

# HILTI

**Brochure  
technique**

**Goujons filetés  
Hilti X-BT**



Juin 2011

<b>1. Le système X-BT</b>	<b>page 4</b>
<b>2. Applications</b>	<b>page 5</b>
2.1 Fixation de caillebotis	5
2.2 X-BT et systèmes de supportage MQ	7
2.3 Fixation d'instruments, de boîtiers de raccordement et d'éclairages	8
2.4 Fixation de supports de câbles/conduits	9
2.5 Fixation des supports de chemins de câbles	9
2.6 X-BT pour équipement de mise à la terre et de continuité de masse	10
<b>3. Données techniques</b>	<b>page 11</b>
3.1 Données produit	11
3.1.1 Matière	11
3.1.2 Outil de pose	11
3.1.3 Homologations	11
3.2 Charges	12
3.3 Limites d'application	13
3.3.1 Épaisseur du matériau fixé	
3.3.2 Entraxe et distance aux bords	
3.3.3 Limites d'application/épaisseur du matériau support	
3.3.4 Choix de la fixation	
3.3.5 Choix de la cartouche et réglages d'énergie du cloueur	
3.3.6 Détails de pose	14
3.3.7 Contrôle de pose	
<b>4. Méthode</b>	<b>page 15</b>
4.1 Instructions d'utilisation	
4.1 Entretien des cloueurs DX 351 BT/G	16

<b>5. Performance</b> (rapports techniques)	<b>page 17</b>
<b>5.1 Nomenclature et symboles / concepts de conception</b>	<b>17-18</b>
<b>5.2 Capacité statique du goujon fileté X-BT</b>	<b>19</b>
5.2.1 Déformation des goujons filetés X-BT sous charges de traction	19
5.2.2 Résistance à la rupture des goujons filetés X-BT	20
5.2.3 Résistance au cisaillement des goujons filetés X-BT	21
5.2.4 Effet des distances aux bords et des entraxes sur la résistance à la rupture des goujons filetés X-BT	22-23
5.2.5 Mécanismes de tenue des goujons X-BT	24
<b>5.3 Résistance à la corrosion</b>	<b>25</b>
5.3.1 Données de corrosion des goujons filetés X-BT	25-26
5.3.2 Corrosion par contact : goujon X-BT en acier inoxydable dans un acier au carbone	27
5.3.3 Données de corrosion issues d'essais sur le site de l'île Helgoland (Mer du Nord)	28
<b>5.4 Effet des goujons filetés X-BT sur le matériau de base en acier</b>	<b>29-30</b>
<b>5.5 Effets des vibrations sur les goujons filetés X-BT</b>	<b>31</b>
<b>5.6 Résistance à la température des goujons filetés X-BT</b>	<b>32-33</b>
<b>5.7 Goujons filetés pour le raccordement des mises à la terre / continuité de masse et les dispositifs de protection contre la foudre</b>	<b>34</b>
6.7.1 Mise à la terre/à la masse et clouage	34
6.7.2 Protection externe contre la foudre	35
<b>5.8 X-BT dans des matériaux de base en acier inoxydable</b>	<b>36</b>
<b>5.9 X-BT sous charge de choc</b>	<b>37</b>
<b>5.10 Goujons X-BT dans des aciers d'épaisseur inférieure à 8 mm</b>	<b>38</b>
5.10.1 Résistance à l'arrachement en acier fin	38
5.10.2 Résistance au cisaillement en acier fin	38-39
5.10.3 Conductivité électrique du X-BT en acier fin	39
<b>5.11 Résistance chimique de la rondelle d'étanchéité SN 12</b>	<b>40</b>
<b>6. Témoignages clients</b>	<b>page 41</b>



Retouches



Corrosion



Desserrage



Transpercement

## 1. Le système X-BT

### Fixation simplifiée avec l'acier

#### Caractéristiques et avantages du système

##### Une seule opération : gain de productivité.

Le perçage et le boulonnage ou le soudage, par exemple, peuvent nécessiter une retouche du revêtement de protection. Avec le X-BT, le goujon est disposé dans un petit trou pré-percé, puis le point d'entrée est rendu hermétique grâce à la rondelle d'étanchéité.

##### Simple et rapide.

Une formation minimale suffit à l'utilisateur pour poser plus de 100 goujons par heure.

##### Haute résistance à la corrosion.

Les goujons filetés X-BT sont en acier inoxydable A4 de classe importante (316 SS), ce qui fait d'eux un choix idéal pour les milieux corrosifs.

##### Résistance à l'arrachement élevée.

Le système X-BT est aussi efficace que des techniques comme le soudage de goujon.

##### Pour se fixer sur toutes les formes en acier.

Contrairement aux étriers qui sont limités par la configuration de l'acier de base, le goujon X-BT est idéal sur un matériel tubulaire, les sections de rails, les brides larges et les angles.

##### Pour se fixer sur toutes les classes d'acier.

Non seulement le goujon X-BT permet de fixer dans de l'acier de construction standard, mais il peut également servir à fixer dans des aciers à haute résistance mécanique et des aciers épais.

##### Portatif et sûr.

La visseuse autonome sans fil ne nécessite pas ni de fil électrique ni de matériel lourd de soudage.

##### Pas de transpercement.

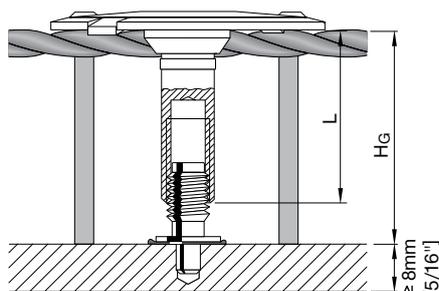
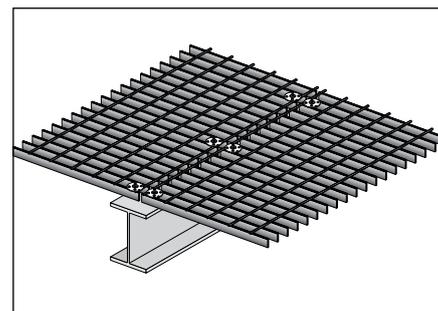
Le processus spécial de perçage et sa performance sûre pour fixer le goujon sans transpercement du matériau de base.

## 2. Applications

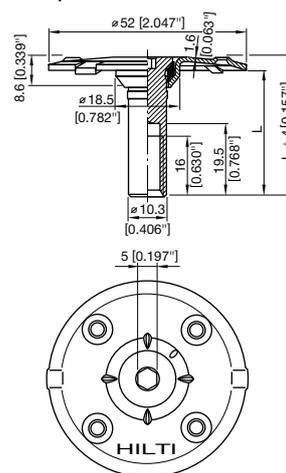
### 2.1 Fixation de caillebotis

(X-BT M8-15-6 SN12-R and X-FCM-R)

Un système de fixation tout en acier inoxydable conçu pour fixer les caillebotis en métal et en fibre de verre dans un acier revêtu et/ou un acier à haute résistance mécanique



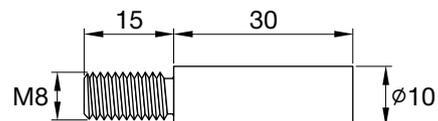
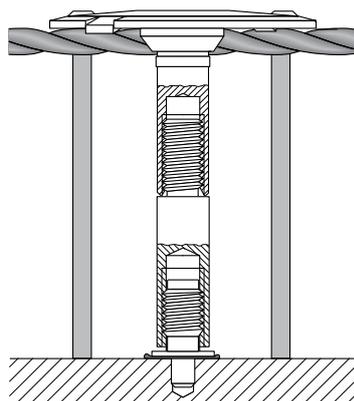
Coupe X-FCM-R



**Important: Pour des raisons de sécurité (charges de cisaillement), le système X-FCM-R ne doit pas être utilisé pour fixer un caillebotis servant au trafic routier.**

#### Adaptateur prolongateur X-SEA-R 30 M8

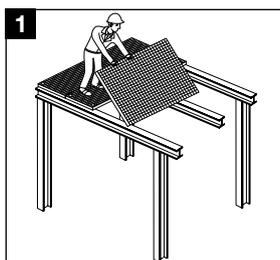
Pour attacher les fixations de caillebotis X-FCM-R avec un dépassement d'une hauteur de 50 mm (1,97 pouce).



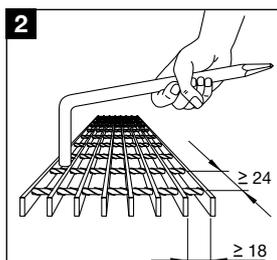
Choix de la fixation

Désignation	L (mm/in.)	Plage de hauteur de caillebotis HG (mm/in.)	Hauteur de-caillebotis avec X-SEA-R 30 M8 (mm/in.)
X-FCM-R 25/30	23/0,91	25-30/0,98-1,18	55-60/2,16-2,36
X-FCM-R 1"-1¼"	27/1,06	29-34/1,14-1,34	59-64/2,32-2,52
X-FCM-R 35/40	33/1,30	35-40/1,38-1,57	65-70/2,56-2,75
X-FCM-R 45/50	43/1,69	45-50/1,77-1,97	75-80/2,91-3,15

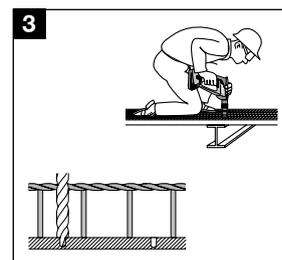
## Instruction de pose



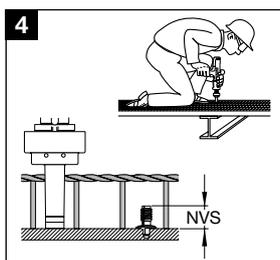
1 Posez le profilé de caillebotis dans sa position finale.



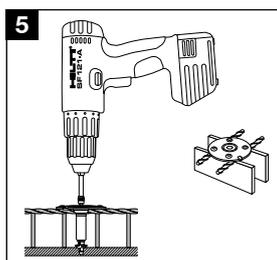
2 Ouvrez les ouvertures du caillebotis si nécessaire.



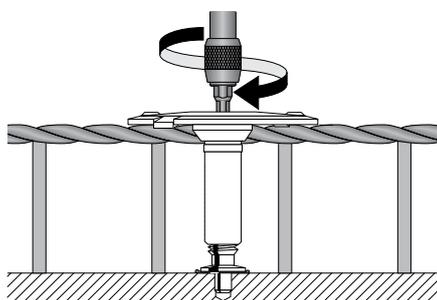
3 Pré-percez avec une mèche à butée **TX-BT 4/7**.



4 Clouez le goujon uniquement avec un cloueur **DX 351 BT G** et une cartouche marron 6.8/11M.



5 Serrez le **X-FCM-R** avec un embout Allen de 5 mm.



## Détails de pose

Commencez le serrage à la main puis avec une visseuse avec contrôle de couple.

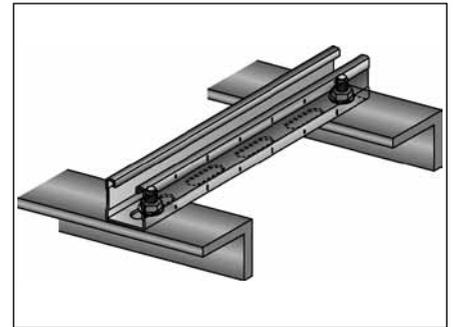
Couple de serrage: 5–8 Nm [3,7–5,9 ft-lb]

Visseuse Hilti	Réglage du couple
<b>SF 121-A</b>	11
<b>SF 150-A</b>	9
<b>SF 180-A</b>	8
<b>SF 144-A</b>	9
<b>SF 22-A</b>	9

## 2.2 X-BT et système de supportage MQ

### Rails de supportage MQ sur acier revêtu (installation électrique et tuyaux de petit diamètre)

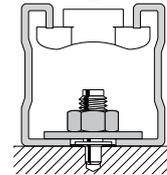
Remarque : Si un effort au cisaillement est appliqué, le goujon X-BT doit être disposé comme sur l'illustration (fin du trou oblong)



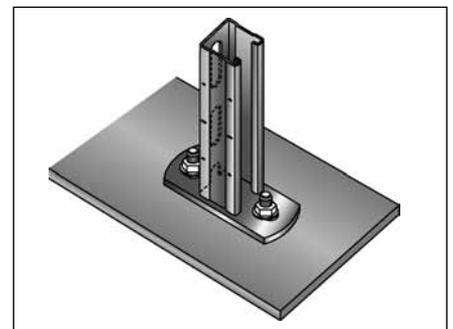
Deux X-BT dans un trou oblong

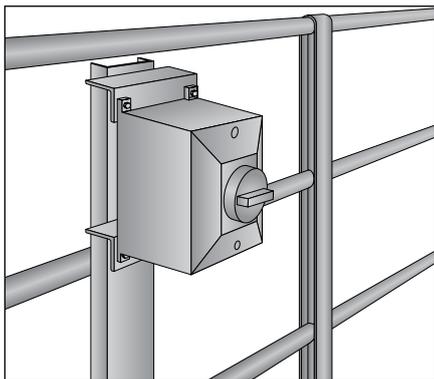


Un X-BT dans chaque trou oblong



### Fixations de consoles et pieds de rail MQ pour faux-plancher

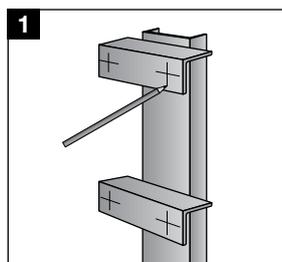




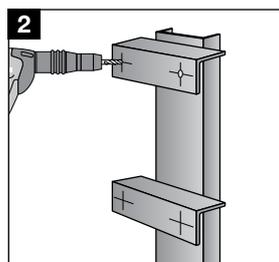
## 2.3 Fixation d'instruments, de boîtiers de raccordement et d'éclairages

Goujon X-BT en acier inoxydable pour fixer les instruments, les boîtiers de raccordement et les éclairages sur acier revêtu et acier à haute résistance

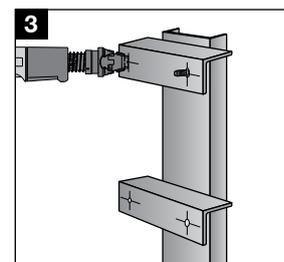
### Instructions de pose



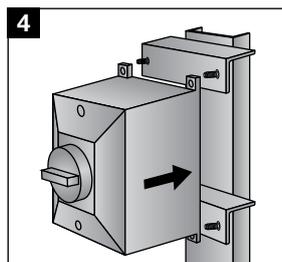
1 Marquez l'emplacement de chaque fixation



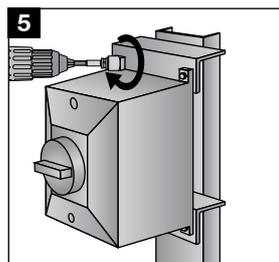
2 Pré-percez avec une mèche à butée TX-BT 4/7.



3 Clouez les goujons X-BT-R avec le cloueur DX 351 BT et des cartouches marrons 6.8/11M.



4 Placez l'appareil sur les goujons et maintenez-le en place. Posez les rondelles et serrez les écrous à la main



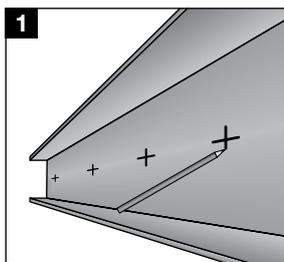
5 Serrez au couple de serrage avec une clé dynamométrique.

## 2.4 Fixation de supports de câbles/conduits

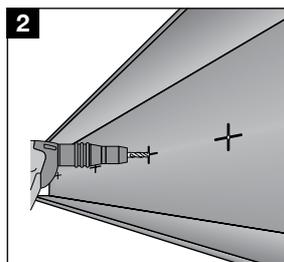
Goujon fileté X-BT pour supports de câbles/conduits.

Goujon fileté en acier inoxydable et supports de conduits (profilés en T) sur acier revêtu et/ou acier à haute résistance

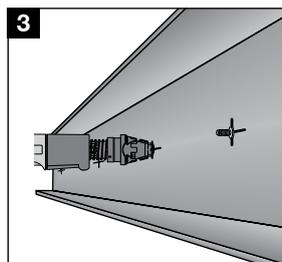
### Instructions de pose



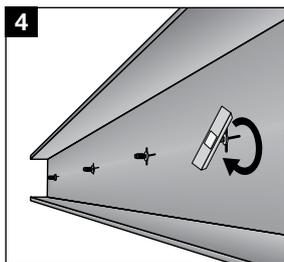
1 Marquez l'emplacement de chaque fixation



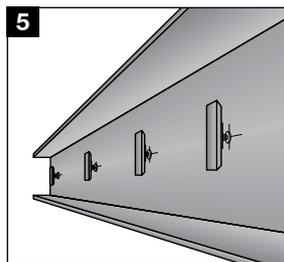
2 Pré-percez avec une mèche à butée TX-BT 4/7.



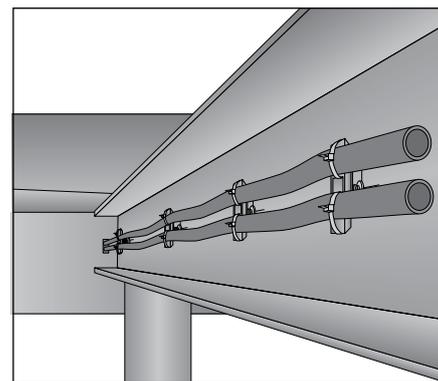
3 Clouez les goujons X-BT-R avec le cloueur DX 351 BT et des cartouches marrons 6.8/11M.



4 Vissez et serrez le support à la main.



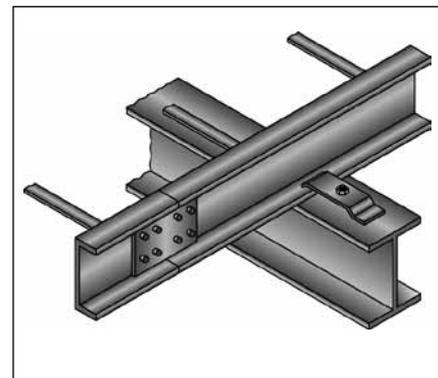
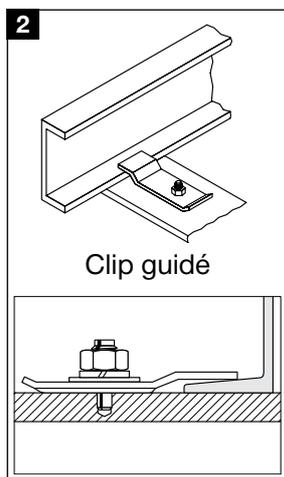
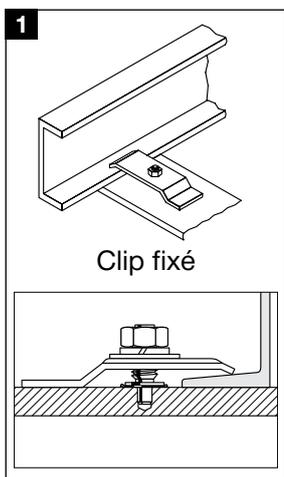
5 Alignez les supports.

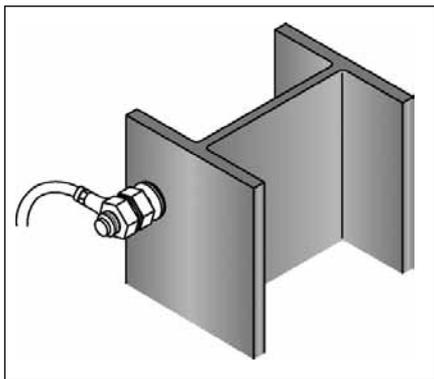


## 2.5 Fixation des supports de chemins de câbles

Goujon en acier inoxydable X-BT pour fixer les chemins de câbles sur acier revêtu et/ou acier à haute résistance

### Instructions de pose





## 2.6 X-BT pour équipement de mise à la terre et de continuité de masse

### Instructions de pose

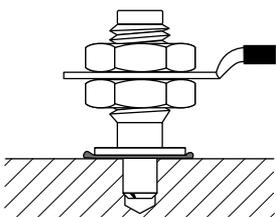
#### Goujons

X-BT M10-24-6 SN12-R

X-BT W10-24-6 SN12-R

X-BT M6-24-6 SN12-R

X-BT W6-24-6 SN12-R

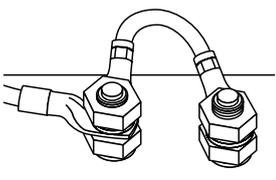


Connexion en un seul point

#### Circuits de protection de mise à la terre/masse

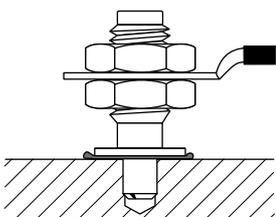
(Selon normes EN 60439-1, EN 60204-1, IEC 60947-7-2)

Taille maximum du câble connecté  $\leq 10 \text{ mm}^2$  cuivre AWG 8



Connexion en deux points

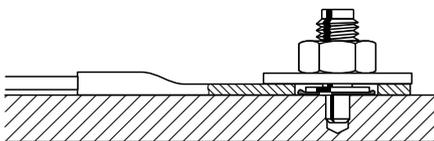
Taille maximum du câble connecté  $\leq 16 \text{ mm}^2$  cuivre AWG 6



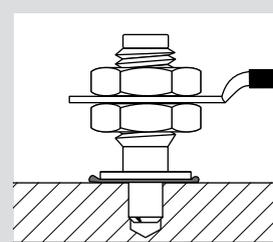
#### Dispositifs de protection externe contre la foudre

(Selon norme EN 50164-1)

Classe d'essai = N,  $I_{\text{max}} = 50 \text{ kA}$ , Temps =  $t_d \leq 2 \text{ ms}$



Classe d'essai = H,  $I_{\text{max}} = 100 \text{ kA}$ , Temps =  $t_d \leq 2 \text{ ms}$



Tenez l'écrou inférieur avec une clé pour contre-écrou tout en serrant le second écrou à un couple d'environ 20 Nm.

### 3. Données techniques

#### 3.1 Données produit

##### 3.1.1 Matière

① Corps:	CR500 (alliage CrNiMo) S31803 (1.4462) N 08926 (HCR, 1.4529) <sup>1)</sup>	équivalent à un matériau nuance A4 / AISI 316 sur commande
② Manchon fileté:	S 31600 (X2CrNiMo 17132)	
③ Rondelle SN12-R:	S 31635 (X5CrNiMo 17 - 12 - 2 + 2H)	
④ Rondelle étanchéité:	Élastomère, noir, résistant aux UV, à l'eau de mer, à l'eau, à l'ozone, aux huiles, etc.	
⑤ Rondelle de guidage:	Plastique	

Désignation conforme au Système de numération unifié (UNS)

<sup>1)</sup> Pour un matériau à haute résistance à la corrosion (HCR), contacter Hilti.

##### 3.1.2 Cloueur

Cloueur DX 351-BT / BTG, pour le choix du gonjon, voir paragraphe 3.3.4.

##### 3.1.3 Homologations

ABS, DNV, GL, LR, ICC ESR-2347, UL



Les systèmes de fixation X-BT détiennent plusieurs homologations de type internationales pour l'industrie de construction navale et off-shore. Ces homologations ont été délivrées par des organismes de classification internationaux importantes pour ces industries, à savoir :

- ABS – American Bureau of Shipping
- DNV – Det Norske Veritas
- GL – Germanischer Lloyd
- LR – Lloyds Register

L'homologation ICC-ESR-234 couvre l'application des produits X-BT en bâtiment.

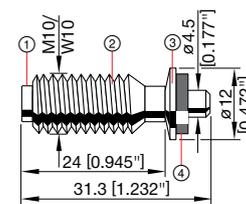
L'homologation ESR-2347 est valable aux États-Unis et permet l'utilisation des X-BT conformément au Code international de construction de 2009 (IBC 2009).

La liste de l'UL (Dossier E257069) concerne l'utilisation des X-BT en tant que matériel pour la mise à la terre et continuité de masse.

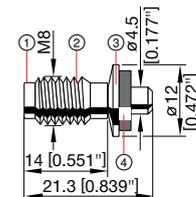
Les homologations sont soumises à des changements continus, pour tenir compte des évolutions des codes (par ex ESR-2347), des évolutions de produits ainsi que l'implémentation de résultats de recherche (voir chapitre 5.4). Les homologations actuelles sont disponibles sur le site web Hilti ou ceux de la plupart des organismes de certification.

X-BT W10-24-6 SN12-R

X-BT M10-24-6 SN12-R

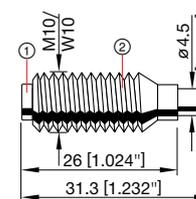


X-BT M8-15-6 SN12-R

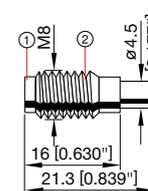


X-BT W10-24-6-R

X-BT M10-24-6-R

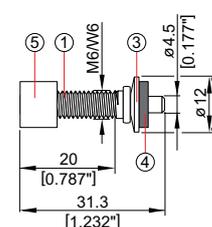


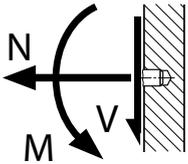
X-BT M8-15-6-R



X-BT W6-24-6 SN12-R

X-BT M6-24-6 SN12-R



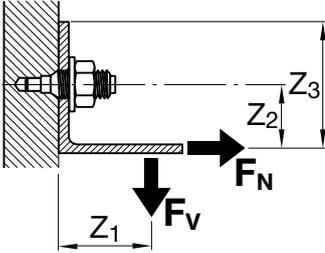


### 3.2 Charges

#### Charges recommandées

Matériau support:		S235, A36	S355, nuance 50 et aciers plus durs
Traction,	$N_{rec}$ [kN/lb]	1,8 / 405	2,3 / 517
Cisaillement,	$V_{rec}$ [kN/lb]	2,6 / 584	3,4 / 764
Moment,	$M_{rec}$ [Nm/lb]	8,2 / 6	8,2 / 6
Couple de serrage,	$T_{rec}$ [Nm/lb]	8 / 5,9	8 / 5,9

Exemple:



#### Hypothèses pour les charges recommandées

- Coefficient global de sécurité supérieur à 3 (basé sur le fractile 5%)
- Distance au bord minimum = 6 mm [1/4"].
- Les effets des vibrations et contraintes agissant sur le matériau support sont pris en compte.
- Pour applications par point de fixation multiple.
- Les charges recommandées dans le tableau représentent la résistance d'une fixation individuelle et peuvent différer des charges  $F_N$  et  $F_V$  qui agissent sur la pièce fixée.

**Note :** Au besoin, la conception doit tenir compte des forces appliquées, voir l'exemple. Moment agissant sur la tige du goujon seulement s'il y a un espace entre le matériau de base et le matériau fixé.

#### Charges cycliques

- L'ancrage d'un goujon fileté X-BT dans un matériau de base en acier n'est pas affecté par des charges cycliques.
- La résistance à la fatigue est liée à la rupture de la tige. Le nombre caractéristique de cycles de charges  $N_k$  de 1,8 kN s'élève à environ 0,5 million. Contacter Hilti pour des données d'essais plus détaillées si des charges cycliques importantes doivent être prises en compte dans la conception.

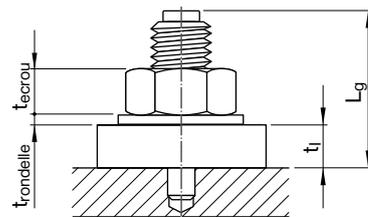
### 3.3 Limites d'application

#### 3.3.1 Épaisseur du matériau fixé

- X-BT M8:  $2,0 \leq t_f \leq 7 \text{ mm}$
- X-BT M10 / X-BT W10:  $2,0 \leq t_f \leq 15 \text{ mm}$
- X-BT M6 / X-BT W6:  $1,0 \leq t_f \leq 14 \text{ mm}$

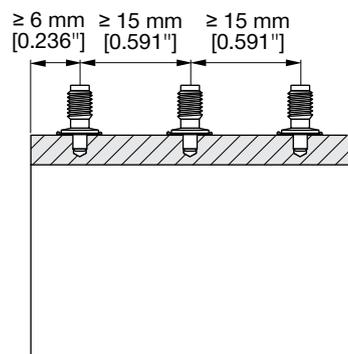
**Note**

Pour X-BT avec rondelle d'étanchéité SN 12R  $t_f \geq 2,0 \text{ mm}$   
 Pour X-BT M6 / W6 avec rondelle d'étanchéité SN 12R  $t_f \geq 1,0 \text{ mm}$

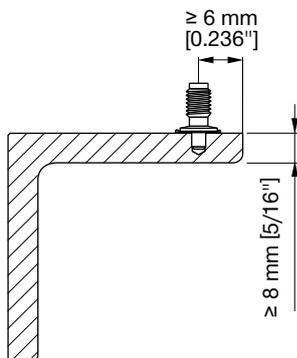


#### 3.3.2 Entraxe et distances au bord

**Entraxe  $\geq 15 \text{ mm}$**

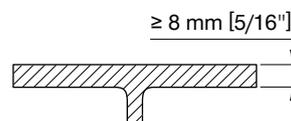


**Distance au bord  $\geq 6 \text{ mm}$**



#### 3.3.3 Limite d'application/épaisseur du matériau support

$t_{ij} \geq 8 \text{ mm [5/16"]}$  → Pas de transpercement. Pas de limite relative à la résistance de l'acier.



#### 3.3.4 Choix de la fixation

Désignation	Code article	Cloueur
X-BT M8-15-6 SN12-R	377074	DX 351-BTG
X-BT M10-24-6 SN12-R	377078	DX 351-BT
X-BT W10-24-6 SN12-R	377076	DX 351-BT
X-BT M8 sans rondelle	377073	DX 351-BTG
X-BT M10 sans rondelle	377077	DX 351-BT
X-BT W10 sans rondelle	377075	DX 351-BT
X-BT M6-24-6 SN12-R	432266	DX 351-BT
X-BT W6-24-6 SN12-R	432267	DX 351-BT

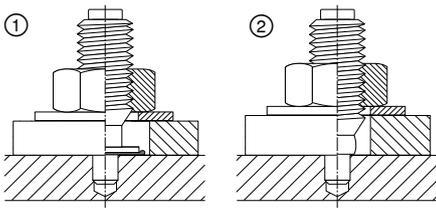
Pour un matériau à haute résistance à la corrosion (HCR), contacter Hilti.

#### 3.3.5 Choix de la cartouche et réglage de l'énergie du cloueur

**Cartouche marron haute précision 6.8/11 M**

Réglage fin par essais de pose sur site

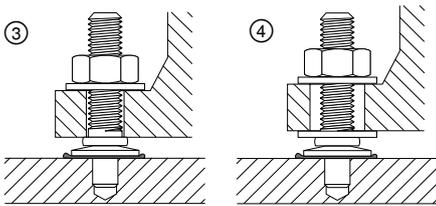
### 3.3.6 Détails de pose



① X-BT avec rondelle  
Diamètre du trou dans matériau fixé  $\geq 13$  mm

② X-BT sans rondelle  
Diamètre du trou dans matériau fixé  $\geq 11$  mm for X-BT M/W10  
 $\geq 9$  mm for X-BT M8

#### X-BT M6 / X-BT W6



③ Diamètre du trou pré percé dans matériau fixé  $< 7$  mm

④ Diamètre du trou pré percé dans matériau fixé  $\geq 7$  mm + rondelle



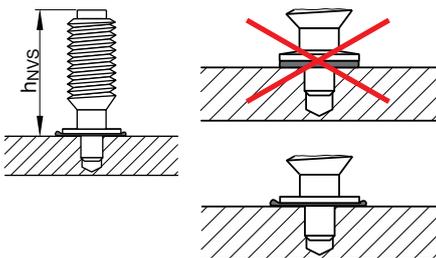
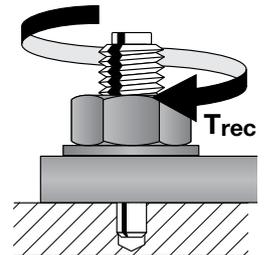
Pré-percez jusqu'à ce que l'épaulement du foret meule un cercle brillant (pour une profondeur de perçage exacte).

#### Avant la pose du goujon

Le trou doit être exempt de liquide ou de débris. Il ne doit pas y avoir de liquide ou de débris dans la zone autour du trou percé.

Couple de serrage,  $T_{rec} \leq 8Nm$  [5.9 ft-lb]!

Viseuse Hilti	Réglage du couple
SF 121-A	11
SF 150-A	9
SF 180-A	8
SF 144-A	9
SF 22-A	9



### 3.3.7 Contrôle de la pose

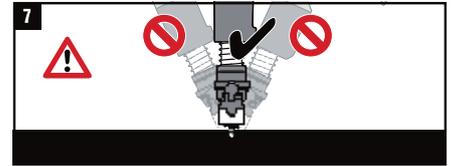
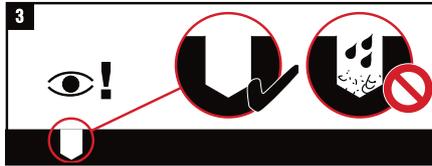
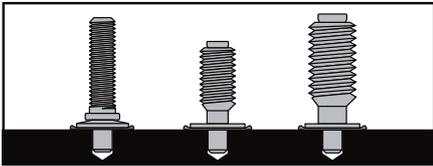
La rondelle SN 12 doit être légèrement écrasée.

X-BT M8  
 $h_{NVS} = 15,7-16,8$  mm

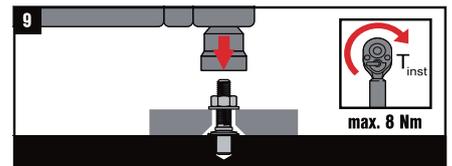
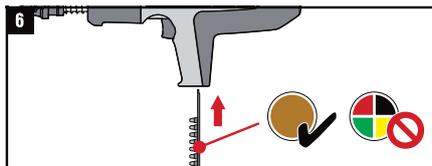
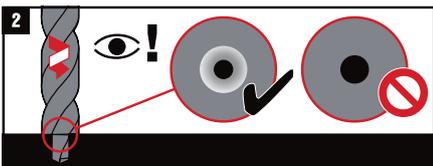
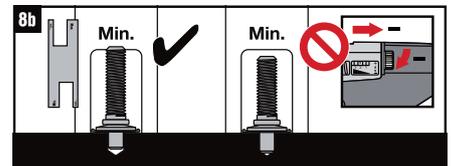
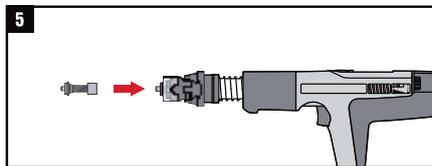
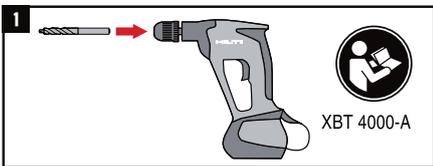
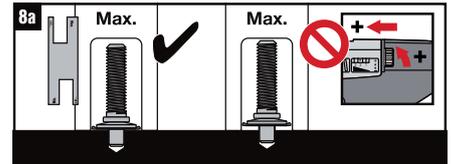
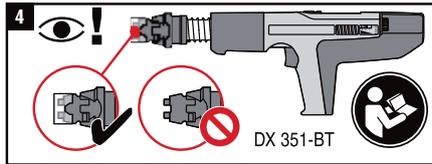
X-BT M10 / X-BT W10 et X-BT M6 / X-BT W6  
 $h_{NVS} = 25,7-26,8$  mm

## 4. Méthode

### 4.1 Instructions d'utilisation

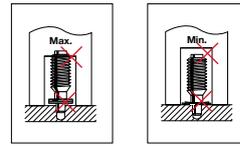
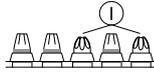


X-BT M6-24-6 SN12-R	DX 351 BT (M)	TX-BT 4/7-80
X-BT M10-24-6 SN12-R	DX 351 BT (W)	
X-BT W6-24-6 SN12-R	DX 351 BT (W)	TX-BT 4/7-110
X-BT W10-24-6 SN12-R	DX 351 BTG	
X-BT M8-15-6 SN12-R	DX 351 BTG	



## 4.2 Entretien des cloueurs DX 351 BT/G

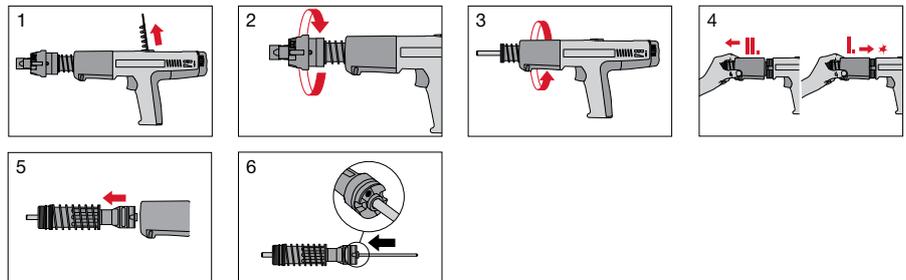
Faire l'entretien si:



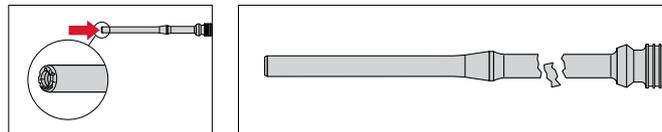
I. une cartouche ne part pas ou

II. la profondeur de guidage est irrégulière

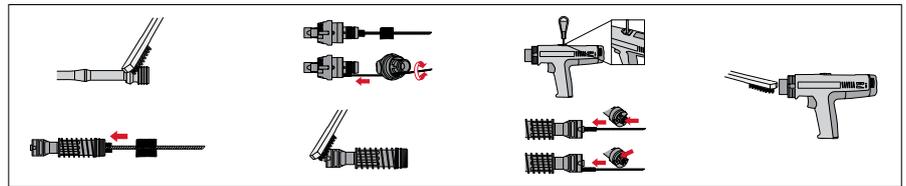
### Démontage



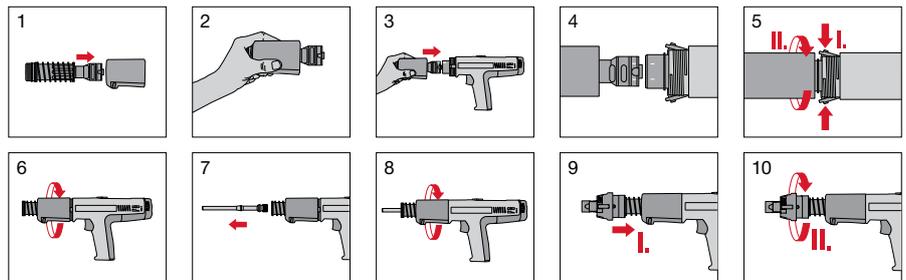
### Vérification



### Nettoyage



### Remontage



Lubrifier vos cloueurs régulièrement avec le spray Hilti !

## 5. Performance (rapports techniques)

### 5.1 Nomenclature et symboles, concepts de calcul

Les symboles et la nomenclature utilisés dans les données techniques sont listés ci-dessous.

#### Données d'essai et performance des goujons

<b>N et V</b>	Forces de traction et de cisaillement au sens général
<b>F</b>	Force combinée (résultant de <b>N</b> et <b>V</b> ) au sens général
<b>N<sub>S</sub> et V<sub>S</sub></b>	Forces de traction et de cisaillement agissant sur une fixation dans le calcul
<b>F<sub>S</sub></b>	Force combinée (résultant de <b>N<sub>S</sub></b> et <b>V<sub>S</sub></b> ) dans le calcul
<b>N<sub>u</sub> et V<sub>u</sub></b>	Force ultime en traction et cisaillement qui cause statistiquement la rupture de la fixation, pour un échantillon
<b>N<sub>u,m</sub> et V<sub>u,m</sub></b>	Force ultime moyenne en traction et cisaillement qui cause statistiquement la rupture de la fixation, pour un ensemble d'échantillons
<b>S</b>	Ecart type des résultats d'essai
<b>N<sub>RK</sub> et V<sub>RK</sub></b>	Résistance caractéristique en traction et cisaillement (fractile 5%). Par exemple, la résistance caractéristique d'une fixation dont les résultats d'essai sont de type "normaux" (courbe de Gauss) est calculée par: $N_{RK} = N_{u,m} - k \times S$ où <b>k</b> est un coefficient qui dépend du nombre d'essais <b>n</b> et du niveau de confiance souhaité.
<b>N<sub>rec</sub> et V<sub>rec</sub></b>	Charges recommandées maximum en traction et cisaillement pour le corps de la fixation: $N_{rec} = \frac{N_{RK}}{\gamma}$ et $V_{rec} = \frac{V_{RK}}{\gamma}$ où $\gamma$ est le coefficient global de sécurité
<b>M<sub>rec</sub></b>	Résistance en flexion recommandé pour le corps $M_{rec} = \frac{M_{RK}}{\gamma}$ où <b>M<sub>RK</sub></b> est la résistance caractéristique en flexion du corps et $\gamma$ est le coefficient global de sécurité. Sauf indication contraire dans les fiches techniques produits, les valeurs de <b>M<sub>rec</sub></b> données dans ce document incluent un coefficient de sécurité de 2.

#### Détails de la fixation

<b>h<sub>ET</sub></b>	Profondeur de pénétration du clou sous la surface du matériau support
<b>h<sub>NVS</sub></b>	Hauteur de dépassement du clou - pour les clous au dessus de la surface du matériau fixé, - pour les goujons au dessus du matériau support.
<b>t<sub>il</sub></b>	Epaisseur du matériau support
<b>t<sub>i</sub></b>	Epaisseur du matériau fixé
<b>∑ t<sub>i</sub></b>	Epaisseur totale des matériaux fixés (cas de plusieurs tôles)

#### Caractéristiques mécaniques des aciers

<b>f<sub>y</sub> et f<sub>u</sub></b>	Limite d'élasticité et résistance à la rupture des matériaux métalliques en traction (en N/mm <sup>2</sup> ou MPa)
---------------------------------------	--

## Concepts de calcul

Les charges recommandées (**N<sub>rec</sub>** and **V<sub>rec</sub>**) conviennent aux charges typiques de conception.

Si le goujon X-BT doit être conçu conformément à un concept de sécurité partiel, les charges recommandées doivent être multipliées par le coefficient global de sécurité (calcul les charges caractéristiques **N<sub>Rk</sub>** and **V<sub>Rk</sub>**).

Par ex., dans un cas de conception conforme aux Eurocodes, le coefficient global de sécurité serait de 2.

### Coefficient global de sécurité

$$N_s \leq N_{rec} = \frac{N_{Rk}}{\nu}$$

où  $\nu$  est le coefficient global de sécurité incluant les tolérances sur:

- erreurs dans l'évaluation des charges
- déviations liées au matériau et à la mise en oeuvre

et **N<sub>s</sub>** est, en général, une charge caractéristique.

$$N_s \approx N_{Sk}$$

### Coefficient partiel de sécurité

$$N_{Sd} \leq N_{Rd}$$

$$N_{Sd} = N_{Sk} \times \gamma_F$$

$$N_{Rd} = N_{Rk} / \gamma_m$$

où  $\gamma_F$  est le coefficient partiel de sécurité pour les charges.

$\gamma_m$  est le coefficient partiel de sécurité correspondant aux déviations liées au matériau et à la mise en oeuvre.

## 5.2 Résistance statique du goujon fileté X-BT

### 5.2.1 Déformation des goujons filetés X-BT sous charges de traction

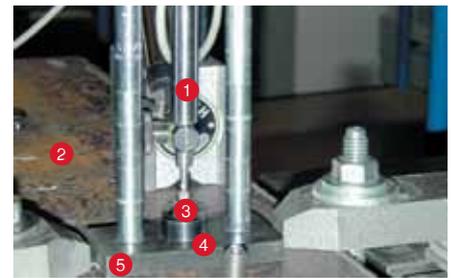
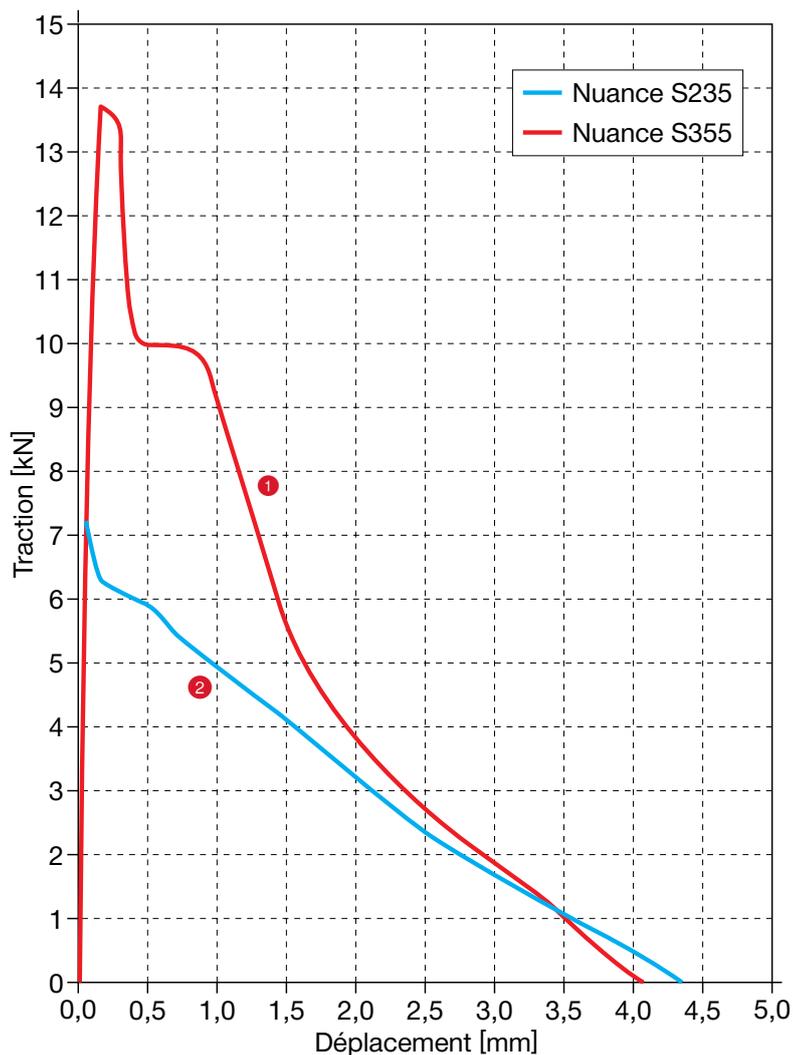
#### Courbes charges-déplacement des goujons en acier inoxydable,

Rapport No. XE\_02\_03; Reinhard Buhri; Janvier 2002

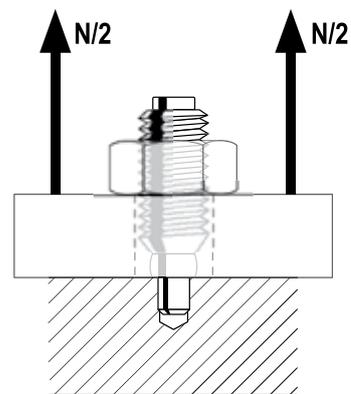
#### Rapport d'évaluation des fixations 5S (X-BT),

Rapport No. XE\_02\_36; Hermann Beck, Juillet 2002

Matériau de base	Acier, épaisseur 20mm, fu = 385 MPa (S235) et fu = 630 MPa (S355)
Nombre d'essais	11 (6 en S235 et 5 en S355)



- 1 Capteur de déplacement
- 2 Acier de base
- 3 X-BT-M10-24-6
- 4 Ecrou spécial, M10
- 5 Plaque de chargement

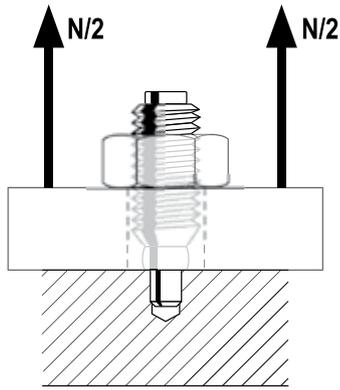


- 1 **Acier S 355**  
Courbe charge - déplacement d'un échantillon sélectionné comme étant représentatif des cinq testés.
- 2 **Acier S 235**  
Courbe charge - déplacement d'un échantillon sélectionné comme étant représentatif des six testés.

#### Conclusions

- Très rigide jusqu'à la charge maximum
- Résistance significative à l'arrachement même après un déplacement relativement important
- La charge limite de rupture augmente avec la résistance de l'acier de base
- La résistance continue pendant l'arrachement et la relation entre la charge limite de rupture et la résistance de l'acier de la base indique que le goujon fond avec l'acier de base

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.



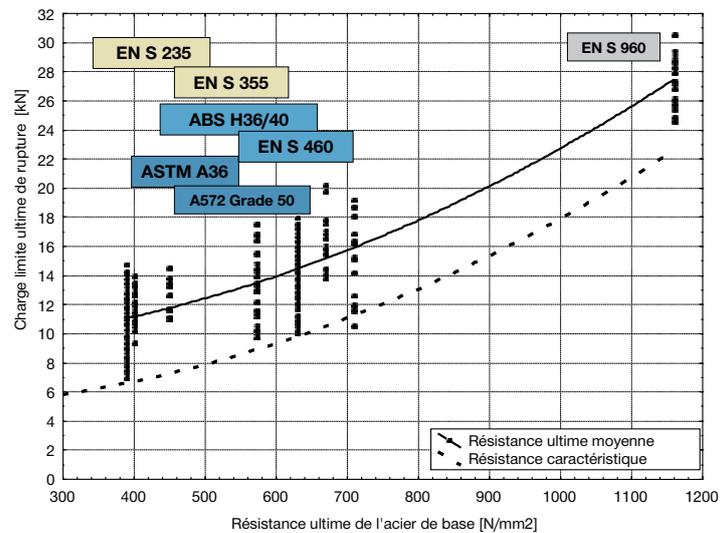
## 5.2.2 Résistance à la rupture des goujons filetés X-BT

Comportement sous charge sur des constructions spéciales en acier,  
Rapport No. XE\_01\_57; Reinhard Buhri; 30 Novembre 2001

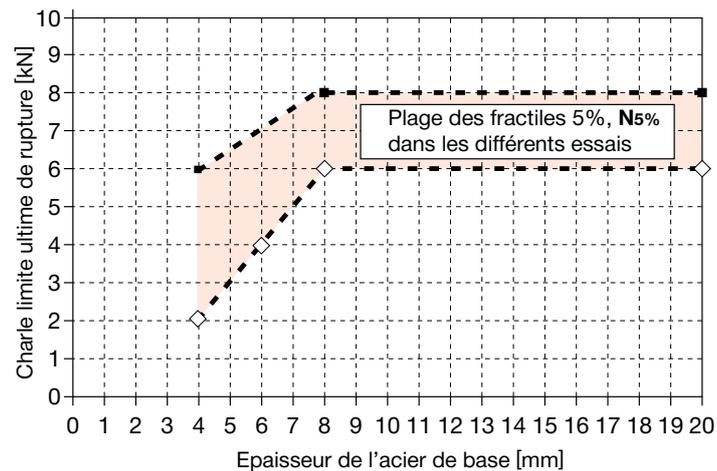
Résistance à la rupture des goujons filetés époinetés en acier inoxydable,  
Rapport No. XE\_02\_23; Reinhard Buhri; 9 Avril 2002

Matériau de base	Acier, épaisseur 6, 8, 10, 12 et 15 mm, S235 et S355
Nombre d'essais	200 au total, (20 par combinaison épaisseur - nuance)

### Charge limite ultime de rupture en fonction de la résistance de l'acier de base



### Charge limite ultime de rupture en fonction de l'épaisseur de l'acier de base Goujons X-BT dans acier S235 [A36]



### Conclusions

- Pour une épaisseur  $\geq 8$  mm, fractile de 5 % de l'arrachement  $\geq 6$  kN quelle que soit la qualité de l'acier
- Valeurs de rupture plus faibles avec S235/A36
- Valeurs de rupture supérieures avec de l'acier à grain fin laminé à chaud conformément aux normes ABS et EN 10025-4 et avec de l'acier de haute qualité trempé et durci conformément à la norme EN 10025-6

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

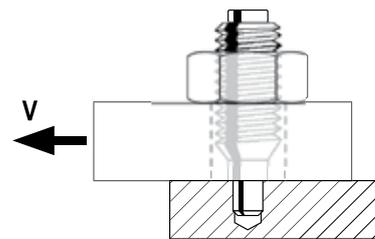
### 5.2.3 Résistance au cisaillement des goujons filetés X-BT

#### Rapport d'évaluation des fixations 5S,

Rapport No. XE\_02\_36; Hermann Beck; 4 Juillet 2002

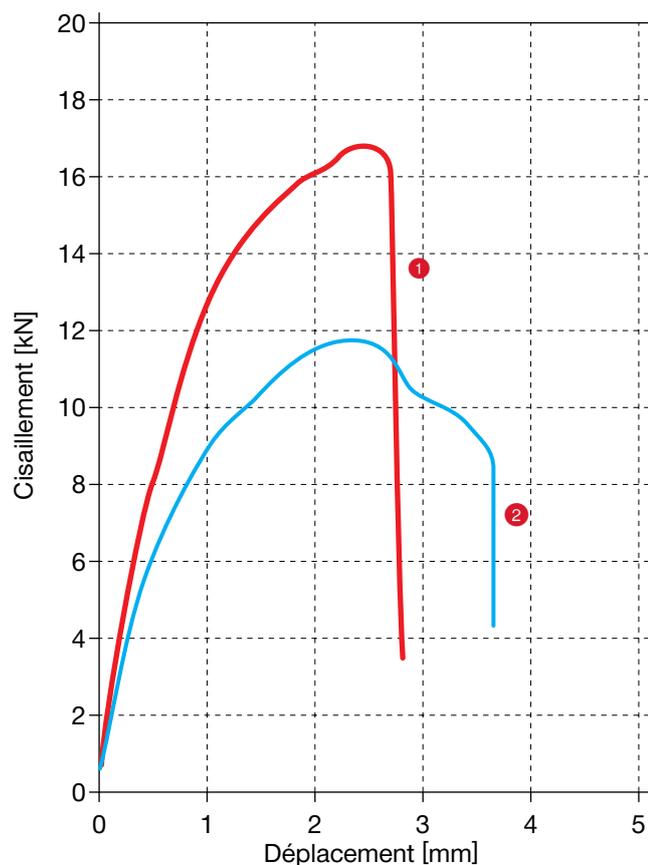
#### Comportement sous charges statiques de cisaillement,

Rapport No. XE\_01\_45; Reinhard Buhri; 10 Octobre 2001



Matériau de base	Acier, épaisseur, 8 à 10 mm, S235 et S355
Acier fixé	Acier, épaisseur 15 mm
Nombre d'essais	12 en S235 et 8 en S355

#### Courbe charge - déplacement



**1 Acier S 355**

Courbe charge - déplacement d'un échantillon sélectionné comme étant représentatif des huit testés.

**2 Acier S 235**

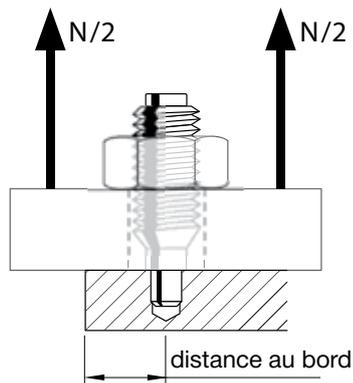
Courbe charge - déplacement d'un échantillon sélectionné comme étant représentatif des douze testés.

	Valeur ultime en cisaillement $V_{u,m}$ [kN (lbs)]	Déplacement à $V_{u,m}$ [mm (in)]	Mode de ruine
<b>1</b> S355 ( $f_u = 630$ MPa)	16,77 (3770,0)	2,45 (0,096)	12% rupture acier + arrachement 88% rupture fixation
<b>2</b> S235 ( $f_u = 390$ MPa)	12,02 (2702,2)	2,42 (0,095)	67% rupture acier + arrachement 33% rupture fixation

#### Conclusions

- La résistance au cisaillement des fixations augmente avec la résistance du matériau de base
- Avec l'acier à haute résistance à la rupture (S355, catégorie 50), principalement rupture du goujon
- Avec l'acier à faible résistance à la rupture (S235, A36) principalement rupture du matériau de base et arrachement

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.



## 5.2.4 Effet des distances aux bords et des entraxes sur la résistance à la rupture des goujons filetés X-BT

**Charges de traction et de cisaillement dans des petites poutres en acier,**  
Rapport No. XE\_02\_39; Reinhard Buhri; 16 Juillet 2002

**Effet des distances au bord et des entraxes sur la résistance à la rupture,**  
Rapport No. XE\_02\_28; Reinhard Buhri; 23 Avril 2002

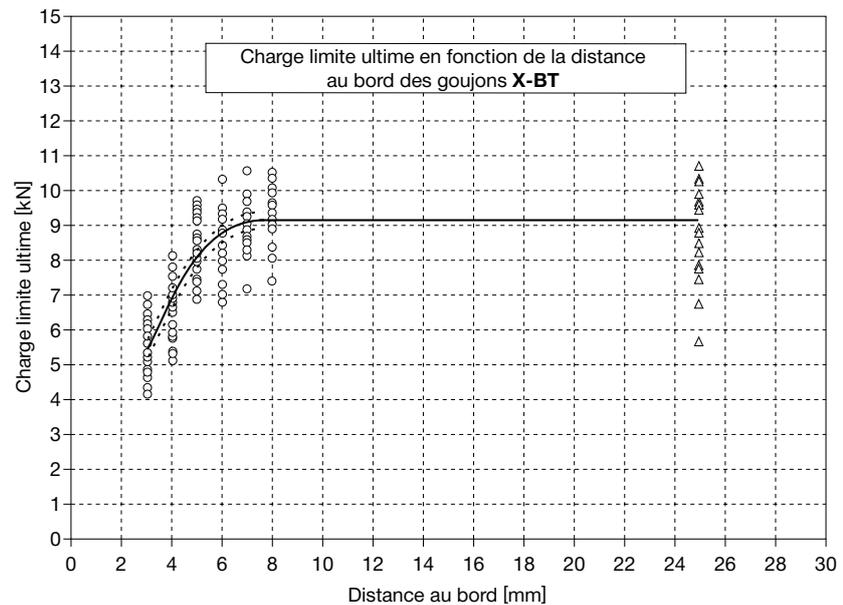
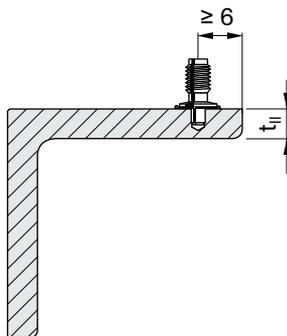
**Goujons en acier inoxydable sans pointe,**  
Rapport No. XE\_02\_23; Reinhard Buhri; 9 Avril 2002

### Distance au bord

Matériau de base	Acier, épaisseur 8 mm, S235 ( $f_u = 390$ MPa)
Nombre d'essais	120 au total, (20 par distance au bord)
Distances au bord testées	3, 4, 5, 6, 7, 8 et 25 mm

### Déroulement de l'essai

- 1) Mise en place des groupes de fixations à différentes distances au bord
- 2) Arrachement de toutes les fixations
- 3) Comparaison des résistances limites ultimes des différents groupes de fixations aux valeurs existantes



### Conclusions

- Augmenter la distance au bord à plus de 6 mm n'améliore pas la résistance de rupture.
- Une distance au bord de 6 mm est adéquate pour éviter de réduire la charge recommandée.

**Charges de traction et de cisaillement dans des petites poutres en acier,**

Rapport No. XE\_02\_39; Reinhard Buhri; 16 Juillet 2002

**Effet des distances au bord et des entraxes sur la résistance à l'arrachement,**

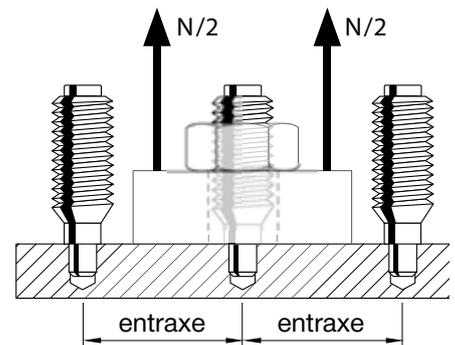
Rapport No. XE\_02\_28; Reinhard Buhri; 23 Avril 2002

**Goujons en acier inoxydable sans pointe,**

Rapport No. XE\_02\_23; Reinhard Buhri; 9 Avril 2002

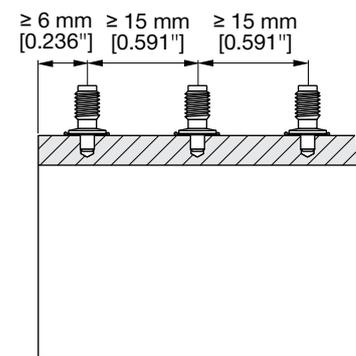
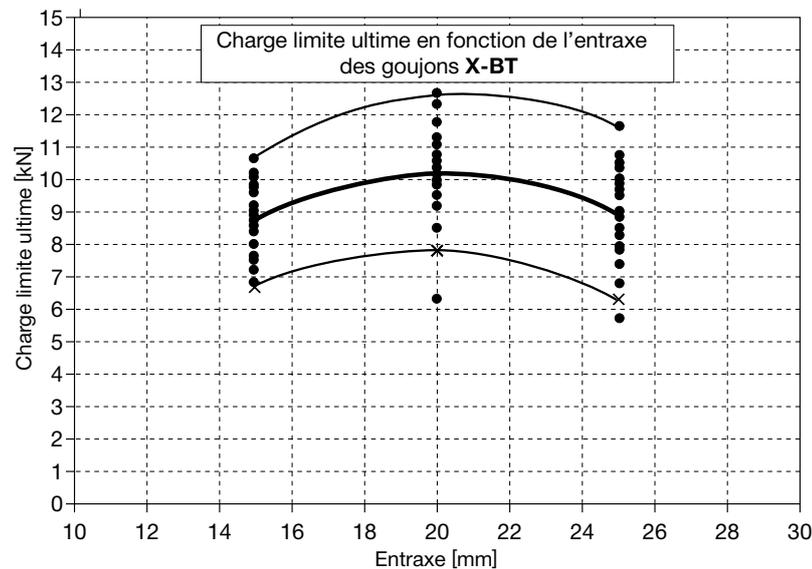
**Entraxe entre fixation**

Matériau de base	Acier, épaisseur 8 mm, S235 ( $f_u = 390$ MPa)
Nombre d'essais	60 au total, (20 par entraxe)
Entraxes testés	15, 20 et 25 mm



**Déroulement de l'essai**

- 1) Mise en place des groupes de fixations à différentes distances au bord
- 2) Arrachement de toutes les fixations
- 3) Comparaison des résistances limites ultimes des différents groupes de fixations aux valeurs existantes



**Conclusions**

- Augmenter l'entraxe des goujons à plus de 15 mm comme indiqué par la plaque de base sur le cloueur DX 351 n'augmente pas la résistance de rupture de manière significative.
- Un entraxe entre goujons de 15 mm est adéquat pour éviter de réduire la charge recommandée.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.2.5 Principes de tenue des goujons X-BT

### Dispositifs d'ancrage du système de fixation Hilti X-BT,

Université technique de Rhénanie-Westphalie, Aix-la-Chapelle,  
Prof.-Ing. Wolfgang Bleck, 7 Novembre 2002

### Recherches sur le soudage entre les goujons en acier inoxydable X-BT et le matériau de base en acier S235 / S355,

Rapport TWU-IFM 213/01, Birgit Borufka, 2001

### Comportement sous charge des goujons en acier inoxydable sans pointe,

Rapport XE-01-05, Reinhard Buhri, Mars 2001

### Méthodologie de recherche

- 1) Considérer les différences entre l'acier austénitique X-CR (qui correspond à X2CrNiMoNbN25-18-5-4) et les aciers ferritiques de construction S235/S355 selon EN 10025 (similaire à ASTM A36/A572 nuance 50).
- 2) Examen métallographique des sections transversales à plusieurs distances de la surface de l'acier de base.
- 3) Examen des goujons arrachés X-BT.

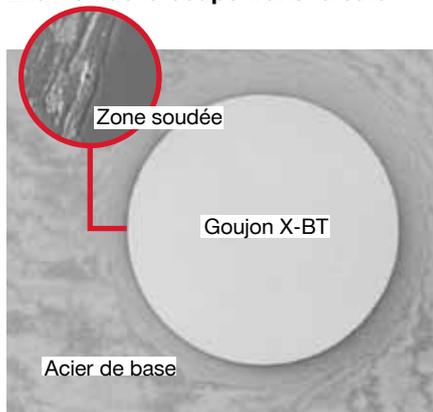
### Différences matière entre goujon et acier de base

- L'acier **CR500** est 3 fois plus dur que l'acier ferritique de construction.

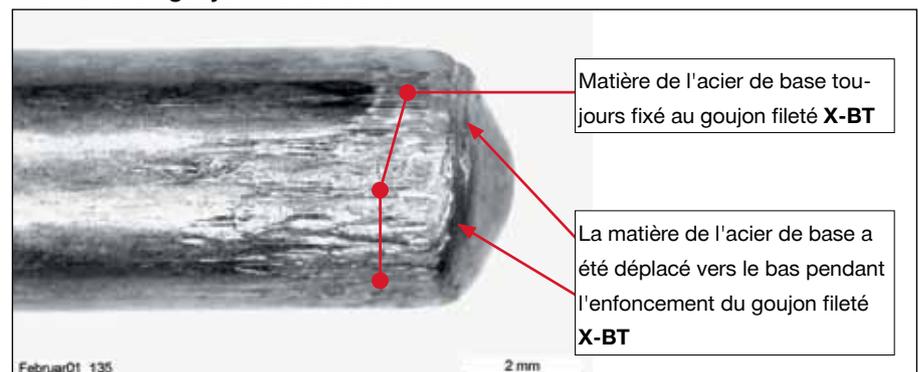
Acier austénitique <b>CR500</b> :	$f_u \geq 1850\text{MPa}$
Acier de construction	
S235 (selon EN 10025):	$f_y \geq 235\text{MPa}$ , $f_u = 340 - 510\text{MPa}$
S355 (selon EN 10025):	$f_y \geq 355\text{MPa}$ , $f_u = 470 - 630\text{MPa}$

- La dureté de l'acier **X-CR** est moins affectée par les hausses de température que les aciers de construction. On peut donc conclure que la différence de dureté est maintenue pendant l'enfoncement et une nouvelle surface se forme à l'interface acier de base et goujon.

### Examen de la coupe transversale



### Examen d'un goujon fileté arraché X-BT



### Description des principes de tenue

- L'ancrage du goujon X-BT dans l'acier est dû aux phénomènes de friction et de fusion (soudage par friction). Les caractéristiques du soudage par friction sont : dégagement de chaleur concentré, affinement de grain à cause du travail à chaud et à froid, et une légère diffusion sur toute la surface de contact des composants soudés.
- Il existe une interface définie sur tout le périmètre de la tige du goujon.
- Le trou percé sous la pointe du goujon X-BT est rendu étanche.
- L'interface de la tige du goujon lors de chaque coupe transversale est soudée à une proportion de 55 % à 100 % avec le matériau de base en acier S235/A36.
- L'interface de la tige du goujon lors de chaque coupe transversale est soudée à une proportion de 75% à 100 % avec le matériau de base en acier S355/catégorie 50.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.3 Résistance à la corrosion

### 5.3.1 Données de corrosion des goujons filetés X-BT

Goujons arrondis en acier inoxydable avec rondelle d'étanchéité,

Rapport No. XE\_02\_13; Reinhard Buhri; Juin 2002

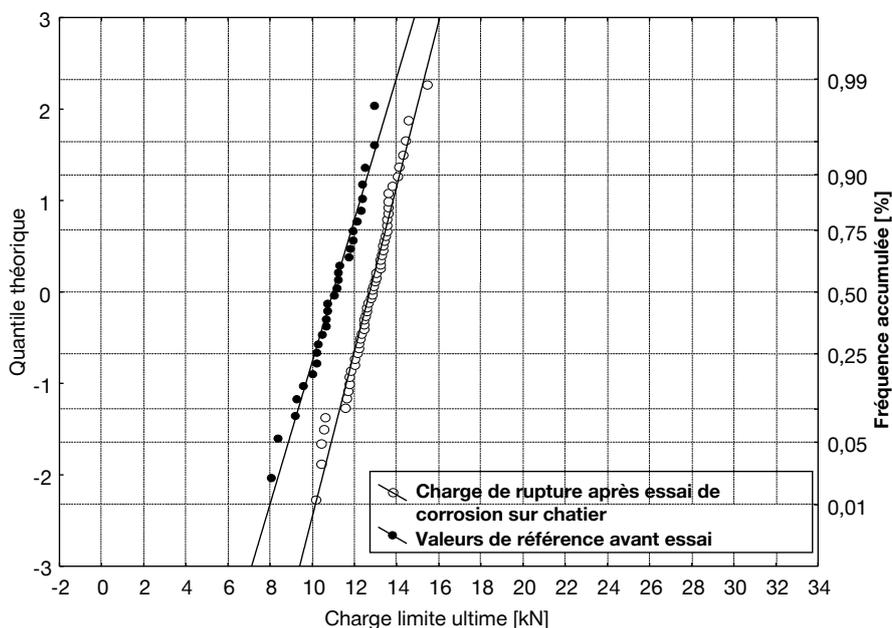
#### Données de corrosion

Matériau de base	Acier, épaisseur 8 mm, S235 ( $f_u = 385$ MPa) et S355 ( $f_u = 630$ MPa)
Nombre d'essais	120 au total, (60 par nuance d'acier)
Essai au brouillard salin	90 jours, effectué selon DIN 50 021SS / ASTM G 8585)

#### Déroutement de l'essai

- 1) Réalisation de 60 fixations dans un acier de chaque nuance (aciers S235 et S355).
- 2) Arrachement de 30 fixations dans chaque nuance d'acier avant d'effectuer l'essai au brouillard salin.
- 3) Arrachement des autres 30 fixations dans chaque nuance d'acier après l'essai au brouillard salin.
- 4) Comparaison des charges limites ultimes avant et après essai au brouillard salin de 90 jours pour chaque nuance d'acier.
- 5) Examen de la zone autour des points d'attache après avoir retiré les goujons

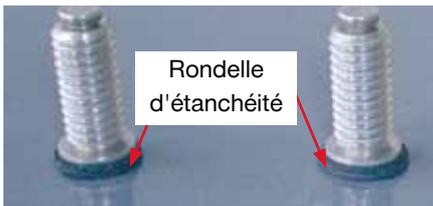
#### Résultats des essais d'arrachement pour acier S355



#### Récapitulatif des résultats des essais d'arrachement

- Pour l'acier S355, la charge limite ultime après l'essai de brouillard salin était légèrement inférieure par rapport à celle avant l'essai. Cela est dû à la dispersion des données et non pas à un phénomène physique.
- Les résultats étaient similaires avec l'acier S235.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.



Fixations X-BT préparées après clouage



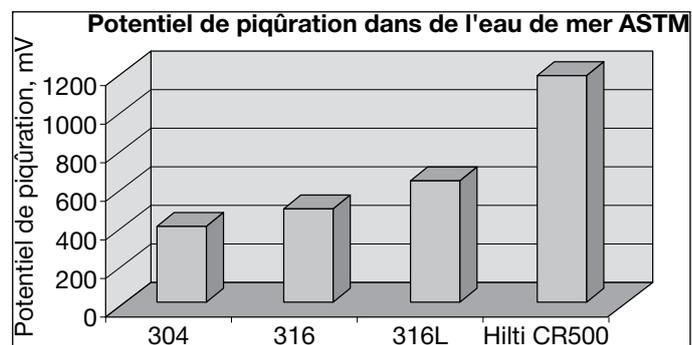
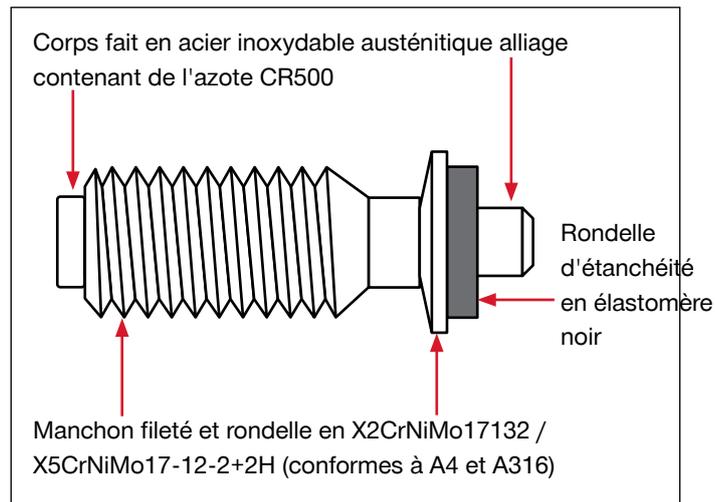
Trous percés après 90 jours d'essai au brouillard salin et après arrachement des goujons X-BT.  
Ces trous apparaissent propres et aucune trace de corrosion n'est visible.

## Observations et examen

Après 90 jours de brouillard salin, la sous-face de la plaque d'acier de 8 mm [0,315"] a été examinée. Aucune trace de dommages ou de corrosion n'a pu être décelée.

### Résistance à la corrosion de l'acier inoxydable Hilti CR500 en comparaison de l'acier AISI 304 et AISI 316;

FMPA Baden-Württemberg; Rapport No. VI.10.1.7c; Juillet 2000



Essai statique de potentiel effectué sur des tiges et des clous dans de l'eau de mer synthétique

### Conclusions des essais

- La charge limite ultime des fixations n'a pas été affectée par l'essai au brouillard salin de 90 jours.
- Après l'essai au brouillard salin de 90 jours, l'intérieur des trous percés ne présentaient pas de corrosion. C'est une preuve solide que la rondelle assure une étanchéité efficace.
- Après l'essai au brouillard salin de 90 jours, il n'y a pas de trace de corrosion en sous-face de la plaque d'acier. Cela montre que percer le trou et clouer le goujon n'endommage pas la sous-face.
- Le CR 500 est au moins aussi résistant que l'acier AISI de catégorie 316

### 5.3.2 Corrosion de contact – Goujon X-BT en acier inoxydable dans un acier au carbone

#### Comportement à la corrosion des goujons X-CR,

Rapport No. VI.10.1.7; FMPA Stuttgart; Mai 1994.

#### Comportement à la corrosion des goujons DX en acier inoxydable dans un acier au carbone ;

G. Felder et M. Siemers, Schaan, Septembre 2005

#### Commentaires généraux

Deux matériaux de résistance et polarité différentes, exposés au même support, en contact électrique direct entraînent une accélération de la corrosion électrochimique du matériau « moins noble » en contact avec un matériau « noble ». La perte de matière du partenaire noble est réduite, la perte de section résistante du partenaire le moins noble est augmentée. Les conditions nécessaires pour cette forme de corrosion est un contact électrique conducteur entre ces deux matériaux.

Le phénomène de corrosion de contact dépend du **rapport surfacique**.

Si le matériau le moins « noble » (1) a une surface supérieure à celle du matériau le plus « noble » (2), alors il agira comme une petite cathode et la densité de courant sur le matériau le moins noble correspondant à la « grande anode » sera très petite. Cela implique également une vitesse de corrosion très lente du matériau « le moins noble » dues à des phénomènes électrochimiques.

En revanche, si la surface du matériau « le moins noble » (1) est plus petite que celle du matériau « le plus noble » (2), alors la vitesse de corrosion du matériau « le moins noble » sera très élevée.

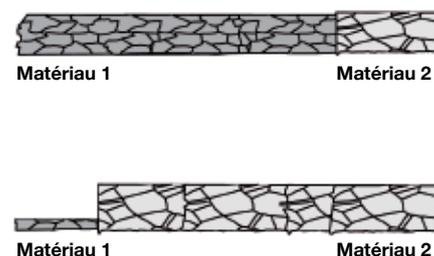
#### Goujons Hilti X-BT dans un acier au carbone

Avec des aciers inoxydables, la corrosion de contact est négligeable. Les aciers inoxydables sont situés plus haut dans la série galvanique, c.-à-d. plus noble que les matériaux les plus utilisés tels que l'aluminium, le zinc et l'acier. Un acier inoxydable en contact avec ces matériaux obtient une protection cathodique. Le contact a donc généralement un effet favorable sur les propriétés de corrosion des aciers inoxydables.

À cause des phénomènes électrochimiques décrits ci-dessus, le goujon en acier inoxydable « noble » induit une corrosion très lente du matériau « moins noble » du matériau de base et du matériau fixé, voire pas de corrosion du tout. Ce comportement a également été confirmé lors de plusieurs essais au brouillard salin et d'essais à long terme avec exposition à l'eau de mer dans la zone de marée sur une île de la Mer du Nord.

Dans tous ces essais, aucune corrosion n'a été observée. La photo ci-contre montre l'état des spécimens après sept ans dans les essais en eau de mer. Aucune trace de corrosion n'a été observée sur la zone d'ancrage du goujon X-BT.

L'étanchéité reste intacte, absence d'électrolyte et la corrosion de contact est négligeable.



Matériau de base en acier après 7 ans d'exposition à l'eau de mer et arrachement du goujon X-BT. Ce trou semble propre et aucune trace de corrosion n'est visible.



- 8 essais dans un banc d'essai atmosphérique selon norme ISO 8565
- 16 essais dans un banc d'essai en eau de mer, dans la zone des vagues et dans la zone des marées, selon norme ISO 11306



Banc d'essai atmosphérique marin avec spécimens d'essai X-BT posés.



Banc d'essai en eau de mer avec les spécimens d'essais posés (X-BT avec et sans les coupelles X-FCM).



Matériau de base en acier après 7 ans d'exposition à l'eau de mer et arrachement du goujon X-BT. Ce trou semble propre et aucune trace de corrosion n'est visible.

### 5.3.3 Données de corrosion issues d'essais sur le site de l'île Helgoland (Mer du Nord)

**Avis d'Expert sur la résistance à la corrosion des goujons Hilti X-BT dans une atmosphère marine et dans l'eau de mer,**  
9004742000 ZG/Bf; MPA, Université de Stuttgart; Juillet 2009

#### Matériau d'essai

Matériau de base	Acier S235 ( $f_u = 439$ MPa), épaisseur 8 mm
Nombre d'essais	24 plaques d'acier, chacune avec 18 goujons X-BT

#### Procédure d'essai

Les spécimens d'essai ont été posés en mai 2003 et des échantillons ont été prélevés régulièrement sur chaque zone pour être évalués en juin 2004, en juin 2005, en mai 2008 et en juin 2010.

Des études microscopiques et métallurgiques pour évaluer la corrosion ont été menées par la MPA, Université de Stuttgart. Les essais de résistance à la traction ont été effectués par Hilti sous la supervision de la MPA.

#### Résultats d'essai

Spécimens d'essai après 7 ans d'exposition à l'eau de mer dans la zone des marées de la Mer du Nord: Les goujons X-BT et les coupelles X-FCM ne présentent aucune trace de corrosion. Une faible décoloration peut être observée sur les coupelles X-FCM.

#### Conclusions

- Après 7 ans d'exposition à l'eau de mer, les goujons X-BT ne présentent aucune trace de corrosion.
- Après 7 ans d'exposition à l'eau de mer, les coupelles X-FCM ne présentent aucune trace de corrosion.
- Après 7 ans d'exposition à l'eau de mer, les trous percés ne présentent aucune trace de corrosion. C'est une preuve solide que la rondelle assure une étanchéité efficace.
- La charge limite ultime des fixations n'a pas été affectée par les essais in situ. La charge de rupture déterminée lors d'essais de contrôle effectués en juin 2003 était de 8,6 kN, et en 2008 elle était de 10,5 kN.

Sur la base d'essais à long terme effectués par la MPA comme décrit ci-dessus, l'université de Stuttgart [Avis d'Expert n° 9004742000 ZG/Bf] est arrivé à la conclusion suivante :

**Du point de vue de la corrosion, on peut considérer que le système Hilti X-BT aura une durée de vie supérieure à 20 ans, même dans des conditions d'utilisation où des chlorures étaient présents.**

## 5.4 Effet des goujons filetés X-BT sur le matériau de base en acier

### Recherches expérimentales sur l'effet des goujons X-BT sur la résistance statique de l'acier de construction du matériau de base

Rapport No. XE\_02\_07; Hermann Beck; 17 Juin 2002

### Recherches expérimentales sur l'effet des goujons X-BT sur la résistance à la fatigue de l'acier de construction du matériau de base

Rapport No. 2010-57X des Prof. U. Kuhlmann et H.P. Günther de l'Université de Stuttgart: Classification à la fatigue des détails de construction « Matériau de base en acier de construction avec le cloueur Hilti X-BT » conformément à l'Eurocode 3, parties 1 à 9 (EN 1993-1-9), (2010)

Rapports No. 453'150/1e, 453'150/2e, 453'150/3e, 455'377/e by EMPA, les laboratoires fédéraux suisses d'essai des matériaux et de recherche (2010)

Rapport No. TWU-FSRL-13/09 by Hilti FSRL,

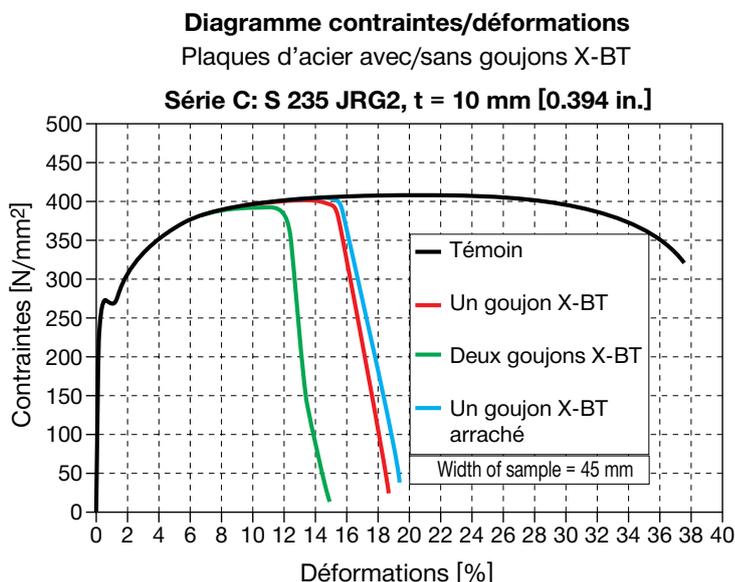
Laboratoires de recherche sur les systèmes de fixation (2010).



Matériau de base (essais statiques):	Acier, 8 et 10 mm, S235 and S355
Matériau de base (essais de fatigue):	Acier, 8, 20 et 40 mm, S235, S355, S460M, S460G4+M
Nombre d'essais:	48 essais statiques et 191 essais de fatigue

### Courbes de charges-déplacement de l'acier avec des goujons X-BT

Évalué avec des essais de traction effectués avec des échantillons avec des goujons X-BT (XE\_02\_07)



### Conclusions

- L'efficacité très nette observée pour les profilés avec des cloueurs Hilti DX se développe également pour les plaques avec des goujons X-BT.
- En général, il n'est pas nécessaire de prendre en compte la présence d'un goujon X-BT dans la conception des éléments en traction faits en acier de construction.
- Si la concentration des goujons est exceptionnellement élevée (aire nette < 92 % de l'aire brute), l'application des prescriptions générales des normes AISC-LRFD ou Eurocode 3 pour les trous percés aboutit à des résultats conservatoires.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

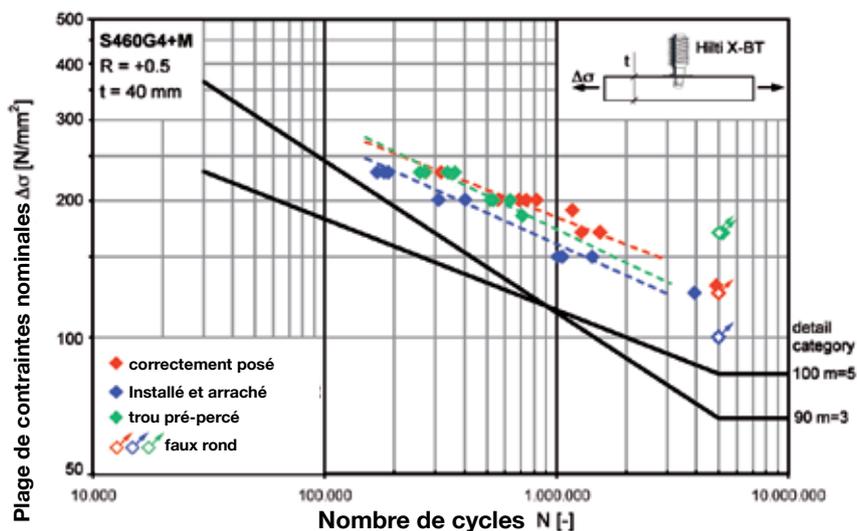
## Classification à la fatigue des détails de construction « Matériau de base en acier de construction avec clouage Hilti X-BT » conformément à l'Eurocode 3, parties 1 à 9 (EN 1993-1-9)

Un programme d'essais complet avec des essais de fatigue d'amplitude constante des plaques avec des goujons X-BT a été conduit de 2009 à 2010 à l'EMPA (laboratoires fédéraux suisses d'essai des matériaux et de recherche) et au FSRL de Hilti (Laboratoires de recherche sur les systèmes de fixation).

Ce graphique montre un exemple des résultats d'essais avec les paramètres suivants :

Acier :

Catégorie off-shore S460G4+M selon  
EN 10225 d'épaisseur de 40 mm  
Rapport des contraintes  $R = 0,5$



Le tableau suivant résume le résultat de la classification à la fatigue, issu de l'expertise des Prof. U. Kuhlmann et H.P. Günther de l'université de Stuttgart (Rapport n° 2010-57X).

Classe	Détail de construction	Description	Exigences
90 m = 3		Le goujon Hilti X-BT avec un trou pré-percé dans le matériau de la base en acier de construction. Les poses imparfaites de goujons comme par ex. des goujons arrachés ou des trous pré-percés sans goujons sont couvertes.	$\Delta\sigma$ à calculer d'après le profilé brut. Pose, charges statiques et espacement des goujons uniquement d'après les exigences exprimées en [1] ou [2]. Épaisseur de la plaque $t \geq 8$ mm. En procédant à une évaluation de la fatigue basée sur un calcul linéaire des dommages, il n'est pas permis de mélanger les deux classes données.
100* m = 5			
* La classe 100 avec une pente $m = 5$ est recommandée pour un nombre très important de cycles de charge, comme cette classe convient mieux à la limite de fatigue d'amplitude constante pour 5 millions de cycles. [1] Goujon fileté X-BT Hilti - Caractéristiques techniques, Édition 07/2003 et Édition 12/2010 [2] Manuel Hilti de technologies de fixation directe. Édition 11/2009. pp. 2.119-2.124			

### Conclusion

- La classification couvre les nuances d'acier de construction S235 à S460 selon normes EN 10025-2, EN 10025-3, EN 10025-4 et EN 10225 y compris les aciers normalisés à grain fin laminés à chaud.
- La classe du X-BT dépasse la classe des goujons soudés (80,  $m=3$ ).
- Par rapport à des aspects de construction associés aux structures soudées, l'effet du X-BT est normalement moins mauvais pour les éléments soudés.
- Les résultats des essais concordent avec les effets des clous Hilti DX pour l'enfoncement dans l'acier sans pré-perçage.

L'instauration d'une classification à la fatigue dans les homologations (voir 3.1.3) du X-BT est en cours.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.5 Effets de vibration sur les goujons filetés X-BT

### Recherches expérimentales sur l'effet des vibrations du métal de base sur la charge limite de rupture

Rapport No. XE\_02\_09; Hermann Beck; 19 Juin 2002

Matériau de base:	Acier, S235
Section de poutre:	Section HE-A, semelle 9 mm, âme 6 mm
Procédure d'essai:	Poutre chargée au centre $F_{max} = 155 \text{ kN}$ , $F_{min} = 33 \text{ kN}$ Fréquence = 6 Hz Nombre de cycles = 2 Millions
Nombre d'essais:	210 goujons X-BT, certains avec coupelles X-FCM-R



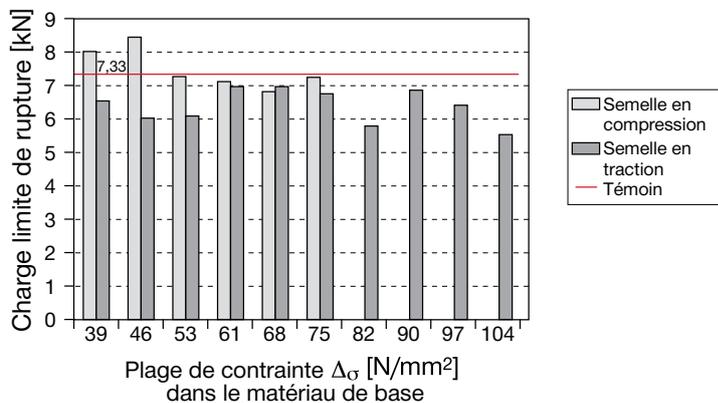
1 Semelle en compression  
 2 Semelle en traction



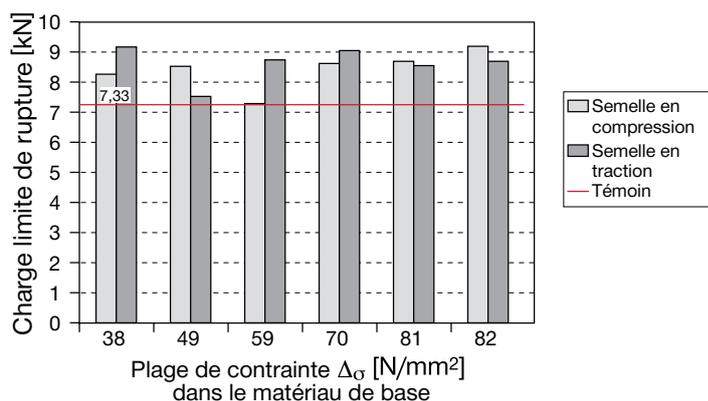
3 Marquages pour mesurer la rotation des coupelles

### Charge limite de rupture des goujons X-BT avant et après l'application des cycles sur la poutre en acier

#### Goujons X-BT dans la zone sans coupelle



#### Goujons X-BT dans la zone avec coupelle



7,33 = Charge limite de rupture de l'échantillon avant l'application de la contrainte (témoin). Aucune mesure prise sur la semelle en compression dans la zone à contrainte élevée à cause de la position de la presse.

7,33 = Charge limite de rupture de l'échantillon avant l'application de la contrainte (témoin).

### Conclusions

- La charge cyclique appliquée aux poutres en acier, entraînant des vibrations au niveau du goujon, a un effet négligeable sur la charge limite à la rupture des goujons filetés X-BT
- La charge cyclique appliquée aux poutres en acier, entraînant des vibrations au niveau du goujon, n'entraîne pas un desserrement des coupelles X-FCM-R

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.6 Résistance à la température des goujons filetés X-BT

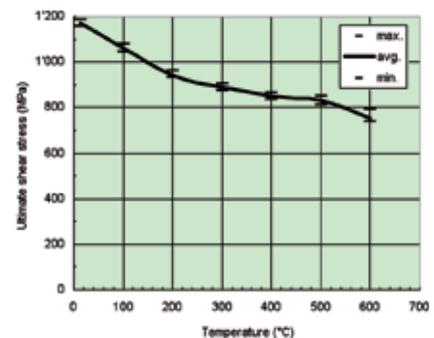
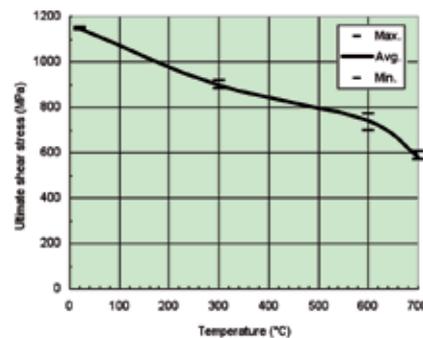
Manuel international des techniques de fixation directe, Edition 11/2009

Rapport No. XE\_07\_78; R. Buhri, Décembre 2007

La résistance à la température du système de fixation Hilti X-BT est contrôlée par :

- la résistance à la température du goujon
- la résistance du goujon X-BT dans le matériau de base en acier
- l'effet de la température sur la résistance à la corrosion du goujon
- la résistance à la température de la rondelle d'étanchéité SN12-R

### Résistance à la température du matériau du goujon X-BT



Essais au laboratoire fédéral suisse d'essai des matériaux et de recherche (EMPA)

Essais au laboratoire JTICM au Japon

À 600 °C, il reste au matériau du X-BT environ 64% de sa résistance à 20 °C. À titre de comparaison, il ne reste que 26 % à l'acier de construction.

Avec une résistance à la traction minimum de  $f_u = 1850 \text{ N/mm}^2$ , la résistance à la rupture à la traction du goujon X-BT à 600 °C est d'environ 18,8 kN.

### Résistance à la température de l'ancrage du goujon X-BT en acier

Matériau de base en:			Résistance
acier	Nuance	Epaisseur [mm]	$R_m$ [MPa]
	S 235	8	455
	EH 36	8	536



Cylindre de traction dans le four

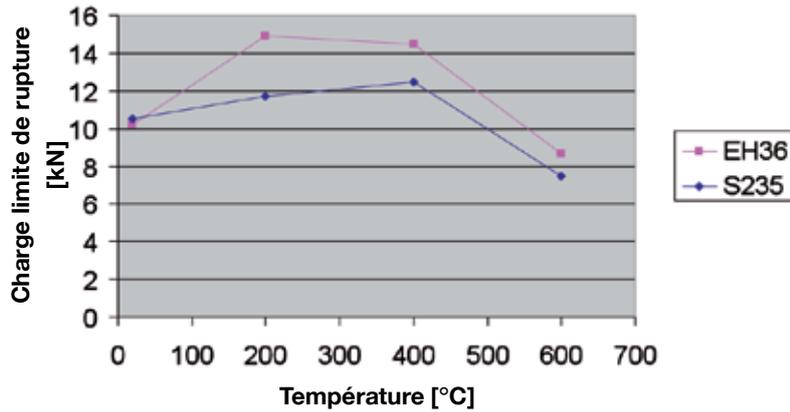


X-BT sur une plaque de base de 8,0 mm

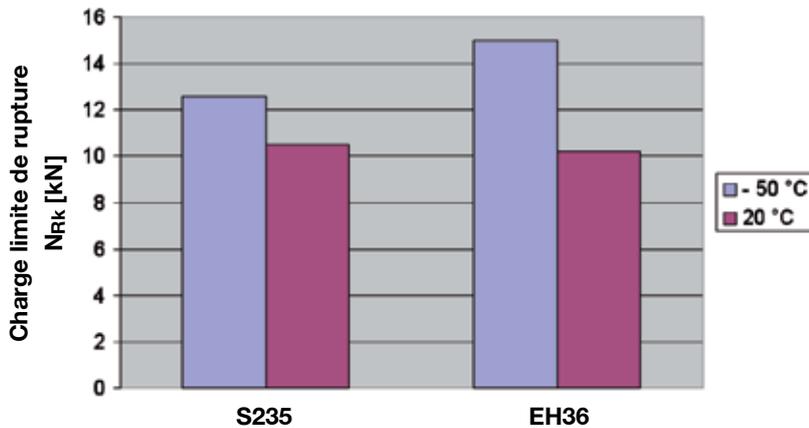


Four ouvert

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.



A 600°C, la charge limite de rupture du X-BT conserve environ 71 % de sa résistance à 20 °C en acier S235 et environ 85% en acier EH36.



À basse température, la charge limite de rupture est supérieure comparée celle à température ambiante.

**Conclusions**

- La charge limite de rupture résistance du goujon X-BT et son ancrage dans le matériau de base en acier n'ont pas d'influence sur les limites du système en-dessous d'une température ambiante extrême.
- La résistance à la corrosion du goujon **X-BT** se vérifie jusqu'à **+300 °C**
- La fonction hermétique de la rondelle d'étanchéité **SN12-R** se vérifie jusqu'à **+100 °C**

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.



Assemblage d'essai à un point

## 5.7 Goujons filetés pour le raccordement des mises à la terre / continuité de masse et les dispositifs de protection contre la foudre

Rapport d'essais No. 09-IK-0208.32V2\_e; Electrosuisse, Fehraltorf, Suisse; Mai 2010

Rapport d'essais No. CF-791; Dehn und Söhne GmbH, Neumarkt, Allemagne; Mars 2006

Rapport d'essais No. 70064671; TÜV Test Centre, Frankfurt, Allemagne; Mars 2004

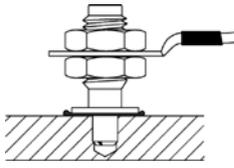
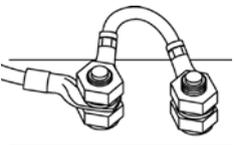
### 5.7.1 Mise à la terre et continuité de masse

Selon la norme IEC 60947-7-2, une borne doit pouvoir supporter une intensité pendant une courte durée (1 seconde d'exposition).

$$I_{\text{test}} = A_{\text{cable}} [\text{mm}^2] \times 120 [\text{A}/\text{mm}^2]$$

$A_{\text{cable}}$  – section résistante du câble fixé, temps d'exposition 1 second

Goujons	X-BT M10-24-6 SN12-R X-BT M6-24-6 SN12-R
Matériau du goujon	Hilti CR500, EN 10088-3 (1.4462) et Hilti HCR (1.4529)
Matériau de base	Tôles d'acier peintes, épaisseur 8 mm

Configuration de connexion	Courant	Temps	Résultat	Câble correspondant (selon EN 60439-1 et EN 60204-1)
 Point isolé	1215 A	1 sec.	passé	Cuivre 10 mm <sup>2</sup>
	1400 A	1 sec.	passé	Cuivre 10 mm <sup>2</sup>
 Point double	1920 A	1 sec.	passé	Cuivre 16 mm <sup>2</sup>
	2240 A	1 sec.	passé	Cuivre 16 mm <sup>2</sup>

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.7.2 Protection externe contre la foudre

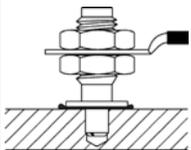
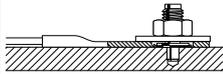
Les essais de foudre ont été effectués conformément à la norme européenne EN 50164-1, Composants de protection contre la foudre (CPF),  
Partie 1 : Exigences pour les composants de connexion.



Montage d'essai X-BT avec 2 écrous



Montage d'essai X-BT avec serre-câble

Configuration de connexion		Catégorie d'essai	$I_{max}$	Temps
	<b>X-BT M10-24-6 SN12-R</b> câble claveté entre 2 écrous	N	50 kA	$t_d \leq 2$ ms
	<b>X-BT M10-24-6 SN12-R</b> <b>X-BT W10-24-6 SN12-R</b> avec le câble directe- ment sur le matériau de base	H	100 kA	$t_d \leq 2$ ms

### Conclusions

- Taille maximum du câble raccordé avec X-BT et deux écrous servant de point de connexion pour un dispositif de mise à la terre et de continuité de masse :
  - Un seul point : Cuivre 10 mm<sup>2</sup>
  - Deux points : Cuivre 16 mm<sup>2</sup>
- Le goujon X-BT avec deux écrous utilisé comme point de connexion pour les systèmes de protection contre la foudre est classé :
  - Catégorie d'essais N
  - Courant maximum de 50 kA
- Le goujon X-BT en tant que serre-câble utilisé comme point de connexion pour les systèmes de protection contre la foudre est classé :
  - Catégorie d'essais H
  - Courant maximum de 100 kA
- Tous les essais ont montré que la capacité de courant électrique du goujon X-BT dépend du corps du goujon et est indépendant du diamètre du filetage. Par conséquent, les capacités électriques de X-BT M6, X-BT W6, X-BT M8, X-BT M10 et X-BT W10 sont les mêmes.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.8 X-BT dans matériau de base en acier inoxydable

Rapport interne Hilti XE\_07\_26; Reinhard Buhri, 21.05.2007

L'acier inoxydable est très dur, la technique de perçage diffère donc de celle utilisée avec les aciers de construction, matériaux pour lesquels le système X-BT est optimisé. Clouer le goujon X-BT dans l'acier inoxydable ne présente aucun problème, mais le perçage est décisif.

### Matériau et conditions d'essai

Type de mèche:	Mèche à butée standard TX-BT 4/7 Deux mèches à butée spéciales pour acier inoxydable
Type d'acier inoxydable:	Nuances : 1.4401, 1.4462, 1.4529, 1.4539
Procédure de perçage:	A eau ou à sec
Nombre d'essais:	495 perçages avec 28 mèches
Condition:	Perçage à main, mêmes conditions de perçage standard

### Résultats

- Avec tous les matériaux d'acier inoxydable testés, il s'avère que la mèche standard TX-BT 4/7 fonctionne mieux que les mèches spéciales.
- Le refroidissement de la mèche n'améliore pas les résultats.
- L'utilisation d'une perceuse électrique filaire est recommandée en raison d'une durée de perçage plus longue.
- Les meilleurs résultats sont obtenus avec une perceuse électrique filaire réglé à une vitesse de 1 000 tr/min
- Pour obtenir un perçage satisfaisant, il faut appliquer une pression bien plus importante sur la mèche.
- Une mèche TX-BT 4/7 peut percer entre 25 et 35 trous.
- Les charges caractéristiques de rupture se situent dans une plage de 8 à 16 kN, qui fournit un facteur de sécurité adéquat pour les charges recommandées.

### Recommandation

Pour faire des fixations dans de l'acier inoxydable avec les goujons Hilti X-BT, nous recommandons d'utiliser la mèche TX-BT 4/7 avec une perceuse électrique filaire en réglant la vitesse à 1 000 tr/min. Les modèles suivants conviennent :

- Hilti SR 16
- Hilti UH 650

## 5.9 X-BT sous charge de choc

Les essais sous choc avec les goujons X-BT et les rails MQ pour attacher des câbles électriques et des tuyauteries sont décrits dans ces documents :

Certificat d'essai numéro QUINETIQ/CMS/TC040089;

QinetiQ Shock Test Laboratory, 15.01.2004

Rapport 2004-CMC-R017, TNO Delft, Pays-Bas, 29.05.2005

Matériel mécanique et électrique fixé avec rails MQ et goujons X-BT testés sous chargement de choc.

- Tuyauteries de petit alésage
- Chemins de câbles haute tension
- Profilés en T pour fixer des câbles haute tension
- Goulottes pour câbles électriques
- Chemins de câbles électriques

Toutes les applications ont été testées avec une accélération efficace de  $1844 \text{ m/s}^2$  dans les trois axes, à l'horizontale (longitudinalement et côte à côte) et à la verticale. Dans un autre essai, les goujons X-BT avec une masse de 3 kg chacun ont été posés sur un banc d'essai de choc et testés avec une accélération efficace maximum de  $4905 \text{ m/s}^2$ .

### Résultats d'essais

- Les rails, les goujons X-BT et le matériel fixé sont restés immobiles tout au long de l'essai.
- L'accélération efficace de  $1844 \text{ m/s}^2$  de l'essai correspond à un choc de 188 g.
- Le goujon X-BT avec une masse de 3 kg a supporté un choc de 200 G horizontalement (cisaillement) et 500 G longitudinalement (traction).

**Note:** Pour plus de détails, contacter Hilti.



Configuration de l'essai : Un rail MQ a été posé sur deux plaques de base avec des goujons X-BT. Ces plaques de base ont été fixées solidement à la machine de choc de 2 tonnes.

## 5.10 Goujons X-BT dans acier d'épaisseur inférieure à 8 mm

### 5.10.1 Capacité de rupture dans un acier fin

**Comportement sous charge sur des structures en acier spécial,**

Rapport XE\_01\_57; R. Buhri; 30. 11. 2001

**Résistance à la rupture des goujons filetés époinés en acier inoxydable,**

Rapport XE\_02\_23; R. Buhri; 9.4.2002

La résistance caractéristique de rupture des goujons filetés X-BT est une fonction bi-linéaire de l'épaisseur de l'acier de base comme indiqué en 5.2.2. Une fonction linéaire peut être dérivée à partir de ce graphique pour calculer le facteur de réduction pour la résistance des fixations X-BT sur un acier d'épaisseur inférieure à 8 mm.

Facteur de réduction:  $\alpha = \frac{t_{II} - 2}{6}$  ; avec  $t_{II}$  : = épaisseur de l'acier de base  
4 mm  $\leq t_{II} \leq$  8 mm

Le paragraphe 5.2.2 montre également un graphique pour la charge de rupture en fonction de la résistance de rupture en traction de l'acier de base. Les charges réduites pour les différentes qualités d'acier peuvent se calculer sur cette base :

<b>A)</b> charge caractéristique réduite	<b>N<sub>Rk,red</sub> = 6,0 kN · α</b> pour un acier S235 (A36)
	<b>N<sub>Rk,red</sub> = 7,6 kN · α</b> pour un acier S355 (A572 nuance 50)
<b>B)</b> Charge recommandée réduite	<b>N<sub>rec,red</sub> = N<sub>rec</sub> · α</b> pour un acier S235 (A36)

#### Exemple

Pour une épaisseur d'un acier de base de 6 mm, les charges recommandées utilisant les facteurs de sécurité globaux de Hilti sont :

Acier S235 / ASTM A36: **N<sub>rec,6</sub> = 1,8 · (6-2)/6 = 1,2 kN**

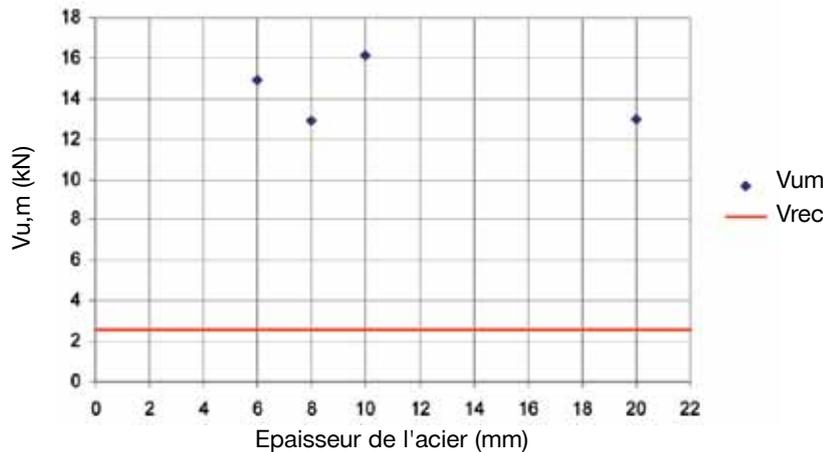
Acier S355 / nuance 50: **N<sub>rec,6</sub> = 2,3 · (6-2)/6 = 1,5 kN**

### 5.10.2 Capacité de charge en cisaillement dans un acier fin

- Résistance à la traction et au cisaillement de l'acier fin, Rapport XE-02-39, R. Buhri; 16.7.2002
- Capacité portante de l'acier d'épaisseur de 4 à 6 mm, Rapport XE-02-68; R. Buhri; 31.10.2002
- Résistance au cisaillement des goujons filetés époinés en acier inoxydable, Rapport XE-01-45; R. Buhri; 10.10.2001
- ABS witnessed tests # MF 349780

Une comparaison des résultats d'essai en cisaillement pour des d'acier de 6, 8, 10 et 20 mm d'épaisseur a montré que l'épaisseur du matériau de base n'a pas d'influence sur la capacité portante du goujon X-BT. Les modes de rupture et les résultats des essais indiqués ci-dessus mènent à la conclusion que ceci s'applique également à un matériau en acier fin avec  $t_{II} = 4,5$  mm, qui est la profondeur d'ancrage moyenne du X-BT.

Charges de cisaillement du X-BT dans un acier S235



Sous une charge de cisaillement pure, le mode de rupture des goujons X-BT est un rupture acier du matériau de base ainsi que rupture du goujon lui-même, comme l'indiquent les illustrations suivantes :



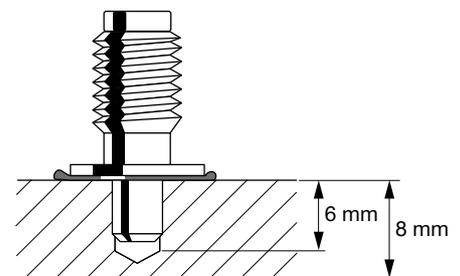
Déformation plastique de l'acier de base



Déformation plastique du goujon X-BT

### 5.10.3 Conductivité électrique du X-BT dans un acier fin

La réduction de l'épaisseur du matériau de base à 6 mm donnera la même surface de contact entre le corps du goujon et le matériau de base qu'avec un matériau de 8 mm (voir schéma). La profondeur d'ancrage du goujon est dans une plage de 4,5 à 5,6 mm.



Par conséquent, une réduction de conductivité électrique dans un acier de base de 6 mm n'est pas requise car le paramètre principal pour la conductivité électrique est la surface de contact entre l'acier de base et le goujon X-BT.

Il faut souligner que les essais de conductivité électrique ont été effectués pour une épaisseur d'acier de base inférieure à 8 mm. Ce qui suit se base uniquement sur un jugement d'ingénieur.

#### Remarque générale

Avec un acier de base d'épaisseur inférieure à 8 mm, il n'est plus possible d'assurer l'intégrité de l'autre côté de la plaque en acier en matière de corrosion.

Ce résumé vise à être représentatif des essais effectués. Il ne constitue pas un rapport d'essais exhaustif. Pour obtenir un rapport détaillé des essais, contacter Hilti.

## 5.11 Résistance chimique de la rondelle d'étanchéité SN 12

(Rondelle d'étanchéité du goujon X-BT)

Substances chimiques	Augmentation de volume					
	<20%	20-40%	>40-60%	60-80%	>80-100%	>100%
1. Eau à 80°C	■					
2. Eau de mer	■					
3. Chlorure de zinc à 10%	■					
4. Chlorure de sodium à 15%	■					
5. Acide chlorhydrique à 10%	■					
6. Acide acétique	■					
7. Acrylonitrile				■		
8. Aniline				■		
9. Acétate de n-butyle					■	
10. Éther éthylique		■				
11. Ethanol	■					
12. Glycérol	■					
13. n-Hexane	■					
14. Méthanol	■					
15. Méthyléthylcétone				■		
16. Nitrobenzène				■		
17. 1-Propanol	■					
18. Huile (ASTM-1) à 80°C	■					
19. Huile (ASTM-2) à 80°C		■				
20. Huile (ASTM-3) à 80°C		■				
21. Fuel de référence B (isooctane/toluène, 70/30)				■		
22. Fuel de référence B (isooctane/toluène, 50/50)					■	
23. Liquide de frein hydraulique	■					
24. Liquide de frein hydraulique à 100°C		■				
25. Antigel (éthylène glycol/eau 50/50) à 125°C		■				

L'augmentation de volume est une réaction du matériau de la rondelle quand elle est en contact avec les différentes substances. Cette valeur sert de paramètre pour décrire la réaction chimique.

Le facteur d'expansion donne une indication sur le comportement du matériau, mais ce gonflement n'entraîne pas directement une perte de la propriété d'étanchéité. Avec un goujon posé, la rondelle est comprimée contre l'acier de base. En l'absence d'exigences spécifiques, il peut être admis que la rondelle résiste à toutes les substances dont la valeur du facteur d'expansion ne dépasse pas 20 à 40 %.

## 6. Témoignages clients

### Commentaires d'utilisateurs satisfaits

« Nous utilisons les goujons Hilti X-BT et les fixations de caillebotis pour gagner du temps. La pose en elle-même est bien plus rapide (que les autres techniques), et en plus on gagne du temps sans endommager le revêtement.  
Le goujon fileté Hilti X-BT est facile d'utilisation et a de nombreuses applications.

**Bjørn Helle**  
**Work preparations**  
**Aker Soltuions, Norway**

Nous utilisons les X-BT pour fixer :

- caillebotis
- panneaux insonorisants
- matériel de lutte contre l'incendie
- supports de câbles légers
- supports d'écrêteaux

Ces applications accélèrent la pose. L'autre solution est le soudage dont l'installation dure plus longtemps. On gagne du temps et de l'argent tout en évitant d'endommager le revêtement. »

« Après avoir utilisé ce système, nous avons constaté un gain substantiel d'efficacité. Nous fixons des chemins de câbles sur des poutres de 10 mm d'épaisseur. Notre approche habituelle était de percer des trous, ce qui prend du temps, et de fixer des colliers avec des écrous, des rondelles et des boulons. Avec le goujon X-BT, la fixation sur la poutre se fait en une seule opération. Une poutre de 2,5 mètres de long avec 6 trous prendrait en temps normal 2 heures... alors qu'avec X-BT, cela prend 17 minutes en moyenne ! »

**Joel Cortejo**  
**E&I supervisor**  
**MIS Dubai**

« Lors du suivi de nos activités sous-marines sur le chantier de WARRI au Nigeria, j'ai recommandé l'utilisation du système X-BT pour éviter les retouches fastidieuses (soudage/peinture, et parfois recommencer) pour le projet USAN (TOTAL). Votre matériel a ensuite été utilisé pour le treuil d'installation des colonnes montantes de TOTAL FPSO de MOHO BILONDO (ligne directe pour TOTAL). »

**Raymond Guillaume**  
**Chief Engineer**  
**Acergy, France**





**Hilti. Performance. Fiabilité.**

Hilti France | 1 rue Jean Mermoz | 78778 Magny les Hameaux | Service Clients T 0 805 01 05 05 | F 0 825 02 55 55 | [www.hilti.fr](http://www.hilti.fr)

© 2011 | Hilti France | Hilti est une marque déposée du Groupe Hilti, Schaan, LI | Photos et textes non contractuels | Sous réserve d'erreur typographique | Toute reproduction interdite | MKT 06/2011