

[rparation et assemblage](#)

[Soudage](#)

[Fixations mécaniques](#)

[Montage](#)

[Traitement des surfaces](#)

[Tolérances géométriques](#)

[Contrôles, essais et réparations](#)

[Annexe \(normative\) - Informations](#)

[supplémentaires, liste des options et](#)

[exigences relatives aux classes](#)

[d'exécution](#)

[Annexe \(informative\) - Guide pour la](#)

[détermination des classes d'exécution](#)

[Annexe \(informative\) - Liste de contrôle](#)

[du contenu d'un plan qualité](#)

[Annexe \(normative\) - Tolérances](#)

[géométriques](#)

[Annexe \(informative\) - Assemblages](#)

[soudés de profils creux](#)

[Annexe \(normative\) - Protection contre la](#)

[corrosion](#)

[Annexe \(normative\) - Essai pour](#)

[déterminer le coefficient de frottement](#)

[Annexe \(normative\) - Essai d'étalonnage](#)

[pour boulons précontraints en conditions](#)

[de chantier"](#)

[Annexe \(normative\) - Utilisation](#)

[d'indicateurs directs de précontrainte de](#)

[type rondelles compressibles](#)

[Annexe \(informative\) - Boulons](#)

[hexagonaux injectés](#)

[Annexe - Guide pour l'organigramme de](#)

[mise au point et d'utilisation d'un DMOS](#)

[Annexe - Méthode séquentielle de](#)

[contrôle des éléments de fixation](#)

[Bibliographie](#)

Figures et tableaux

## NF EN 1090-2+A1 (2011-10-01)

Cacher le menu

### Fixations mécaniques

#### 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 cavernueuse.

L'épaisseur des plaques doit être choisie de manière à limiter le nombre de fourrures à un maximum de trois.

!



Figure 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.

#### Utilisation des boulons

##### 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.

!Sauf spécification contraire, les boulons précontraints ne doivent pas être utilisés avec des 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.

##### 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 pour des assemblages précontraints et non précontraints."

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](#), [EN 14399-7](#) et [EN 14399-10](#)," 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](#).

##### 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 :

- pour chaque nouveau lot d'écrous ou de vis, leur compatibilité peut être vérifiée par un assemblage à la main avant l'installation ;
- 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.

### 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 :

- pour les boulons 8.8, une rondelle doit être placée sous l'élément qui tourne au serrage, tête de vis ou écrou ;
- 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" 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 supplémentaires avec une épaisseur combinée maximale de 12 mm." !Pour les boulons précontraints serrés par la méthode de contrôle du couple (y compris un système HRC), une seule rondelle plate supplémentaire peut être utilisée du côté qui tourne au serrage, ou bien une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées du côté qui ne tourne pas au serrage. Dans les autres cas d'applications précontraintes et non précontraintes, une rondelle plate supplémentaire ou des rondelles supplémentaires peuvent être placées soit du côté qui tourne au serrage soit du côté qui ne tourne pas au serrage."

NOTE : !Toute utilisation de rondelles ou de rondelles plates supplémentaires peut provoquer un déplacement du plan de cisaillement des boulons avec guidage et il convient par conséquent de vérifier que cette utilisation est conforme aux hypothèses de conception et de calcul."

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:

- 1/20 (3°) pour les vis avec  $d \leq 20$  mm,
- 1/30 (2°) pour les vis avec  $d > 20$  mm,

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

### 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  $t \geq 4$  mm pour les plaques et tôles et  $t \geq 8$  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 : 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 : 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.

! *texte supprimé* "

### 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 :

- 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 ;
- 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 - Classifications pouvant être envisagées pour les surfaces de frottement

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

Ces exigences s'appliquent aussi aux fourrures placées pour compenser les différences d'épaisseur comme spécifié au 8.1.

## Serrage des boulons précontraints

### Généralités

Sauf spécification contraire, la précontrainte minimale nominale  $F_{p,C}$  doit être prise comme suit :

$$F_{p,C} = 0,7 f_{ub} A_s$$

• où :

- $f_{ub}$  est la résistance nominale ultime du matériau de la vis et  $A_s$  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 - Valeurs de  $F_{p,C}$  en [kN]

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

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 - Classes  $k$  pour les méthodes de serrage

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

En 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 inadéquat. 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.

!Lors de la première étape et de la dernière étape du serrage, 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  $\pm 4\%$

conformément à l'[EN ISO 6789](#). La précision de chaque clé doit être maintenue conformément à l'[EN ISO 6789](#) 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 portées à  $\pm 10\%$  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.

### Valeurs de référence du couple

Les valeurs de référence du couple  $M_r$  à utiliser pour une force de précontrainte nominale minimale  $F_{p,C}$  sont déterminées pour chaque type de combinaison vis-écrou utilisée selon l'une des options suivantes :

- valeurs fondées sur la classe  $k$  déclarée par le fabricant de l'élément de fixation conformément aux parties concernées de l'[EN 14399](#) :
  - $M_{r,2} = k_m d F_{p,C}$  avec  $k_m$  pour la classe K2.
  - $M_{r,1} = k_m d F_{p,C}$  avec  $k_m$  pour la classe K1.
- valeurs déterminées conformément à l'Annexe H :  $M_{r,test} = M_m$  avec  $M_m$  déterminé conformément à la procédure appropriée à la méthode de serrage utilisée.

### 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 :

- une première phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple d'environ  $0,75 M_{r,i}$  avec  $M_{r,i} = M_{r,2}$  ou  $M_{r,test}$ . Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase.
- une seconde phase de serrage : la clé doit être réglée sur une valeur de couple de  $1,10 M_{r,i}$  avec  $M_r = M_{r,2}$  ou  $M_{r,test}$ .

NOTE : L'utilisation du coefficient  $1,10$  avec  $M_{r,2}$  est équivalent à  $(1 + 1,65 V_k)$  avec  $V_k = 0,06$  pour la classe-k, K2.

### Méthode combinée

Le serrage par la méthode combinée comprend deux phases :

- 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  $0,75 M_{r,i}$  avec  $M_{r,i} = M_{r,2}$  ou  $M_{r,1}$  ou  $M_{r,test}$ . Cette première phase doit être achevée pour tous les boulons dans un même assemblage avant d'entamer la seconde phase. Quand on utilise  $M_{r,1}$ , par simplification, on peut utiliser  $M_{r,1} = 0,13 d F_{p,C}$ , sauf spécification contraire.
- 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 - Méthode combinée : rotation supplémentaire (vis 8.8 et 10.9)

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

NOTE Lorsque la surface sous la tête de vis (en tenant compte des rondelles biaisées, 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.

### 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 : 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 "étape" 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 "étape" 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 : 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 en utilisant un mode opératoire conforme à 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).

### Méthode par indicateur direct de précontrainte

Le présent paragraphe s'applique aux rondelles compressibles, telles que les indicateurs directs de précontrainte conformes au ! [EN 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 ! [EN 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.

### 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).

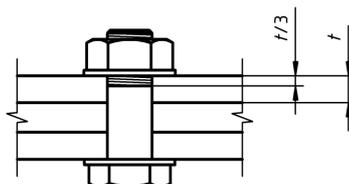


Figure Portion filetée de la tige incluse dans la longueur d'appui pour des boulons ajustés

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

pas endommagés.

## Rivetage à chaud

### 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.

### Mise en œuvre 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 supérieure à 1 mm. 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 débiter 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 dégageement 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.

### 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  $0,15 d_0$ , où  $d_0$  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 fraises 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.

## Fixation des éléments minces

### Généralités

Le présent paragraphe s'applique aux éléments minces ayant une épaisseur de 4 mm au maximum.

Le comportement des éléments de fixation dépendra de la méthodologie de chantier qui peut être déterminée par essais de mode opératoire. Les essais de mode opératoire peuvent être utilisés pour démontrer que les assemblages requis peuvent être réalisés dans les conditions du chantier. Il convient de tenir compte des aspects suivants :

- aptitude à réaliser des trous de dimensions correctes pour les vis autotaraudeuses et les rivets ;
- aptitude à régler correctement les visseuses aux valeurs correctes de couple de serrage/niveau d'enfoncement ;
- aptitude à poser les vis autotaraudeuses perpendiculairement à la surface assemblée et à poser les rondelles d'étanchéité à la compression correcte dans les limites recommandées par le fabricant de rondelles ;
- aptitude à choisir et utiliser des goujons pour pistoscellement par charge explosive ;
- aptitude à former un assemblage structural acceptable et à reconnaître un assemblage inacceptable.

Les éléments de fixation doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit.

L'utilisation d'éléments de fixation spéciaux et de méthodes particulières de fixation est traitée au 8.9.

### Utilisation de vis autotaraudeuses et autoperceuses

La longueur et la forme du filetage des vis doivent être choisies en fonction de l'application spécifique et de l'épaisseur du matériau à fixer. La longueur effective du filetage doit être telle que la partie filetée s'engage dans l'élément support.

Pour certaines applications, les vis nécessitent un filetage interrompu. Lorsqu'une rondelle d'étanchéité est utilisée, il convient que l'épaisseur de la rondelle soit prise en compte pour le calcul de la longueur de filetage.

Les éléments de fixation doivent être positionnés en creux d'onde, sauf spécification contraire.

Lorsque des vis sont fixées en sommet d'onde d'une plaque de couverture, il faut prendre soin d'éviter tout enfoncement dans la tôle au niveau du point de pénétration.

Les outils électriques employés pour poser des vis doivent posséder un dispositif de contrôle de profondeur et/ou de limitation du couple qui doit être réglé conformément aux recommandations du fabricant de l'équipement. Si des visseuses électriques

sont utilisées, les vitesses de perçage et de vissage (nombre de tours par minute) doivent être conformes aux recommandations du fabricant d'éléments de fixation.

Lorsque des rondelles d'étanchéité sont utilisées, les vis doivent être mises en œuvre de manière à obtenir la compression appropriée, comme illustré dans la Figure 5.

La jauge de profondeur d'une visseuse électrique doit être réglée de manière à comprimer la rondelle en élastomère dans les limites fixées par le fabricant du produit.

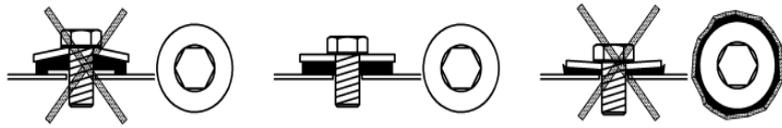


Figure Guide sur la compression des rondelles d'étanchéité Guide sur la compression des rondelles d'étanchéité

Les vis sans rondelles d'étanchéité doivent être posées à l'aide d'un dispositif approprié de contrôle de couple ou de profondeur pour éviter le surserrage.

Le limiteur de couple doit être réglé de manière à ce que le couple de taraudage soit obtenu sans dépasser le couple de cisaillement de la tête, ni le couple d'arrachement du filet.

### Utilisation de rivets aveugles

Le choix de la longueur du rivet aveugle doit être fait en fonction de l'épaisseur totale à assembler.

NOTE : La longueur de rivet recommandée par le fabricant du produit tient généralement compte d'un certain rapprochement des tôles à assembler.

NOTE : La plupart des fabricants proposent une gamme d'outils de pose manuels et électriques permettant de s'adapter à un usage plus ou moins intensif. Ils sont souvent facilement adaptables en ne changeant que le nez et/ou les mâchoires pour poser toute une gamme de rivets aveugles de différents types et dimensions. En général, des têtes interchangeables sont disponibles pour effectuer la pose dans des endroits où l'accès de l'outil est limité, par exemple à l'intérieur des profils en U ou cylindriques.

NOTE : Des caractéristiques de pose prédéterminées par la relation corps du rivet/ tige garantissent l'homogénéité des assemblages.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux recommandations du fabricant du produit.

Après pose, les fûts de tiges rompus et éjectés doivent être collectés et enlevés des surfaces de travail extérieures afin de prévenir toute corrosion ultérieure.

### Fixation aux recouvrements

Les fixations entre panneaux (recouvrements latéraux) et avec les éléments tels que les solins et accessoires doivent être adaptées pour resserrer les tôles entre elles.

Il convient de fixer les recouvrements latéraux des plaques nervurées de la face exposée d'une toiture conformément aux recommandations du fabricant du produit. Il convient que le diamètre minimal de ces fixations soit de 4,8 mm pour les vis autotaraudeuses et autoperceuses et de 4,0 mm pour les rivets aveugles.

S'il y a collaboration des parois, les exigences concernant les fixations des recouvrements latéraux en tant que liaisons structurales doivent être spécifiées.

### Utilisation d'éléments de fixation particuliers et de méthodes de fixation particulières

Les éléments de fixation particuliers et les méthodes de fixation particulières doivent être utilisés conformément aux recommandations du fabricant du produit et aux dispositions appropriées des paragraphes 8.1 à 8.8. Ceci s'applique également aux boulons de liaison de la structure en acier à d'autres matériaux de construction, y compris les boulons de scellement à ancrage chimique.

NOTE : Des exemples de méthodes spéciales de fixation sont les trous spécialement taraudés, les goujons filetés, l'assemblage par collage ou le clinchage qui utilise des tôles assemblées par des déformations locales.

Ces méthodes ne doivent être utilisées que lorsqu'elles sont spécifiées. Tous les essais de mode opératoire exigés en vue de l'utilisation d'éléments de fixation particuliers et des méthodes de fixation particulières dans des applications précontraintes ou non précontraintes, doivent être spécifiés. Des essais différents de ceux spécifiés pour les boulons peuvent se révéler nécessaires. Des essais de mode opératoire peuvent être évités si des informations suffisantes concernant les essais antérieurs sont fournies.

Des trous spécialement taraudés ou des goujons filetés peuvent être utilisés comme équivalent à l'utilisation d'un boulon conforme au 5.6.3, à condition que les matériaux, les formes de filetage et la tolérance du filetage soient en conformité avec la norme de produit appropriée.

Les exigences relatives à l'utilisation de boulons hexagonaux injectés doivent être spécifiées.

NOTE : L'Annexe K contient des informations sur la fourniture et l'utilisation de boulons hexagonaux injectés, auxquelles il est possible de recourir.

### Grippage et arrachement superficiel des aciers inoxydables

Le grippage peut résulter d'une adhérence locale suivie de rupture de surfaces soumises à une charge et en mouvement relatif pendant l'opération de vissage. Dans certains cas, il peut s'ensuivre un collage.

Les méthodes suivantes peuvent être employées pour éviter les problèmes de grippage avec arrachement superficiel :

- il est possible d'utiliser des nuances normalisées différentes d'acier inoxydable qui varient par leur composition, leur taux d'écroutissage et leur dureté (par exemple, combinaison vis-écrou de nuances A2-C4, A4-C4 ou A2-A4 selon l'[EN ISO 3506-1](#) et l'[EN ISO 3506-2](#)) ;
- dans les cas sévères, un alliage spécial d'acier inoxydable avec taux d'écroutissage élevé peut être utilisé pour un élément ou des revêtements de surface durs peuvent être appliqués, par exemple nitruration ou chromage dur ;
- des agents anti-grippage, tels que pulvérisation d'une pellicule à sec de PTFE.

Lorsque des métaux ou revêtements différents sont utilisés, il est nécessaire de s'assurer que la résistance à la corrosion requise est obtenue.

NOTE : Le graissage des boulons est bénéfique, mais il peut entraîner une contamination par la poussière et poser des problèmes de stockage.

---

Cacher le menu

[English Version](#)

**BESOIN D'AIDE ?**  
Nous vous rappelons  
immédiatement et  
gratuitement.



[FAQ et Guide d'utilisation](#) | [Copyright](#) | [Logiciels](#) | [Conditions générales de vente](#) | [Mentions légales](#) | [Nous contacter](#)