pm h / 300$ | | |
| <p>Inclinaison de chaque poteau d'un portique</p>  | $\Delta = \pm h / 150$ | | |
| <p>Inclinaison moyenne des poteaux d'un portique</p>  | $\Delta = \pm h / 300$ avec $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2) / 2$ | | |
| <p>Hauteur totale de la structure</p>  | Si $h \leq 20$ m $\Rightarrow \Delta = \pm 20$ mm Si $h > 20$ m \Rightarrow hors EXC1 | | |
| <p>Inclinaison sur plusieurs niveaux</p>  | $\Delta = \pm \Sigma h / 300\sqrt{n}$ $n =$ nombre d'étages | | |

| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|---|--|--------------|------------|
| <p>Inclinaison entre 2 étages</p>  | $\Delta = \pm h / 500$ | | |
| <p>Rectitude d'un poteau d'étage</p>  | $\Delta = \pm h / 750$ | | |
| <p>Position d'un éclissage de continuité</p>  | $\Delta = \pm s / 750$ avec $s \leq h/2$ | | |
| <p>Hauteur d'étage</p>  | $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ | | |
| <p>Horizontalité d'une poutre de plancher</p>  | $\Delta = \pm L / 500$ et $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ | | |
| <p>Niveau entre poutres de plancher</p>  | $\Delta = \pm 10 \text{ mm}$ | | |

| Rappel des critères de la NF EN 1090-2 | Ecart limite | Ecart mesuré | Validation |
|--|--|--------------|------------|
| <p>Entraxe entre poutres de plancher</p>  | <p>$\Delta = \pm 10 \text{ mm}$</p> | | |
| <p>Rectitude d'une poutre</p>  | <p>$\Delta = \pm L / 500$</p> | | |
| <p>Contreflèche</p>  | <p>$\Delta = \pm L / 300$</p> | | |

Bibliographie

[1] GUIDE OPPBTP: PP SPS "Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé" - Réf. A1 G 11 11 - 06/02/2015 (ISBN : 978-2-7354-0416-2)

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