**Norme européenne EN 1090-2 intitulé :** Exécutions des structures en acier et des structures en aluminium - Partie 2 : Exigences techniques pour les structures en acier (*Execution of steel structures and aluminium structures - Part 2: Technical requirements for steel Structures*) de juillet 2002, éditée par le comité européen de normalisation CEN

**Chapitre 8 – Fixation mécaniques / Boulons non précontraints + Boulons précontraints + Rivets**

**Introduction :**

**On commence par les règles préliminaires liées au chapitre 8 ; ce sont les sections 5.6 et 6.6, ensuite on passe aux règles de ce chapitre.**

**5.6 Éléments de fixation mécaniques**

**5.6.1 Généralités**

La résistance à la corrosion des connecteurs, éléments de fixation et rondelles d'étanchéité doit être

comparable à celle spécifiée pour les éléments fixés. Les revêtements de galvanisation à chaud des

éléments de fixation doivent être conformes à l'EN ISO 10684. Les revêtements de protection des

composants des éléments de fixation doivent satisfaire aux exigences de la norme de produit pertinente

ou, à défaut, aux recommandations du fabricant.

**5.6.2 Terminologie**

Dans le corps du texte, on utilise la terminologie suivante :

 a) « rondelle » signifie : «rondelle plate ou rondelle plate chanfreinée» ;

 b) « boulon » signifie : « une vis avec un écrou et rondelle(s) si nécessaire(s)».

**5.6.3 Boulons de construction destinés à des applications non précontraintes**

Les boulons de construction destinés à des applications non précontraintes en acier au carbone ou allié

et en acier inoxydable austénitique doivent être conformes à l'EN 15048-1.

Les boulons conformes à l'EN 14399-1 peuvent aussi être utilisés pour des applications non

précontraintes.

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées

ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

Les caractéristiques mécaniques doivent être précisées pour :

 a) les boulons en acier au carbone ou allié dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans l'EN

ISO 898-1etl'EN 20898-2 ;

 b) les boulons en acier inoxydable austénitique dont le diamètre est supérieur à ceux spécifiés dans

l'EN ISO 3506-1et l'EN 3506-2 ;

 c) les vis en acier austéno-ferritique.

Sauf spécification contraire, les éléments de fixation conformes à l'EN ISO 898-1 et à l'EN 20898-2 ne

doivent pas être utilisés pour assembler des aciers inoxydables conformes à l'EN 10088. Si des kits

d'isolation doivent être utilisés, tous les détails concernant leur utilisation doivent être spécifiés.

**5.6.4 Boulons de construction aptes à la précontrainte**

Les boulons de construction à haute résistance aptes à la précontrainte comprennent les boulons du

système HR, du système HV, et les boulons HRC. Ils doivent être conformes aux prescriptions de l'EN

14399-1 et de la Norme européenne appropriée, tel qu'indiqué dans le Tableau 7.

Les classes de qualité des vis et écrous et, si nécessaire, les finitions de surface doivent être spécifiées

ainsi que toutes les options requises autorisées par la norme de produit.

 **Tableau 7 — Normes de produit pour les boulons de construction**

**à haute résistance aptes à la précontrainte**



Sauf spécification contraire, les vis en acier inoxydable ne doivent pas être utilisées dans les

applications précontraintes. Si elles sont utilisées, elles doivent être traitées comme des éléments de

fixation particuliers.

**5.6.5 Indicateurs directs de précontrainte**

Les indicateurs directs de précontrainte, ainsi que les rondelles durcies associées à placer sous l'écrou

et la tête de la vis, doivent être conformes au prEN 14399-9. Les indicateurs directs de précontrainte

ne doivent pas être utilisés avec les aciers de construction à résistance améliorée à la corrosion

atmosphérique, ni avec les aciers inoxydables.

**5.6.6 Boulons résistant à la corrosion atmosphérique**

Les boulons résistant à la corrosion atmosphérique doivent être fabriqués à partir d'un matériau à

résistance améliorée à la corrosion atmosphérique dont la composition chimique doit être spécifiée.

NOTE Les éléments de fixation de nuance A type 3 conformes à la norme américaine ASTM A325 conviennent [48].

Leurs caractéristiques mécaniques, performances et conditions de livraison doivent être conformes aux

exigences de l'EN 14399-1 ou de l'EN 15048-1 selon le cas.

**5.6.7 Boulons d'ancrage**

Les boulons d'ancrage doivent avoir des caractéristiques mécaniques conformes à l'EN ISO 898-1 ou

être fabriqués à partir d'un acier laminé à chaud conforme aux EN 10025-2 à EN 10025-4. Si spécifié,

il est permis d'utiliser des aciers pour béton armé. Dans ce cas, ils doivent être conformes à l'EN 10080

et la nuance d'acier doit être spécifiée.

**5.6.8 Dispositifs de blocage**

Si requis, les dispositifs de blocage, tels que les écrous autofreinés ou autres types de boulons qui

empêchent efficacement tout desserrage de l'assemblage en cas d'impact ou de vibration importante,

doivent être spécifiés. Sauf indication contraire, il est permis d'utiliser les produits conformes aux EN

ISO 2320, EN ISO 7040, EN ISO 7042, EN ISO 7719, EN ISO 10511, EN ISO 10512 et EN ISO

10513.

**5.6.9 Rondelles biaises**

Les rondelles biaises doivent être conformes à la norme de produit applicable.

**5.6.10 Rivets à chaud**

Les rivets à chaud doivent être conformes à la norme de produit applicable.

**5.6.11 Éléments de fixation pour éléments minces**

Les vis autoperceuses doivent être conformes à l'EN ISO 15480 et les vis autotaraudeuses à l'EN ISO

1481, EN ISO 7049, EN ISO 1479 ou ISO 10509. Les rivets aveugles doivent être conformes à l'EN

ISO 15976, EN ISO 15979, EN ISO 15980, EN ISO 15983 ou EN ISO 15984. Les clous pour pisto

scellement par charge explosive et par air comprimé doivent être classés comme des éléments de

fixation particuliers. Les éléments de fixation mécaniques destinés à être utilisés dans des applications

avec collaboration des parois doivent être d'un type spécifié pour une telle application.

**5.6.12 Éléments de fixation particuliers**

Les éléments de fixation particuliers sont des éléments de fixation qui ne sont pas couverts dans des

normes européennes ou internationales. Ils doivent être spécifiés, tout comme les essais nécessaires.

*NOTE L'utilisation d'éléments de fixation particuliers est traitée au 8.9.*

Les boulons hexagonaux injectés doivent être classés comme éléments de fixation particuliers.

5.6.13 Livraison et identification

Les éléments de fixation selon 5.6.3 à 5.6.5 doivent être livrés et identifiés conformément aux

exigences de la norme de produit pertinente. Les éléments de fixation selon 5.6.7 à 5.6.12 doivent être

livrés et identifiés comme suit :

a) Ils doivent être livrés dans un emballage durable et étiqueté afin que le contenu soit facilement

identifiable.

b) Il convient que l'étiquetage ou les documents d'accompagnement comportent les informations

suivantes sous une forme lisible et durable :-l'identification du fabricant et, s’il y a lieu, les numéros de

lot ;

- le type d'élément de fixation et de matériau et, si nécessaire, son assemblage ;

- le revêtement de protection ;

- les dimensions en mm, s’il y a lieu pour le diamètre nominal et la longueur, et si nécessaire, le

diamètre de la rondelle, l'épaisseur et la plage de compression efficace de la partie élastomère ;

- la dimension du perçage, si nécessaire ;-pour les vis : les détails des valeurs limites de couple de

serrage ;

- pour les clous pour pisto scellement par charge explosive ou air comprimé : les informations

concernant la puissance de tir ou la pression à utiliser, selon le cas.

c) Les éléments de fixation et les éventuelles rondelles associées doivent porter une marque durable

d'identification du fabricant.

**6.6 Perçage**

**6.6.1 Dimensions des trous**

Les dispositions du présent article s'appliquent aux perçages réalisés pour des assemblages par

éléments de fixations mécaniques et axes d'articulation. La définition du diamètre nominal du trou

combinée au diamètre nominal du boulon devant être utilisée dans ce trou détermine l'appellation

«normal» ou «surdimensionné» pour ce trou. Les termes «court» et» long» appliqués aux trous

oblongs font référence à deux natures de trous utilisées dans les calculs des boulons précontraints. Ces

termes peuvent également être employés pour désigner les jeux dans le cas de boulons non

précontraints. Il convient que les dimensions spéciales des assemblages glissants soient spécifiées. Les

jeux nominaux pour les boulons et les axes d’articulation non prévus pour fonctionner dans des

conditions ajustées doivent être tels que spécifiés au Tableau 11. Le jeu nominal est défini comme

étant :

— la différence entre le diamètre nominal du trou et le diamètre nominal du boulon pour les trous

ronds ;

— la différence entre respectivement la longueur ou la largeur du trou et le diamètre nominal du

boulon, pour les trous oblongs.

**Tableau 11 — Jeux nominaux pour les boulons et les axes d’articulation**

****

Pour les boulons ajustés, le diamètre nominal du trou doit être égal au diamètre de la partie lisse de la

tige du boulon.

*NOTE Pour les boulons ajustés conformes à l’EN 14399-8, le diamètre nominal de la partie lisse de la*

*tige est supérieurde1mm au diamètre nominal de la partie filetée.*

Pour les rivets à chaud, le diamètre nominal du trou doit être spécifié. 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 matériau extérieur.

Les dimensions de la fraisure doivent être spécifiées en conséquence. Si la fraisure est pratiquée au

travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, ces matériaux doivent être maintenus fermement jointifs

pendant l'opération de fraisage. Lorsque des vis à tête fraisée sont utilisées en traction ou dans des

applications précontraintes, la profondeur nominale de la fraisure doit être inférieure d'au moins 2 mm

à l'épaisseur nominale du matériau extérieur.

*NOTE Ces 2 mm sont destinés à pallier les tolérances défavorables*.

Pour les rivets aveugles utilisés pour la fixation des tôles profilées, le diamètre du trou de passage (dh)

doit satisfaire à la condition suivante selon les normes pour rivets données au 5.6.11 :

dnom + 0,1 mm ≤dh ≤dnom + 0,2 mm

où dnom = diamètre nominal du rivet.

**6.6.2 Tolérances sur le diamètre de trou pour les boulons et les axes d’articulation**

Sauf spécification contraire, les diamètres de trou doivent satisfaire aux conditions suivantes :

a) trous pour boulons et axes d'articulation ajustés : classe H11 selon l'ISO 286-2 ;

b) autres trous : ± 0,5 mm, le diamètre de trou retenu étant la moyenne des diamètres d'entrée et

de sortie (voir Figure 1).

**6.6.3 Exécution du perçage**

Les trous destinés aux éléments de fixation ou aux axes d'articulation peuvent être formés par

n'importe quel procédé (forage, poinçonnage, coupage laser, jet de plasma ou autre coupage

thermique) à condition que celui-ci laisse un trou fini tel que :

a) les exigences de coupage se rapportant à la dureté locale et à la qualité de la surface de coupe,

conformément au 6.4, soient satisfaites ;

b) tous les trous appariés destinés à des éléments de fixation ou axes d'articulation coïncident

exactement les uns avec les autres de telle manière que les éléments de fixation puissent être insérés

librement dans les éléments assemblés dans une direction perpendiculaire aux faces en contact.

Le poinçonnage est autorisé à condition que l'épaisseur nominale de l'élément ne soit pas supérieure au

diamètre nominal du trou ou, pour un trou non circulaire, à sa dimension minimale.

Sauf spécification contraire, pour les classes d'exécution EXC1 et EXC2, les trous peuvent être formés

par poinçonnage sans alésage.

Pour les classes d'exécution EXC3 et EXC4, le poinçonnage sans alésage n'est pas autorisé. Les trous

doivent être poinçonnés à un diamètre inférieur d'au moins 2 mm au diamètre définitif. La validité des

procédés de perçage doit être vérifiée périodiquement comme suit :

a) huit échantillons couvrant la gamme des diamètres de trous, les épaisseurs de produits constitutifs et

les nuances d'acier traités doivent être réalisés à partir d'essais de qualification de mode opératoire sur

un produit constitutif ;

b) les dimensions des trous doivent être contrôlées aux deux extrémités de chaque trou à l'aide de

calibres tout-ou-rien. Les trous doivent respecter la classe de tolérances spécifiée au 6.6.2.

Si le procédé n'est pas conforme, il ne doit pas être utilisé avant correction. Il peut toutefois être utilisé

sur une gamme limitée de produits constitutifs et de dimensions de trous présentant des résultats

conformes. Les trous doivent également respecter les prescriptions suivantes :

a) l'angle de dépouille (α) ne doit pas être supérieur à celui indiqué dans la Figure 1 ;

b) les bavures (Δ) ne doivent pas être supérieures à celles indiquées dans la Figure 1 ;

c) au niveau des éclisses/couvre-joints, les trous des surfaces de contact doivent être poinçonnés dans

la même direction pour tous les éléments.

****

Max (Δ1 et Δ2) ≤ max (D/10 et 1 mm)

α ≤ 4° (par exemple 7 %)

**Figure 1 — Déformations autorisées pour les trous poinçonnés et les découpes au plasma**

Les trous destinés aux boulons ajustés et axes d'articulation ajustés peuvent être forés à la dimension

finale ou être alésés in situ. Si les trous doivent être alésés in situ, ils doivent être forés ou poinçonnés

à un diamètre inférieur d'au moins 3 mm au diamètre définitif. Lorsque l'élément de fixation doit

s'ajuster au travers de plusieurs épaisseurs de matériaux, les différents éléments doivent être maintenus

fermement jointifs pendant l'opération de forage ou d'alésage. L'alésage doit être réalisé à l'aide d'une

machine à broche fixe. L'utilisation de lubrifiant acide est interdite.

La fraisure des trous ronds normaux destinés aux vis ou rivets à tête fraisée doit être réalisée après le

perçage.

Les trous oblongs longs doivent être soit poinçonnés en une seule opération, soit formés de deux trous

forés ou poinçonnés et terminés par oxycoupage manuel, sauf spécification contraire.

Les trous oblongs dans les éléments et tôles formés à froid peuvent être formés par poinçonnage en

une seule opération, poinçonnage consécutif ou jonction des deux trous poinçonnés ou forés à l'aide

d'une scie sauteuse.

Les bavures doivent être éliminées des trous avant assemblage. Lorsque des trous sont forés en une seule opération au travers d'éléments bridés ensemble ne devant pas être séparés après le forage,

l'élimination des bavures n'est nécessaire que sur les trous extérieurs.

**CHAPITRE 8 de la présente norme «** 8 Fixations mécaniques »

**8.1 Généralités**

Le présent article couvre les exigences relatives aux fixations réalisées en usine et sur chantier, y

compris la fixation de tôles nervurées. Les épaisseurs des divers éléments faisant partie d'un même

assemblage ne doivent pas différer de plus de D, ou D est de 2 mm en règle générale et de 1 mm dans

les applications avec précontrainte (voir Figure 3). Lorsque des fourrures métalliques sont fournies

pour que la différence d'épaisseur ne soit pas supérieure à la limite spécifiée ci-dessus, leur épaisseur

ne doit pas être inférieure à 2 mm. En conditions d'exposition sévère, un jeu plus réduit peut être

nécessaire pour éviter une corrosion caverneuse. L'épaisseur des plaques doit être choisie de manière à

limiter le nombre de fourrures à un maximum de trois.



**Figure 3 — Différence d'épaisseur entre éléments d'un même assemblage**

Les fourrures en plat doivent avoir un comportement à la corrosion et une résistance mécanique

compatibles avec ceux des éléments adjacents de l'assemblage. Une attention particulière doit être portée au risque et conséquences de la corrosion galvanique résultant du contact entre des métaux

différents.

**8.2 Utilisation des boulons**

**8.2.1 Généralités**

Ce paragraphe se rapporte aux boulons spécifiés au 5.6, constitués de vis, d’écrous et de rondelles (le

cas échéant) appariés.

Il doit être spécifié si, en plus du serrage, d'autres mesures ou moyens seront utilisés pour immobiliser

les écrous.

Les assemblages boulonnés présentant de faibles longueurs de serrage utilisés dans des éléments de

faible épaisseur soumis à des vibrations importantes, par exemple râteliers de stockage, doivent utiliser

un dispositif d’immobilisation.

Les boulons précontraints ne nécessitent pas de dispositifs d’immobilisation supplémentaires. Sauf

spécification contraire, les vis et écrous ne doivent pas être soudés.

*NOTE Cette exigence ne s'applique pas aux écrous à souder spéciaux selon, par exemple, l'EN ISO*

*21670, ni aux goujons à souder.*

**8.2.2 Vis**

Le diamètre nominal des fixations utilisées pour le boulonnage des éléments structuraux doit être au

moins M12, sauf spécification contraire comprenant les exigences associées. Pour les plaques et

éléments minces, le diamètre minimal doit être spécifié pour chaque type de fixation.

La longueur des vis doit être choisie de manière à satisfaire, après serrage, aux exigences suivantes

concernant le dépassement de l'extrémité de la vis au-delà de la face de l'écrou et la longueur du

filetage.

La longueur de dépassement doit être au moins égale à la longueur d'un pas de filetage mesurée entre

la face extérieure de l'écrou 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.

*NOTE La longueur de la partie lisse à pleine section de la vis est inférieure (par exemple jusqu'à 12*

*mm pour une vis M20) à la longueur non filetée nominale.*

Pour les boulons non précontraints, au moins un filet complet (outre l'amorce de filetage) doit rester

libre entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de la tige.

Pour les boulons précontraints selon l'EN 14399-3 et l’EN 14399-7, au moins quatre filets complets

(outre l'amorce de filetage) doivent rester libres entre la surface portante de l'écrou et la partie lisse de

la tige.

Pour les boulons précontraints selon l'EN 14399-4 et l’EN 14399-8, les longueurs de serrage doivent

être conformes à celles spécifiées dans le Tableau A.1 de l'EN 14399-4.

**8.2.3 Écrous**

Les écrous doivent tourner librement sur leurs vis associées, ce qui est facile à vérifier au moment du

montage manuel. Tout boulon dont l'écrou ne tourne pas librement doit être mis au rebut. Si un outil

électrique est utilisé, l'un ou l'autre des deux contrôles suivants peut être utilisé :

a) pour chaque nouveau lot d'écrous ou de vis, leur compatibilité peut être vérifiée par un assemblage à

la main avant l'installation ;

b) pour les boulons montés, mais avant le serrage, il est permis de vérifier manuellement sur un

échantillonnage d'écrous la libre rotation après desserrage initial.

Les écrous doivent être montés de telle sorte que leurs repères de désignation soient visibles en vue

d'un contrôle après montage.

**8.2.4 Rondelles**

En général, l’usage des rondelles n'est pas indispensable avec des boulons non précontraints utilisés

dans des trous ronds normaux. Si elles sont requises, il doit être spécifié si les rondelles doivent être

placées sous la tête de vis ou l’écrou, selon celui qui tourne au serrage, ou sous les deux. Pour les

assemblages à recouvrement ne comportant qu'une seule rangée de boulons, des rondelles doivent être

placées à la fois sous la tête de vis et sous l'écrou.

*NOTE La présence de rondelles peut réduire les détériorations localement occasionnées aux*

*revêtements métalliques, en particulier lorsqu'il s'agit de revêtements épais.*

Les rondelles utilisées sous les têtes de vis précontraintes doivent être chanfreinées conformément à

l'EN 14399-6 et positionnées avec le chanfrein orienté vers la tête de la vis. Les rondelles conformes à

l'EN 14399-5 ne doivent être utilisées que sous les écrous.

Des rondelles plates (ou, si nécessaire, des rondelles biaises trempées) doivent être utilisées pour les

boulons précontraints, de la manière suivante :

a) pour les boulons 8.8, une rondelle doit être placée sous l'élément qui tourne au serrage, tête de vis

ou écrou ;

b) pour les boulons 10.9, des rondelles doivent être placées à la fois sous la tête de la vis et sous

l'écrou

Des rondelles en plat doivent être utilisées pour des assemblages avec les trous oblongs longs et les

trous surdimensionnés. Pour ajuster la longueur de serrage des boulons, il est permis d'utiliser une

rondelle en plat supplémentaire ou jusqu'à trois rondelles avec une épaisseur combinée maximale de

12 mm. Elles doivent être placées du côté qui ne tourne pas au serrage.

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles en plat doivent être spécifiées. L'épaisseur des

rondelles en plat ne doit pas être inférieure à 4 mm.

Des rondelles biaises 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:

a) 1/20 (3°) pour les vis avec d ≤20 mm,

b) 1/30 (2°) pour les vis avec d > 20 mm,

Les dimensions et les nuances d'acier des rondelles biaises doivent être spécifiées.

**8.3 Serrage des boulons non précontraints**

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à obtenir un contact ferme. Des fourrures

peuvent être utilisées pour ajuster l'assemblage. Pour un élément épais avec t ≥4 mm pour les plaques

et tôles et t ≥8 mm pour les profils, à moins qu'un appui par contact direct n'ait été spécifié, 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.

Chaque boulon doit être au moins serré jusqu’au refus, en veillant spécialement à éviter tout surserrage

des boulons particulièrement courts et les 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.

*NOTE 1 La partie la plus rigide d'un assemblage avec couvre-joints d'une section en I se situe*

*généralement au centre du groupe de boulons. Les parties les plus rigides des assemblages avec*

*platines d’about des sections en I se situent habituellement près des semelles.*

*NOTE 2 Le «serrage jusqu'au refus» peut généralement être compris comme pouvant être obtenu par*

*l'effort d'un homme seul utilisant une clé de dimension normale sans rallonge, et peut être fixé comme*

*le point où une clé à chocs commence à frapper.*

Après serrage, la vis doit dépasser de la face de l'écrou d'au moins un pas complet de filetage.

**8.4 Préparation des surfaces de contact dans les assemblages résistant au glissement**

Le présent article n'est pas applicable aux aciers inoxydables pour lesquels les exigences éventuelles

concernant les surfaces de contact doivent être spécifiées.

Le présent article ne traite pas de la protection contre la corrosion pour laquelle les exigences sont

spécifiées à l'article 10 et à l'Annexe F.

L'aire des surfaces de contact dans des assemblages précontraints doit être spécifiée.

Les surfaces de contact doivent être préparées de manière à produire le coefficient de frottement requis

qui doit en général être déterminé par des essais tels que spécifiés à l'Annexe G.

Les précautions suivantes doivent être prises avant assemblage :

a) les surfaces de contact doivent être exemptes de toute souillure, par exemple, huile, saleté ou

peinture ; les bavures susceptibles d'empêcher l’accostage précis des parties assemblées doivent être

éliminées ;

b) les surfaces non revêtues doivent être débarrassées de rouille ou d'autre matériau non adhérent. On

doit veiller à ne pas endommager ou polir la surface rugueuse. Les zones non traitées autour du

périmètre de l'assemblage serré ne doivent pas être traitées avant la fin du contrôle de l'assemblage.

Le Tableau 18 donne les traitements de surfaces qui peuvent être considérés comme fournissant le

coefficient de frottement minimal selon la classe spécifiée de surface de frottement, sans essai.

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

****

Ces exigences s'appliquent aussi aux fourrures placées pour compenser les différences d'épaisseur

comme spécifié au 8.1.

**8.5 Serrage des boulons précontraints**

**8.5.1 Généralités**

Sauf spécification contraire, la précontrainte minimale nominale Fp,C doit être prise comme suit :

 Fp,C = 0,7 fub As

Où : fub est la résistance nominale ultime du matériau de la vis et As est l'aire résistante de la vis.

telle que définie dans l'EN 1993-1-8 et spécifiée dans le Tableau 19. Ce niveau de précontrainte doit

être utilisé pour tous les assemblages précontraints résistant au glissement et pour tous les autres

assemblages précontraints à moins qu'un niveau de précontrainte inférieur n'ait été spécifié. Dans le

dernier cas, les boulons, la méthode de serrage, les paramètres de serrage et les exigences relatives à

l'inspection doivent aussi être spécifiés.

*NOTE La précontrainte peut être utilisée pour la résistance au glissement, pour les*

*assemblages sismiques, pour la résistance à la fatigue, à des fins d'exécution ou comme mesure de qualité*

*(par exemple pour la durabilité).*

Tableau 19 — Valeurs de Fp,C en [kN]



N'importe laquelle des méthodes de serrage figurant au Tableau 20 peut être utilisée à moins que des

restrictions d’utilisation ne soient spécifiées. La classe k (état de calibrage tel que livré) du boulon doit

être conforme au Tableau 20 pour la méthode utilisée.

Tableau 20 — Classes k pour les méthodes de serrage

****

En variante, un calibrage conforme à l'Annexe H peut être utilisé, sauf pour la méthode du couple à

moins que ce ne soit autorisé dans le cahier des charges d'exécution.

L’état de calibrage tel que livré est valide pour un serrage par rotation de l'écrou. Si le serrage est

effectué par rotation de la tête de vis, le calibrage doit être réalisé conformément à l'Annexe H ou par

des essais complémentaires effectués par le fabricant de l'élément de fixation conformément à l'EN

14399-2.

Les bavures, les matériaux non adhérents ou une surépaisseur de peinture susceptibles d'empêcher

l'accostage précis des parties assemblées doivent être éliminées avant l'assemblage.

Avant l'application de la précontrainte, les éléments assemblés doivent être positionnés et les boulons

d'un même groupe de boulons doivent être serrés conformément au 8.3, mais le jeu résiduel doit être

limité à 2 mm avec les actions correctives nécessaires sur les éléments en acier.

Le serrage doit être effectué par rotation de l'écrou, sauf lorsque l'accès du côté écrou du boulon est

inadapté. Des précautions particulières, selon la méthode de serrage adoptée, peuvent se révéler

nécessaires lorsque les vis sont serrées par rotation de la tête de vis.

Le serrage doit être réalisé progressivement de la partie la plus rigide de l'assemblage vers la partie la

moins rigide. Pour obtenir une précontrainte uniforme, plusieurs cycles de serrage peuvent être

nécessaires. Les clés dynamométriques utilisées dans toutes les phases de la méthode du couple

doivent avoir une précision de ± 4% conformément à l'EN ISO 6789. La précision de chaque clé doit

être contrôlée au moins une fois par semaine, et, dans le cas des clés pneumatiques, à chaque

changement de longueur du flexible d'alimentation en air.

Pour les clés dynamométriques utilisées dans la première phase de la méthode combinée; les

prescriptions sont portés à ± 10 % pour la précision et à une année pour la périodicité.

Un contrôle doit être effectué après tout incident se produisant en cours d'utilisation (choc violent,

chute, surcharge,...) et affectant la clé.

Les autres méthodes de serrage (par exemple, précontrainte axiale par des dispositifs hydrauliques ou

mise en tension avec contrôle par ultrasons) doivent être calibrées conformément aux

recommandations du fabricant de l'équipement.

Les boulons à haute résistance aptes à la précontrainte doivent être utilisés sans modification de l’état

de la lubrification tel que livré, à moins de choisir la méthode pour DTI ou le mode opératoire de

l'Annexe H.

Lorsqu'un boulon a été serré jusqu'à la précontrainte minimale puis est ensuite desserré il doit être

enlevé et mis au rebut.

Les boulons utilisés pour l’accostage initial n'ont normalement pas besoin d'être serrés jusqu'à la

précontrainte minimale ou desserrés ; ils sont, par conséquent, encore utilisables tels quels pour le

serrage final.

*NOTE : Si le processus de serrage est retardé dans des conditions d’exposition non contrôlées, les performances de la lubrification peuvent être affectées et il convient de les vérifier.*

La perte potentielle de force de précontrainte par rapport à sa valeur initiale en fonction de différents

facteurs, par exemple relaxation, fluage des revêtements de surface (voir Annexe F.4 et Tableau 18),

est prise en compte dans les méthodes de serrage spécifiées ci-après. Dans le cas de revêtements de

surface épais, il doit être précisé si des mesures doivent être prises pour compenser la perte ultérieure

de précontrainte éventuelle.

*NOTE : Quand la méthode du couple est utilisée, ceci peut être fait par resserrage après quelques jours.*

**8.5.2 Valeurs de référence du couple**

Les valeurs de référence du couple Mr à utiliser pour une force de précontrainte nominale minimale

Fp,C sont déterminées pour chaque type de combinaison vis-écrou utilisée selon l’une des options

suivantes :

a) valeurs fondées sur la classe k déclarée par le fabricant de l'élément de fixation conformément aux

parties concernées de l'EN 14399 :

1) Mr,2 = km d Fp,C avec km pour la classe K2.

2) Mr,1 = km d Fp,C avec km pour la classe K1.

b) valeurs déterminées conformément à l'Annexe H :

Mr,test = Mm avec Mm déterminé conformément à la procédure appropriée à la méthode de serrage

utilisée.

**8.5.3 Méthode du couple**

Les boulons doivent être serrés à l'aide d'une clé dynamométrique offrant une plage de fonctionnement

appropriée. Des clés manuelles ou automatiques peuvent être utilisées. Les clés à chocs peuvent être

utilisées dans la première phase du serrage de chaque boulon.

Le couple de serrage doit être appliqué de manière continue et sans à-coups.

Le serrage par la méthode du couple comprend au moins les deux phases suivantes :

a) une première phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple

d’environ 0,75 Mr,i avec Mr,i = Mr,2 ou Mr,test.

Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant

d'entamer la seconde phase.

b) une seconde phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple de 1,10 Mr,i avec

Mr = Mr,2 ou Mr,test.

*NOTE L’utilisation du coefficient 1,10 avec Mr,2 est équivalent à (1 + 1,65Vk)*

*avec Vk = 0,06 pour la classe-k, K2.*

**8.5.4 Méthode combinée**

Le serrage par la méthode combinée comprend deux phases :

a) une première phase de serrage, à l'aide d'une clé dynamométrique offrant une plage de

fonctionnement appropriée. La clé doit être réglée sur une valeur de couple d’environ 0,75 Mr,i avec

Mr,i = Mr,2 ou Mr,1 ou Mr,test.

Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant

d'entamer la seconde phase.

Quand on utilise Mr,1, par simplification, on peut utiliser Mr,1= 0,13 d Fp,C , sauf spécification

contraire.

b) une seconde phase de serrage dans laquelle une rotation spécifiée est appliquée à la

partie de l'assemblage qui tourne. La position de l'écrou par rapport aux filets de la vis doit être

repérée immédiatement après la première phase, en utilisant un marqueur ou une marque de peinture,

de manière à pouvoir facilement déterminer la rotation finale de l'écrou par rapport aux filets dans

cette seconde phase. Sauf spécification contraire, la seconde phase doit être conforme aux valeurs

données dans le Tableau 21.

Tableau 21 — Méthode combinée : rotation supplémentaire (vis 8.8 et 10.9)



*NOTE : Lorsque la surface sous la tête de vis (en tenant compte des rondelles biaises, le cas échéant)*

*n'est pas perpendiculaire à l'axe de la vis, il convient de déterminer par des essais l'angle de rotation*

*requis.*

**8.5.5 Méthode HRC**

Les boulons HRC doivent être serrés à l'aide d'une visseuse spécifique équipée de deux douilles

coaxiales qui réagissent par couple l'une contre l'autre. La douille extérieure qui se prend sur l'écrou

tourne dans le sens horaire. La douille intérieure qui s'engage sur l'extrémité cannelée de la vis tourne

dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

*NOTE 1 La visseuse spécifique fonctionne de la manière suivante :*

- au cours du serrage d'un boulon, la douille en rotation est celle qui rencontre le moins de résistance ;

- du début jusqu'à la dernière phase de serrage, la douille extérieure sur l'écrou tourne dans le sens

horaire alors que la douille intérieure maintient l'extrémité cannelée sans tourner, ce qui entraîne le

serrage progressif du boulon par le couple croissant appliqué à l'écrou ;

- lors de la dernière phase de serrage, c'est-à-dire lorsque le plateau de résistance à la torsion de la

gorge de rupture est atteinte, la douille intérieure tourne dans le sens contraire des aiguilles d'une

montre alors que la douille extérieure sur l'écrou fournit la réaction sans tourner ;

- la pose du boulon est terminée lorsque l'extrémité cannelée se cisaille au droit de la gorge de

rupture.

Le niveau requis de précontrainte spécifiée est contrôlé par la vis HRC elle-même au moyen des

caractéristiques géométriques et des caractéristiques mécaniques en torsion conjointement aux

conditions de lubrification. L'équipement ne nécessite pas de calibrage.

Afin de s'assurer que les précontraintes dans les boulons définitivement posés dans les assemblages

répondent à l'exigence de précontrainte minimale spécifiée, le processus d'installation des boulons

comporte généralement deux phases de serrage.

La première phase de serrage est terminée au plus tard lorsque la douille extérieure de la visseuse

arrête de tourner. Si spécifié, cette première phase est répétée aussi souvent que nécessaire. Cette

première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la

seconde phase.

*NOTE 2 Les conseils du fabricant de l'équipement peuvent porter sur des informations*

*complémentaires indiquant comment identifier si le préserrage a bien eu lieu (par exemple le*

*changement du son produit par la visseuse spécifique ou si d'autres méthodes de préserrage sont*

*appropriées.*

La seconde phase de serrage est terminée lorsque l'extrémité cannelée du boulon se cisaille au niveau

de la gorge de rupture.

Si les conditions d'assemblage sont telles qu'il n'est pas possible d'utiliser une visseuse spécifique sur

le boulon HRC, par exemple par manque de place, le serrage doit être effectué par la méthode du

couple (voir 8.5.3), en s'appuyant sur les informations de la classe K2 ou en utilisant un indicateur

direct de précontrainte (voir 8.5.6).

**8.5.6 Méthode par indicateur direct de précontrainte**

Le présent paragraphe s'applique aux rondelles compressibles, telles que les indicateurs directs de

précontrainte conformes au prEN 14399-9, qui indiquent qu'au moins la contrainte minimale requise a

été atteinte, en contrôlant la force dans le boulon. Il ne couvre pas les indicateurs qui s'appuient sur la

torsion. Il ne s'applique pas à la mesure directe de la précontrainte des boulons à l'aide d'instruments

hydrauliques.

Les indicateurs directs de précontrainte et leurs rondelles associées doivent être assemblés comme

spécifié dans l'Annexe J.

La première phase de serrage pour atteindre l'état «serré jusqu'au refus» d'un assemblage d'élément

doit correspondre au moment où la déformation initiale des protubérances des DTI commence. Cette

première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la

seconde phase.

La seconde phase du serrage doit être conforme au prEN 14399-9 et à l'Annexe J. Les valeurs

d’interstices mesurés sur la rondelle indicatrice peuvent être moyennées pour établir l'acceptabilité du

boulon.

**8.6 Boulons ajustés**

Les boulons ajustés peuvent être utilisés dans des applications précontraintes ou non précontraintes, et

8.1 à 8.5 s'appliquent si nécessaire en supplément des exigences ci-après.

Il convient que la longueur de la portion filetée de la tige du boulon ajusté (y compris l'amorce de

filetage) incluse dans la longueur d'appui ne dépasse pas le 1/3 de l'épaisseur de la plaque sauf

spécification contraire (voir Figure 4).

Figure 4 —Portion filetée de la tige incluse dans la longueur d'appui pour des boulons ajustés

Les boulons ajustés doivent être mis en place sans appliquer un effort excessif, et de telle façon que

leurs filetages ne soient pas endommagés.

**8.7 Rivetage à chaud**

**8.7.1 Rivets**

Chaque rivet doit avoir une longueur suffisante pour obtenir une tête de dimensions uniformes, un

remplissage intégral du trou et pour éviter l’empreinte superficielle de la bouterolle sur les faces

extérieures des éléments.

**8.7.2 Mise en oeuvre des rivets**

Les éléments assemblés doivent être rapprochés de manière à être maintenus fermement en contact

pendant le rivetage. L'excentricité maximale entre les trous relatifs à un même rivet dans un

assemblage ne doit pas être supérieureà1mm. Pour répondre à cette exigence, un alésage est autorisé.

Après alésage, il peut être nécessaire de mettre en place un rivet de plus grand diamètre. 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 débuter au centre du groupe de rivets. Des mesures

particulières doivent être prises pour maintenir des éléments assemblés avec un seul rivet (par exemple

serrage).Chaque fois que cela est possible, le rivetage doit être effectué à l'aide de machines de type à

pression constante. Une fois le refoulement terminé, la pression de pose doit être maintenue sur le rivet

pendant un court instant, de façon qu’au dégagement de la machine, la tête soit noire. Chaque rivet

doit être chauffé uniformément sur toute sa longueur, sans brûlure ni calaminage excessif. Il doit être

porté au rouge vif de la tête à la pointe au moment de son insertion, et refoulé sur la totalité de sa

longueur tant qu'il est brûlant, de façon à remplir complètement le trou. Un soin particulier doit être

apporté à la chauffe et à la pose des rivets longs. Chaque rivet doit être débarrassé de sa calamine en le

frappant alors qu'il est brûlant contre une surface dure, après la chauffe et avant l'insertion dans le trou.

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. Lorsqu'une surface affleurante est spécifiée pour des

rivets à tête fraisée, toute partie de métal saillante doit être burinée ou meulée.

**8.7.3 Critères d'acceptation**

Les têtes de rivets doivent être centrées. Le décentrage de la tête par rapport à l'axe de la tige ne doit

pas être supérieur à 0,15 d0, où d0 est le diamètre du trou. Les têtes de rivets doivent être bien formées

et ne doivent présenter ni gerçures, ni cratères. Les rivets doivent présenter un contact satisfaisant avec

les pièces assemblées, aussi bien au niveau de la face extérieure des pièces que dans le trou. Il ne doit

être détecté ni mouvement ni vibration lorsque la tête du rivet est tapotée légèrement à l'aide d'un

marteau. Une légère collerette régulière et bien centrée ne peut être acceptée que si un nombre restreint

de rivets du groupe est concerné. Les faces extérieures des pièces qui ne doivent pas présenter de

marque causée par la bouterolle peuvent être spécifiées. Lorsque des rivets à tête fraisée sont exigés,

les têtes doivent remplir complètement les fraisures après rivetage. En cas de manque de matière, le

rivet doit être remplacé. Tout rivet ne répondant pas aux critères d'acceptation doit être ôté et remplacé

par un rivet neuf.

**8.8 Fixation des éléments minces (à voir le texte de la norme)**

8.9 Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières **(à voir le texte de la norme)**

8.10 Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables **(à voir le texte de la norme)**

**Bibliographie**

[1] prEN 1090-1, Exécution des structures en acier et des structures en aluminium — Partie 1 :

Évaluation de la conformité des éléments structuraux.

[2] EN 1990 : 2002, Eurocode : Bases de calcul des structures.

[3] EN 1993-1-1, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-1 : Règles générales et règles

pour les bâtiments.

[4] EN 1993-1-2, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-2 : Règles générales —

Calcul du comportement au feu.

[5] EN 1993-1-3, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-3 : Règles générales —

Règles supplémentaires pour les profilés et les plaques formées à froid.

[6] EN 1993-1-4, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-4 : Règles générales —

Règles supplémentaires pour les aciers inoxydables.

[7] EN 1993-1-5, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-5 : Plaques planes.

[8] EN 1993-1-7, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-7 : Structures en plaques

chargées hors de leur plan.

[9] EN 1993-1-9, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 1-9 : Fatigue.

[10] EN 1993-1-10, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-10 : Choix des qualités

d’acier.

[11] EN 1993-1-11, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-11 : Calcul des structures à

câbles ou éléments tendus.

[12] EN 1993-1-12, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 1-12 : Règles additionnelles

pour l'utilisation de l'EN 1993 jusqu'à la nuance d'acier S 700.

[13] EN 1993-2, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 2 : Ponts métalliques.

[14] EN 1993-3-1, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 3-1 : Tours, mâts et cheminées

—Tours et mâts haubanés.

[15] EN 1993-3-2, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 3-2 : Tours, mâts et cheminées

— Cheminées.

[16] EN 1993-4-1, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-1 : Silos.

[17] EN 1993-4-2, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-2 : Réservoirs.

[18] EN 1993-4-3, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier — Partie 4-3 : Canalisations.

[19] EN 1993-5, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 5 : pieux et palplanches.

[20] EN 1993-6, Eurocode 3 : Calcul des structures en acier —Partie 6 : Chemins de roulement.

[21] EN 1994 (toutes parties), Eurocode 4 : Calcul des structures mixtes acier — Béton.

[22] EN 1998-1, Eurocode 8 : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes — Partie 1 :

Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

[23] EN 10020, Définition et classification des nuances d'acier.

[24] EN 10027-1, Systèmes de désignation des aciers — Partie 1 : Désignation symbolique, symboles

principaux.

[25] EN 10027-2, Systèmes de désignation des aciers — Partie 2 : Système numérique.

[26] EN 10079, Définition des produits en acier.

[27] EN 10162, Profilés en acier formés à froid — Conditions techniques de livraison —Tolérances

dimensionnelles et sur sections transversales.

[28] EN 13001-1, Appareils de levage à charge suspendue — Conception générale — Partie 1:

Principes généraux et prescriptions.

[29] CEN ISO/TR 3834-6, Exigences de qualité en soudage par fusion des matériaux métalliques —

Partie 6 : Lignes directrices pour la mise en application de l'ISO 3834 (ISO/TR 3834-6 :2007)

[30] EN ISO 2320, Écrous hexagonaux autofreinés en acier — Caractéristiques mécaniques et

performances (ISO2320:1997).

[31] EN ISO 7040, Écrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique), style 1 — Classes de

qualité 5, 8 et10 (ISO 7040:1997)

[32] EN ISO 7042, Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 2 — Classes de qualité 5, 8, 10 et

12 (ISO7042:1997)

[33] EN ISO 7719, Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 1 — Classes de qualité 5, 8 et 10

(ISO7719:1997).

[34] EN ISO 10511, Écrous hexagonaux bas autofreinés (à anneau non métallique)

(ISO 10511:1997).

[35] EN ISO 10512, Écrous hexagonaux autofreinés (à anneau non métallique), style 1, à filetage

métrique à pas fin — Classes de qualité 6, 8 et 10 (ISO 10512:1997)

[36] EN ISO 10513, Écrous hexagonaux autofreinés tout métal, style 2, à filetage métrique à pas fin —

Classes de qualité 8, 10 et 12 (ISO 10513:1997).

[37] EN ISO 9000, Systèmes de management de la qualité — Concepts et vocabulaire (ISO 9000 :

2005).

[38] EN ISO 21670, Écrous hexagonaux à souder, à embase (ISO 21670:2003).

[39] EN ISO 17652-2, Soudage — Essai sur peintures primaires en relation avec le soudage et les

techniques connexes — Partie 2 : Propriétés relatives au soudage des peintures primaires

(ISO 17652-2:2003)

[40] ISO 1803, Construction immobilière — Tolérances — Expression de l'exactitude dimensionnelle

— Principes et terminologie.

[41] ISO 3443-1, Tolérances pour le bâtiment — Partie 1 : Principes fondamentaux de l'évaluation et

de la spécification.

[42] ISO 3443-2, Tolérances pour le bâtiment — Partie 2 : Méthode de prévision de la compatibilité

des éléments.

[43] ISO 3443-3, Tolérances pour le bâtiment — Partie 3 : Procédés pour choisir la dimension

recherchée et prévoir l'ajustement.

[44] ISO 10005, Systèmes de management de la qualité — Lignes directrices pour les plans qualité.

[45] ISO/TR 15608, Soudage — Lignes directrices pour un système de groupement des matériaux

métalliques.

[46] ISO/TR 17663, Soudage — Lignes directrices concernant les exigences de qualité relatives au

traitement thermique en soudage et techniques connexes.

[47] ISO/TR 20172, Soudage — Systèmes de groupement des matériaux — Matériaux européens.

[48] ASTM A325-06, Standard Specification for Structural Bolts, Steel, Heat Treated, 120/105 ksi

Minimum Tensile Strength.

[49] FORCE Technology Report No. 94.34 Reference colour charts for purity of purging gas in

stainless steel tubes.J. Vagn Hansen. revised May 2006.

[50] ECCS No 79 European recommendations for bolted connections with injection bolts; August

1994.

[51] BCSA and Galvanizers Association Publication No. 40/05 — Galvanizing structural steelwork —

An approach to the management of liquid metal assisted cracking; 2005.

[52] DASt-Ri 022, Guidance for hot dip zinc coating (en preparation en 2009)