

<b>PRESCRIPTIONS TECHNIQUES</b>	PTV	309
	REV 4	2023/6

**ACIER POUR BETON ARME**  
**ASSEMBLAGES MÉCANIQUES D'ACIER POUR BÉTON ARMÉ**

REVISION 4

BENOR asbl

Approuvé par l'Organe d'Administration le 23/06/2023  
The last eligible version is that one visible of the website of OCAB.  
Check with the following QR-code to download it:





## Prescriptions techniques

PTV 309 Révision 04

# Assemblages mécaniques d'acier pour béton armé

## 1 Préambule

Ces Prescriptions Techniques (PTV<sup>1</sup>) ont été rédigées par le Bureau Technique 1 - « Acier pour Béton Armé » de l'asbl OCAB, organisme de secteur, en vue de la standardisation et de la certification des produits en acier concernés par ces prescriptions.

Selon le règlement d'usage et de contrôle de la marque BENOR<sup>2</sup> et son article 8, ces prescriptions techniques de l'OCAB constituent les spécifications techniques de référence à la marque BENOR.

La conformité a trait aux exigences de la série de normes NBN A24-301 à 304 auxquelles s'ajoutent les précisions, modifications et compléments décrits dans les présentes Prescriptions Techniques.

## 2 Documents à consulter

- NBN A 24-301 (1986), Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Barres, fils et treillis soudés - Généralités et prescriptions communes
- NBN A 24-302 (1986), Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Barres lisses et barres à nervures - Fils machine lisses et fils machine à nervures
- NBN A 24-303 (1986), Produits sidérurgiques - Aciers pour béton armé - Fils écrouis à froid lisses et fils écrouis à froids à nervures. Y compris Addendum 1 (1990)
- NBN EN ISO 15630-1:2010, Aciers pour l'armature et la précontrainte du béton - Méthodes d'essai - Partie 1 : Barres, fils machine et fils pour béton armé
- ISO 15835-1:2018, Steels for the reinforcement of concrete - Reinforcement couplers for mechanical splices of bars - Part 1: Requirements
- ISO 15835-2:2018, Steels for the reinforcement of concrete - Reinforcement couplers for mechanical splices of bars - Part 2: Test methods
- PTV 302, Barres et fils machine laminés à nervures
- PTV 303, Fils écrouis à froid à nervures
- PTV 307, Barres à nervures - Profil alternatif
- NBN EN 1992-1-1:2005 EUROCODE 2, Calcul des structures en béton - Partie 1-1 : Règles générales et règles pour les bâtiments
  - +AC:2010
- + ANB:2010 : EUROCODE 2, Annexe nationale (ANB) qui définit les conditions d'application en Belgique de la norme NBN EN 1992-1-2:2005

---

<sup>1</sup> Prescriptions techniques - Technische Voorschriften

<sup>2</sup> (Référence BENOR<sup>asbl</sup> : NBN/RVB.CA/RM2012-10-02 et éditions suivantes en vigueur)

### 3 Domaine d'application

Les présentes Prescriptions Techniques (PTV) mentionnent les exigences relatives aux assemblages mécaniques d'aciers pour béton armé (ou coupleurs d'armature) à utiliser pour le raboutage des barres en acier pour béton armé.

Elles décrivent les exigences relatives aux assemblages mécaniques à utiliser pour les raboutages mécaniques dans les structures en béton armé soumises principalement à des charges statiques<sup>3</sup> et des exigences complémentaires relatives aux assemblages à utiliser dans les structures soumises à un chargement de fatigue à grand nombre de cycles dans le domaine élastique, tel que prévu dans l'EUROCODE 2.

### 4 Termes et définitions

Les termes et définitions sont les suivants :

- Limite d'élasticité caractéristique  $R_e$ 
  - ( $R_{eH, spec}$  selon ISO 15835) soit la limite d'élasticité apparente ou conventionnelle spécifiée de la barre d'armature
- Assemblage mécanique
  - ensemble complet constitué des armatures à assembler et d'un coupleur ou d'un ancrage d'extrémité y compris tout matériau intermédiaire complémentaire ou autres éléments pour assurer un raboutage.
- Coupleur d'armature
  - manchon de raccordement ou coupleur fileté destiné aux raboutages mécaniques de barres d'armature afin d'assurer le transfert d'une traction et/ou une compression axiale, d'une barre à l'autre dans lequel
    - le manchon de raccordement est un dispositif qui s'ajuste aux extrémités de la barre d'armature,
    - le coupleur fileté est un dispositif fileté pour assembler des barres d'armature munies de filetages compatibles.
- Longueur du coupleur  $L_1$ 
  - Longueur effective du coupleur (mécanisme d'assemblage), c'est-à-dire à partir du premier changement visuel d'aspect de la barre d'armature à une extrémité du coupleur jusqu'à l'équivalent à l'autre extrémité du coupleur
- Longueur de l'assemblage mécanique  $L$ 
  - longueur du coupleur plus deux fois le diamètre nominal<sup>4</sup> de la barre aux deux extrémités du coupleur (NOTE : Ceci est une définition conventionnelle pour tenir compte, de manière approximative, de la zone affectée).
- Glissement

---

<sup>3</sup> Les assemblages mécaniques décrits dans ce PTV ne sont pas aptes à une redistribution des moments selon les règles de l'EUROCODE 2.

<sup>4</sup> Diamètre maximum dans le cas d'assemblages de barres de diamètres différents

- extension rémanente d'un assemblage mécanique après un essai consistant en un chargement à un niveau de charge défini suivi du déchargement.
- Dispositif de mesure de glissement
  - ensemble constitué par l'extensomètre et tout système utilisé pour le fixer au raboutage mécanique.

## 5 Catégories de coupleurs

Le tableau 1 donne les catégories de coupleurs dans les raboutages mécaniques de barres d'armature spécifiées dans le présent PTV, avec une référence aux paragraphes où les exigences et méthode d'essai relatives à leurs caractéristiques sont données.

Tableau 1 – Catégories de coupleurs dans les raboutages mécaniques

Désignation de la catégorie	Caractéristiques essayées	Paragraphes relatifs aux exigences selon PTV 309
B (Basique ou pas de désignation)	Résistance, ductilité et glissement sous forces statiques	6.1, 6.2
FX (Fatigue)	Comme pour B + Fatigue à grand nombre de cycles	Comme pour B + 6.3
S (Sismique)	Comme pour B + Sollicitation sismique	Comme pour B + 6.4

## 6 Spécifications sur les produits et méthodes d'essai

Les exigences techniques relatives aux coupleurs concernent les caractéristiques suivantes (a et b sont obligatoires, c se rapporte à la catégorie FX et d à la catégorie S) :

- a. résistance et ductilité sous forces statiques
- b. glissement sous forces statiques
- c. caractéristiques sous chargement de fatigue à grand nombre de cycles dans le domaine élastique
- d. propriétés relatives aux charges sismiques

**Si des coupleurs sont utilisés pour assembler des barres de diamètres différents, les exigences en matière de résistance et de ductilité doivent être fondées sur la barre d'armature de plus petit diamètre.**

Les essais de ces caractéristiques doivent être réalisés conformément aux exigences du chapitre 7.

### 6.1 Résistance et ductilité sous forces statiques

La résistance et la ductilité de l'assemblage mécanique doivent être vérifiées par des essais de façon à satisfaire les exigences des § 6.1.1 et 6.1.2.

### 6.1.1 Résistance

La résistance à la traction de l'assemblage mécanique doit être au minimum égale à la valeur de  $R_m$  spécifiée dans les PTV 302, 303 ou 307.

Un essai de traction sur les parties de la liaison ou sur la liaison composée est décisif :

- Le résultat de l'essai de traction est satisfaisant si la rupture se produit à l'extérieur de la longueur de l'assemblage mécanique « L »<sup>5</sup>
- Si la rupture intervient dans la longueur de l'assemblage mécanique « L », le résultat de l'essai de traction peut être cependant considéré comme satisfaisant si les caractéristiques spécifiées aux PTV 302, 303 ou 307 ( $R_m$ ) pour les qualités d'acier testées sont respectées.

### 6.1.2 Ductilité

L' $A_{gt}$  maximal mesuré (mesuré sur une base de 100 mm minimum) dans les deux barres d'armature<sup>6</sup> en dehors de la longueur de rabotage « L » conformément à la NBN EN ISO 15630-1, ne doit pas être inférieur aux caractéristiques spécifiées aux PTV 302, 303 ou 307 pour la barre.

## 6.2 Glissement sous forces statiques

La déformation permanente (glissement), mesurée lors d'un essai consistant en un chargement en traction à un niveau de charge de  $0,6 R_e$  et suivi du déchargement, doit satisfaire aux prescriptions suivantes :

- Aucune valeur individuelle d'un essai validé ne peut être supérieure à 0,20 mm
- La médiane des valeurs individuelles des essais validés doit être inférieure ou égale à 0,10 mm
- Pour des liaisons mécaniques avec plus d'un joint, le glissement à chaque liaison est d'application.

La validation des essais est effectuée selon les dispositions du chapitre 7.

La mesure du glissement est effectuée conformément aux dispositions du chapitre 7.

## 6.3 Caractéristiques sous chargement de fatigue à grand nombre de cycles

### 6.3.1 Caractéristiques de fatigue

Les performances en fatigue sont au moins égales à celles spécifiées dans l'EUROCODE 2<sup>7</sup>, lequel décrit que l'endommagement pour un cycle d'étendue de contrainte  $\Delta\sigma$  peut être déterminé à l'aide des courbes S-N relatives aux armatures de béton armé et aux armatures de précontrainte.

---

<sup>5</sup> Voir définition au § 4 du présent document

<sup>6</sup> Dans le cas d'assemblages de barres de diamètres différents, la seule barre de diamètre minimal est considérée.

<sup>7</sup> Chapitre 6.8.4 « Procédure de vérification pour les armatures de béton armé et les armatures de précontrainte » (EN 1992-1-1 selon chapitre 2)

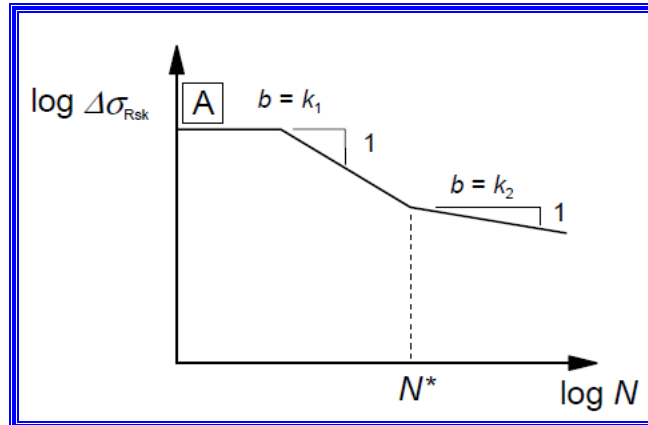


Figure 1 : Forme de la courbe caractéristique de résistance en fatigue (courbe S-N pour armatures de béton armé et pour armatures de précontrainte)

### 6.3.2 Performances égales à celles de l'EUROCODE

Les valeurs des paramètres des courbes S-N relatives aux armatures sont données au tableau 2 ci-dessous :

Tableau 2 : Paramètres de la courbe S-N selon EUROCODE 2

Type d'armatures	$N^*$	Exposant de la contrainte		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) pour $N^*$ cycles
		$k_1$	$k_2$	
Barres droites et barres pliées <sup>1</sup>	$10^6$	5	9	162,5
Barres soudées et treillis soudés	$10^7$	3	5	58,5
Dispositifs de couplage	$10^7$	3	5	35

**Note 1 :** Les valeurs de  $\Delta\sigma_{Rsk}$  sont celles relatives aux barres droites. Pour les barres pliées, il convient d'appliquer un coefficient de réduction  $\zeta = 0,35 + 0,026 D / \phi$ .  
où :  
 $D$  diamètre du mandrin  
 $\phi$  diamètre de la barre

La courbe de fatigue selon cette méthode applicable aux rabotages mécaniques est illustrée ci-dessous :

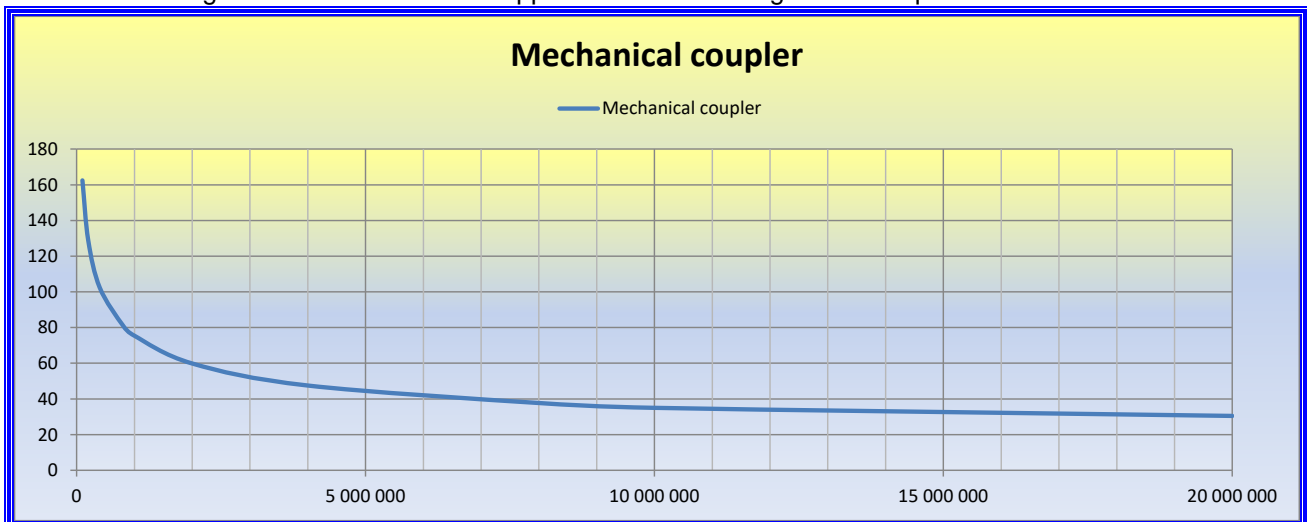


Figure 2 : Forme de la courbe caractéristique de résistance en fatigue d'un raboutage mécanique selon EUROCODE 2

### 6.3.3 Performances supérieures à celles de l'EUROCODE

Des performances en fatigue supérieures peuvent être revendiquées par le fabricant, lequel doit alors spécifier le niveau  $\Delta\sigma$  applicable à deux millions de cycles. Dans ce cas, la courbe type de fatigue est ajustée au niveau adéquat en utilisant le fichier de calcul EXCEL « **Requirements Fatigue EN 1992-1-1** », annexée au présent PTV (cf. chapitre 7.6).

L'exemple ci-dessous représente la courbe pour une valeur de  $\Delta\sigma$  applicable à deux millions de cycles égale à 100 MPa.

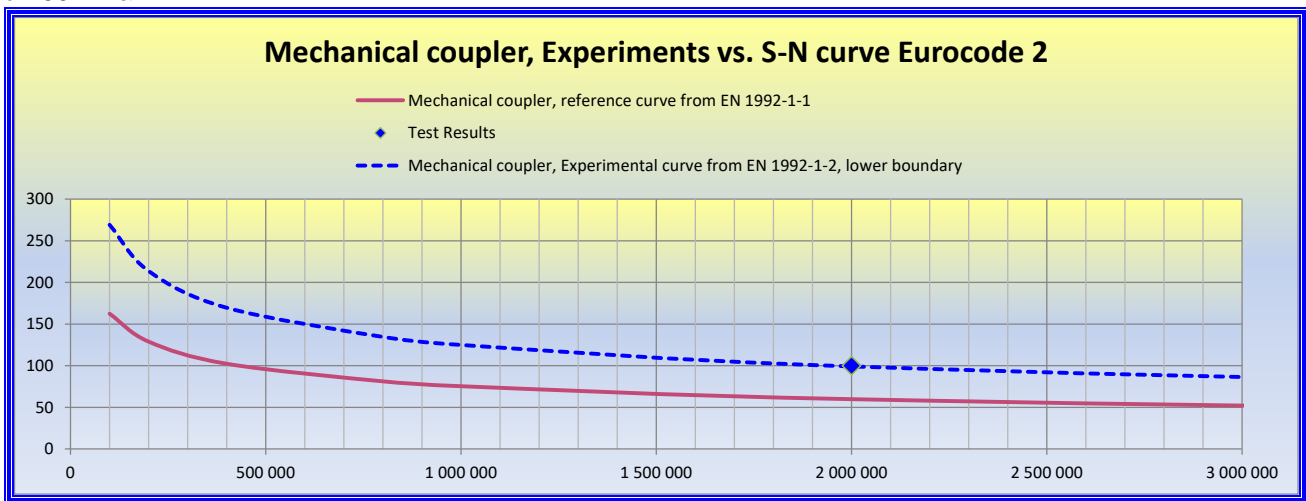


Figure 3 : Exemple avec une valeur de  $\Delta\sigma$  applicable à deux millions de cycles égale à 100 Mpa

### 6.3.4 Catégories de rabouages mécaniques

#### 6.3.4.1 Rabouages mécaniques de catégorie F1

Les rabouages mécaniques de catégorie F1 doivent supporter sans rupture un chargement de fatigue **d'au moins deux millions de cycles** avec une étendue de variation de contrainte,  $\Delta\sigma$ , **d'au moins 60 Mpa**. La contrainte maximale,  $\sigma_{max}$ , dans l'essai est égale à  $0,6 R_e$ .

#### 6.3.4.2 Rabouages mécaniques de catégorie F2

Les rabouages mécaniques de catégorie F2 doivent supporter sans rupture un chargement de fatigue **d'au moins deux millions de cycles** avec une étendue de variation de contrainte,  $\Delta\sigma$ , selon le tableau ci-dessous complété en fonction des performances revendiquées par le fabricant, ces performances doivent obligatoirement être supérieures à celles de la catégorie F1. La contrainte maximale,  $\sigma_{max}$ , dans l'essai est égale à  $0,6 R_e$ .

Tableau 3 : Catégorie F2

Diamètre « D » (mm)	$\Delta\sigma$ (Mpa)
D > 32	NN <sub>1</sub> (>60)
28 < D ≤ 32	NN <sub>2</sub> (>60)
25 < D ≤ 28	NN <sub>3</sub> (>60)
20 < D ≤ 25	NN <sub>4</sub> (>60)

<b>16 &lt; D ≤ 20</b>	<b>NN<sub>5</sub> (&gt;60)</b>
<b>D ≤ 16</b>	<b>NN<sub>6</sub> (&gt;60)</b>

#### 6.3.4.3 Raboutages mécaniques de catégorie F3

Les raboutages mécaniques de catégorie F3 doivent supporter sans rupture un chargement de fatigue **d'au moins deux millions de cycles** avec une étendue de variation de contrainte,  $\Delta\sigma$ , selon le tableau ci-dessous. La contrainte maximale,  $\sigma_{max}$ , dans l'essai est égale à 0,6 Re.

Tableau 4 : Catégorie F3

Diamètre « D » (mm)	$\Delta\sigma$ (Mpa)
<b>28 &lt; D ≤ 32</b>	<b>64</b>
<b>25 ≤ D ≤ 28</b>	<b>72</b>
<b>20 ≤ D ≤ 22</b>	<b>88</b>
<b>16 ≤ D &lt; 20</b>	<b>106</b>
<b>D = 12</b>	<b>148</b>

## 6.4 Propriétés relatives aux charges sismiques

Les exigences relatives aux assemblages mécaniques soumis à des essais de traction et de compression simulant un tremblement de terre sont les suivantes

- l'allongement résiduel moyen après les 20 premiers cycles  $u_{20}$  ne doit pas dépasser 0,3 mm de l'allongement de la barre de référence (sans assemblage mécanique) testée de la même manière
- la rupture de l'assemblage mécanique n'a lieu qu'au stade 4 de l'essai
- la résistance à la rupture doit être supérieure à la valeur  $R_m$

## 6.5 Marquage et traçabilité

Chaque pièce du coupleur doit être marquée de manière lisible et durable (par exemple par poinçonnage) avec l'identification du fabricant, le type et une marque relative au lot à des fins de traçabilité. Chaque coupleur doit pouvoir être raccordé à ses données de fabrication.

## 6.6 Instructions de mise en œuvre

Le fournisseur doit fournir des instructions écrites claires de mise en œuvre. Le processus décrit de mise en œuvre des coupleurs doit être réalisable dans des conditions de chantier.

# 7 Méthodes de caractérisation des raboutages mécaniques

## 7.1 Généralités

Tous les essais doivent être réalisés sur des raboutages mécaniques assemblés de la même façon qu'ils sont préparés pour une utilisation normale. Le laboratoire d'essais doit disposer des instructions pour la mise en œuvre des coupleurs.

Les méthodes d'essai couvertes par le présent PTV sont :

1. l'essai de traction



2. l'essai de glissement
3. l'essai de fatigue à grand nombre de cycles
4. propriétés relatives aux charges sismiques

La performance des rabouages mécaniques peut dépendre de la géométrie des verrous de la barre en acier pour béton armé. Dans ce cas, la géométrie spécifiée des verrous de la barre soumise aux essais doit être indiquée par le fournisseur et être enregistrée avec les résultats d'essais. Le principe de mesure et la géométrie pour le mesurage des allongements sont illustrés aux Figures 4 et 5.

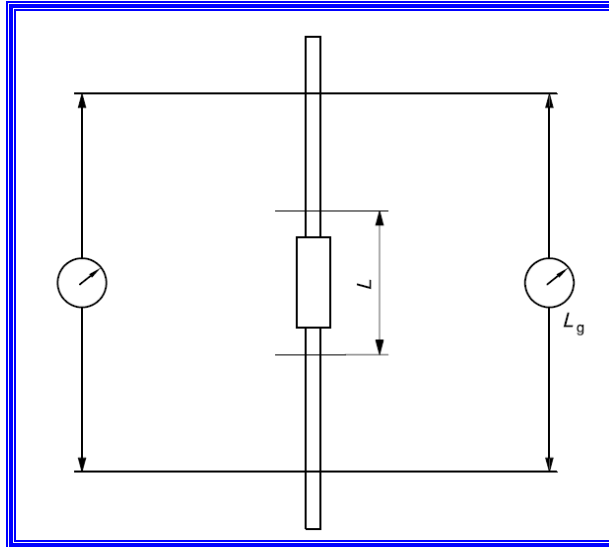


Figure 4: Principe de mesure

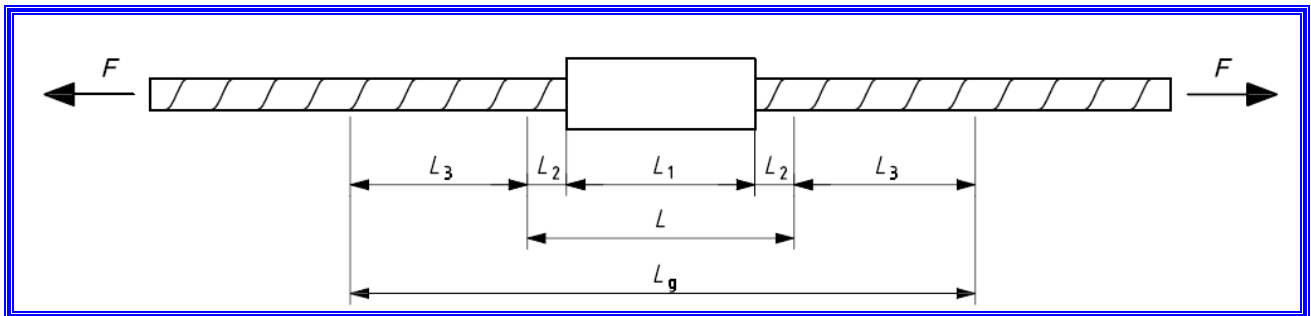


Figure 5: Définition des longueurs pour le mesurage des allongements de l'assemblage mécanique

#### Légende

- F, force appliquée
- L, longueur de l'assemblage mécanique (telle que définie ci-avant)
- L<sub>1</sub>, longueur du coupleur
- L<sub>2</sub>, = 2d, où d est le diamètre nominal de la barre d'armature
- L<sub>3</sub>, entre 2d et 3d
- L<sub>g</sub>, longueur entre repères globale, entre L<sub>1</sub> + 8d et L<sub>1</sub> + 10d

## 7.2 Préparation des éprouvettes

Les éprouvettes doivent être assemblées et préparées conformément aux instructions écrites de mise en œuvre établies par le fournisseur du coupleur. Le coupleur doit être positionné au milieu de l'éprouvette.

L'éprouvette pour l'essai de traction doit être suffisamment longue pour disposer d'une longueur libre entre les mors de la machine d'essai permettant la détermination d' $A_{gt}$ . La longueur libre minimale suffisante de l'éprouvette pour l'essai de traction est  $400 \text{ mm} + L$ , où  $L$  est la longueur de l'assemblage mécanique (telle que définie ci-avant). La longueur libre de l'éprouvette pour l'essai de glissement peut être plus faible que celle de l'éprouvette pour l'essai de traction. Cependant, il convient que la longueur libre ne soit pas inférieure à  $250 \text{ mm} + L$ . La longueur entre repères pour déterminer  $A_{gt}$  doit être située, pour les deux barres, en dehors de la longueur de l'assemblage mécanique (telle que définie ci-avant). Les éprouvettes pour les essais de fatigue doivent être suffisamment longues pour assurer une longueur libre entre les mors de la machine d'essai plus grande que la longueur de l'assemblage mécanique.

### **7.3 Essai de traction**

#### **7.3.1 Généralités**

La résistance et la ductilité sont déterminées au moyen d'un essai de traction. Les éprouvettes soumises à l'essai de glissement peuvent être utilisées pour cet essai.

#### **7.3.2 Équipement d'essai**

L'équipement d'essai doit être conforme à l'ISO 15630-1.

#### **7.3.3 Mode opératoire d'essai**

L'essai doit être réalisé conformément à l'ISO 15630-1. L' $A_{gt}$  dans la barre raboutée doit être évalué et mesuré conformément à l'ISO 15630-1 en dehors de la longueur de l'assemblage mécanique (telle que définie ci-avant) de part et d'autre de l'assemblage. Les deux valeurs doivent être enregistrées et la plus grande valeur doit être utilisée pour évaluer la conformité. Pour le calcul des contraintes, l'aire nominale de la section transversale de la barre d'armature doit être utilisée.

#### **7.3.4 Mode et emplacement de rupture**

La localisation de la rupture doit être consignée comme étant une des deux localisations suivantes :

1. à l'intérieur de la longueur de l'assemblage mécanique telle que définie ci-avant
2. en dehors de la longueur de l'assemblage mécanique telle que définie ci-avant.

### **7.4 Essai de glissement**

#### **7.4.1 Généralités**

Le glissement doit être mesuré globalement, conformément à la Figure 5. Si le coupleur est constitué de plus d'une pièce de transfert de la charge, il convient de prendre une mesure supplémentaire du glissement entre chaque pièce supportant la charge. La mesure du glissement doit être prise égale au maximum entre la mesure globale et la somme des mesures pour chaque pièce.

#### **7.4.2 Valeur du glissement**

Le glissement dans le raboutage mécanique doit être pris égal à la longueur de l'assemblage mécanique mesurée après l'essai consistant en un chargement de traction jusqu'à un niveau de force égal à au moins  $0,6 R_e$  suivi du déchargement depuis ce même niveau moins la longueur avant chargement -  $R_e$  étant la limite d'élasticité spécifiée de la barre d'armature.

#### **7.4.3 Équipement d'essai**

La machine d'essai de traction à utiliser doit être conforme à l'ISO 15630-1. L'extensomètre utilisé doit être de classe 1 ou de classe meilleure conformément à l'ISO 9513. L'extensomètre utilisé pour déterminer le glissement doit être au moins d'un type (mesurant sur) deux points mais de préférence d'un type (mesurant sur) trois points. Le dispositif de mesurage du glissement doit être suffisamment rigide et fermement fixé de façon que le glissement puisse être mesuré avec une exactitude d'au moins  $0,01 \text{ mm}$ . L'incertitude de mesure sera déterminée selon ISO 6892-1.

Il convient que cette exactitude et incertitude de mesure soit vérifiée régulièrement (par exemple annuellement et toujours s'il y a une modification des conditions d'essai) en réalisant l'essai sur une barre de contrôle présentant la même longueur entre repères. L'incertitude du mesurage est calculée en faisant la somme de l'incertitude de l'extensomètre (telle que déclarée par le fabricant) et de l'erreur qui peut être induite par le dispositif de fixation. L'exactitude du mesurage est la lecture après retour à zéro de la force.

#### 7.4.4 Mode opératoire d'essai

L'éprouvette doit être serrée dans l'équipement d'essai de façon telle que la force soit transmise de manière axiale, et autant que possible, sans moment de flexion sur toute la longueur de l'éprouvette. Il convient de réaliser le mesurage du glissement sans appliquer de force préliminaire à l'éprouvette. Si une faible force préliminaire est inévitable pour agripper la barre, la contrainte correspondant à la force préliminaire dans la barre doit être inférieure à 4 MPa et le mesurage du glissement correspondant, s'il y a en un, doit être enregistré et consigné dans le rapport d'essai.

Les comparateurs doivent être réglés à zéro après serrage des mors de la machine d'essai de traction.

Le chargement cyclique pour les essais de qualification doit être réalisé conformément au principe illustré à la Figure 6.

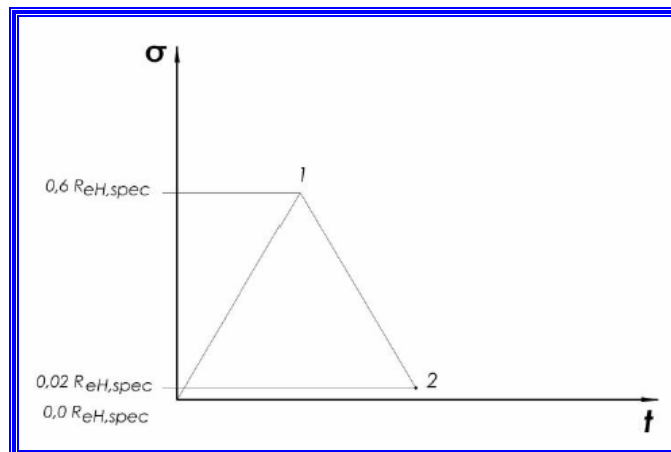


Figure 6 : Chargement cyclique pour l'essai de glissement

#### Légende

- $\sigma$ , contrainte
- t, temps
- 1, contrainte maximale de chargement
- 2, contrainte minimale de déchargement

#### 7.4.5 Validation d'un essai de glissement

La validation d'un essai de glissement implique d'abord que l'application du chargement cyclique sur une barre d'armature sans coupleur donne lieu à un glissement nul compte tenu de l'incertitude de mesure. Il appartient au laboratoire d'apporter les preuves documentaires de cette exigence.

Ceci étant, tout essai de glissement est a priori validé, à moins que le fabricant refuse ledit essai.

Dans un tel cas, l'essai est validé sauf si le laboratoire

- soit ne puisse prouver la bonne exécution de l'essai, en ce compris la préparation de l'éprouvette, selon les instructions du fabricant,
- soit fournisse une explication objective et factuelle d'un glissement excessif, qui n'est pas lié à la qualité du système de rabouillage.

## 7.5 Essai de fatigue à grand nombre de cycles

### 7.5.1 Principe de l'essai

La performance en fatigue de barres rabouées mécaniquement sera normalement inférieure à celle de la barre non rabouée. Le but des essais de fatigue des rabouages mécaniques pour barres en acier pour béton armé est de déterminer la résistance à la fatigue de l'assemblage mécanique. Dans l'essai de fatigue sous force axiale, l'éprouvette est soumise à une force de traction axiale qui varie de manière cyclique selon une onde de forme sinusoïdale de fréquence constante (voir Figure 7) dans le domaine élastique.

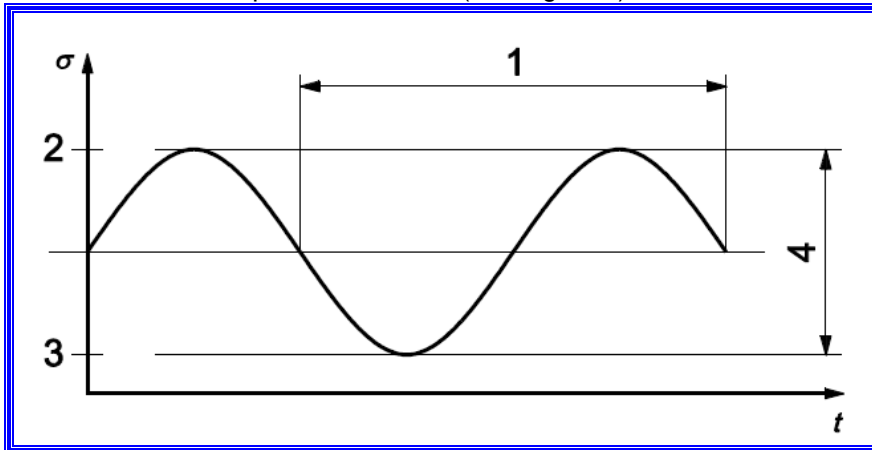


Figure 7 : Diagramme des cycles de force pour l'essai de fatigue à grand nombre de cycles

#### Légende

- $\sigma$ , contrainte
- t, temps
- 1, cycle de force
- 2, niveau de contrainte supérieure
- 3, niveau de contrainte inférieure
- 4, étendue de variation de contrainte ( $\Delta\sigma$ )

### 7.5.2 Équipement d'essai

L'essai de fatigue doit être réalisé avec un contrôle de la force. La machine d'essai de fatigue doit être étalonnée conformément à l'ISO 7500-1 ; l'exactitude doit être de  $\pm 1\%$  ou meilleure et la machine doit être capable de maintenir le niveau de contrainte supérieure,  $\sigma_{\max}$ , à  $\pm 2\%$  de la valeur spécifiée et le niveau de contrainte inférieure,  $\sigma_{\min}$ , à  $\pm 2\%$  de la valeur spécifiée.

### 7.5.3 Mode opératoire d'essai

#### 7.5.3.1 Serrage de l'éprouvette dans l'équipement d'essai

L'éprouvette doit être serrée dans l'équipement d'essai de façon telle que la force soit transmise de manière axiale et, autant que possible, sans moment de flexion sur l'ensemble de l'éprouvette.

#### 7.5.3.2 Fréquence et température

La fréquence des cycles de force doit être constante pendant l'essai et également pour la série d'essais. La fréquence doit être comprise entre 1 Hz et 200 Hz<sup>8</sup>. La température de l'éprouvette ne doit pas dépasser 40

<sup>8</sup> Une fréquence inférieure à 60 Hz conduit normalement à une température acceptable de l'éprouvette pendant l'essai.

°C pendant l'essai. Il convient que la température dans le laboratoire d'essai soit au minimum comprise entre 18 °C et 35 °C et de préférence comprise entre 18 et 28 °C.

### 7.5.3.3 Fin de l'essai

L'essai est terminé à la rupture de l'éprouvette ou lorsque le nombre spécifié de cycles est atteint sans rupture. Si l'éprouvette se rompt en dehors de la longueur de l'assemblage mécanique (comme défini ci-avant), si le raboutage mécanique est encore intact et si la longueur restante de la barre est suffisante pour l'agripper, l'essai peut être poursuivi après avoir amarré l'éprouvette à nouveau.

## 7.6 Propriétés relatives aux charges sismiques

Le but de cet essai est de simuler un tremblement de terre. L'essai est réalisé conformément à la norme NBN ISO 15835-2.

L'essai est effectué sur l'assemblage mécanique et sur la barre de référence provenant de la même coulée.

La sollicitation de l'éprouvette se fait en quatre étapes successives :

- étape 1 : de la contrainte nulle à  $0,9R_e$  ( $450 \text{ N/mm}^2$ ) en traction puis à  $0,5R_e$  ( $-250 \text{ N/mm}^2$ ) en compression, répétée 20 fois, suivie de la phase 2
- étape 2 : chargement jusqu'à deux fois l'allongement à la limite d'élasticité nominale  $R_e$  (0,5 %) mesurée à l'aide d'un extensomètre sur la longueur libre  $L_3$  de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à  $0,5 R_e$  ( $-250 \text{ N/mm}^2$ ) en compression, répété 4 fois, suivi de l'étape 3
- étape 3 : chargement jusqu'à cinq fois l'allongement à la limite d'élasticité nominale  $R_e$  (1,25 %) mesurée à l'aide d'un extensomètre sur la longueur libre  $L_3$  de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à  $0,5 R_e$  ( $-250 \text{ N/mm}^2$ ) en compression, répété 4 fois, suivi de l'étape 4.
- étape 4 : chargement de l'échantillon jusqu'à la rupture.

L'allongement résiduel après les 20 premiers cycles  $u_{20}$  est mesuré sur la même longueur de mesure  $L_g$  que pour l'essai de glissement.

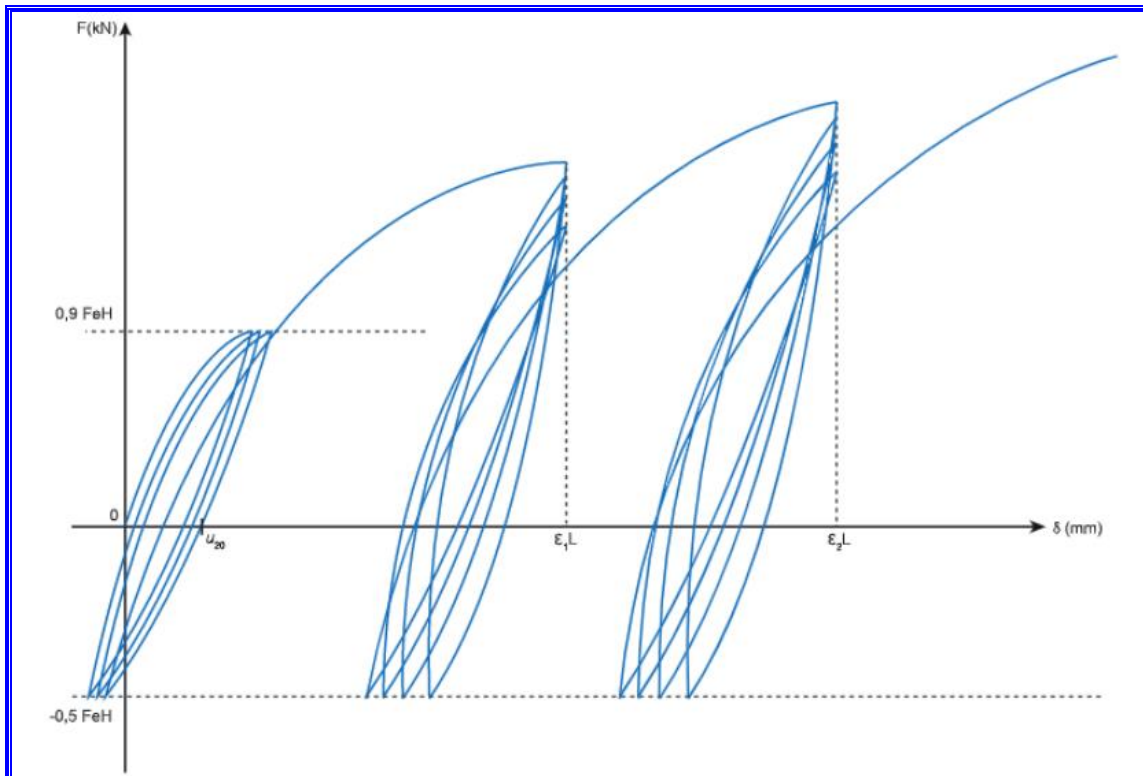


Figure 8: Diagramme des cycles de charge pour la détermination des propriétés sismiques

**Légende**

- F, effort
- $\delta$ , déplacement
- $u_{20}$ , allongement résiduel après les 20 premiers cycles  $u_{20}$  mesuré sur  $L_g$
- $\epsilon_1 = 2 \times$  allongement à la limite d'élasticité  $R_e$
- $\epsilon_2 = 5 \times$  allongement à la limite d'élasticité  $R_e$

## 8 Exemple de courbe de fatigue d'un raboutage mécanique

Le fichier de calcul EXCEL « *Requirements Fatigue EN 1992-1-1* », est annexé au présent PTV.

Ce fichier est constitué de six feuilles :

EN 1992-1-1	Specific S-N Curve	1992-1 Mechanical Coupler	1992-1 Welds	1992-1 Straight Bars	Couplers Appraisal test results
-------------	--------------------	---------------------------	--------------	----------------------	---------------------------------

### 8.1 Feuille « EN 1992-1-1 »

Cette feuille rappelle les règles de base de l'Eurocode 2 pour la résistance à la fatigue selon le chapitre 6.8.4 (EN 1992-1-1:2004), soit

- la forme de base de la courbe de Wöhler :

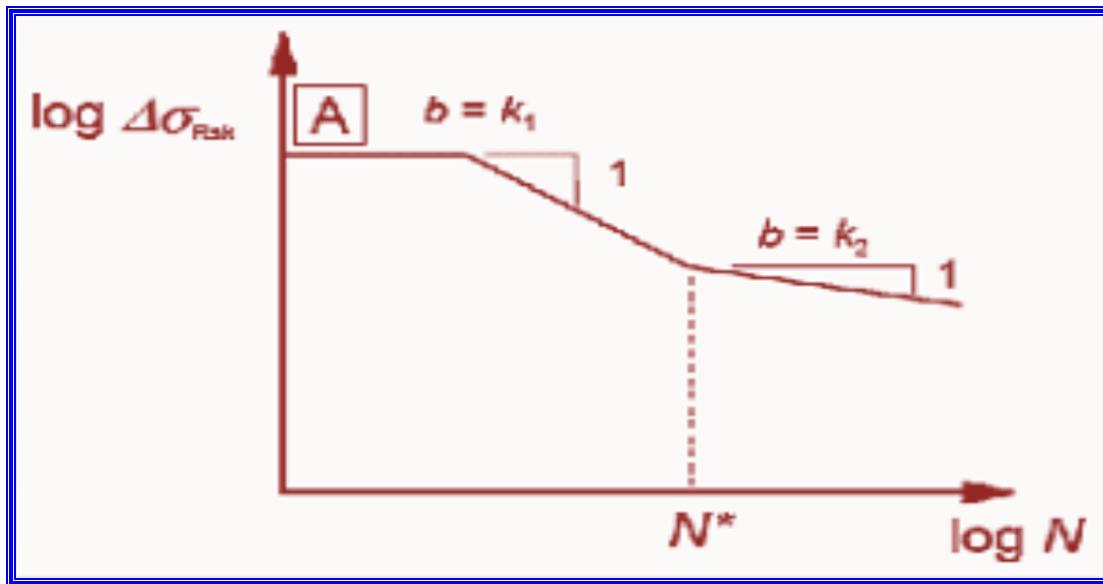


Figure 9 : Forme de base de la courbe de Wöhler

- les paramètres qui définissent cette courbe, dans différentes configurations, dont celle des assemblages mécaniques ici concernés (« Splicing devices »)

Tableau 5: Paramètres de la courbe pour différentes configurations

Type of reinforcement	$N^*$	stress exponent		$\Delta\sigma_{Rsk}$ (MPa) at $N^*$ cycles
		$k_1$	$k_2$	
Straight and bent bars <sup>1</sup>	$10^6$	5	9	162,5
Welded bars and wire fabrics	$10^7$	3	5	58,5
Splicing devices	$10^7$	3	5	35

**Note 1:** Values for  $\Delta\sigma_{Rsk}$  are those for straight bars. Values for bent bars should be obtained using a reduction factor  $\zeta = 0,35 + 0,026 D / \phi$ .

## 8.2 Feuille « Specific S-N curve »

Cette feuille, écrite en anglais, permet d'ajuster une courbe type à partir des paramètres de base de l'Eurocode :  $N^*$ ,  $\Delta\sigma$ ,  $k_1$ ,  $k_2$ . L'exemple ci-dessous est relatif à respectivement :  $N^* = 2\,000\,000$ ,  $\Delta\sigma = 100$ ,  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 5$ .

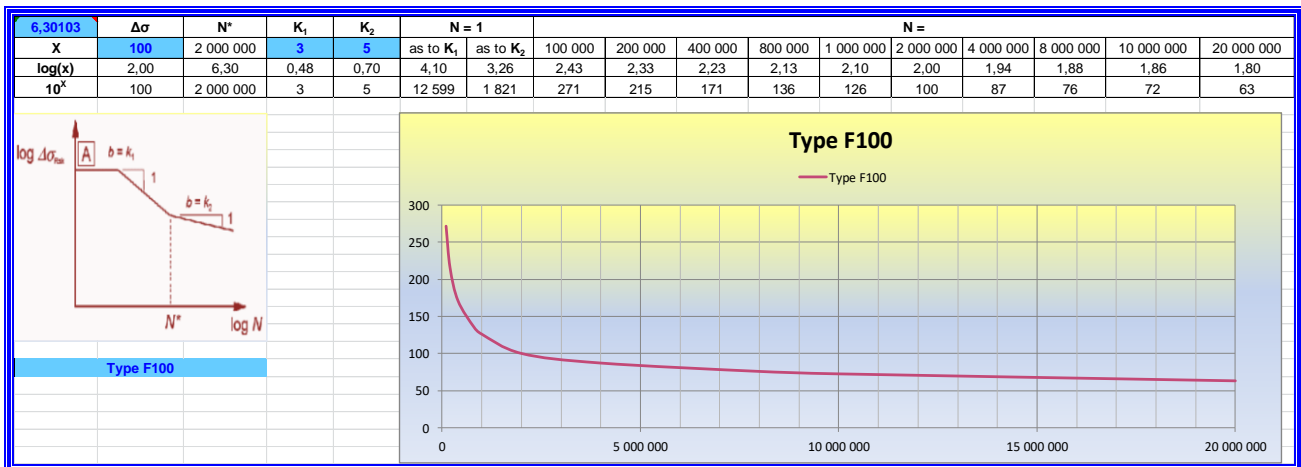


Figure 10: Exemple pour  $N^* = 2\,000\,000$ ,  $\Delta\sigma = 100$ ,  $k_1 = 3$ ,  $k_2 = 5$

### 8.3 Feuille « 1992-1 Mechanical Coupler »

Cette feuille rappelle la courbe de base de l'Eurocode pour les assemblages mécaniques.

### 8.4 Feuille « 1992-1 Welds »

Cette feuille est fournie à titre purement informatif et rappelle la courbe de base de l'Eurocode pour les soudures.

### 8.5 Feuille « 1992-1 Straight bars »

Cette feuille est fournie à titre purement informatif et rappelle la courbe de base de l'Eurocode pour les barres droites.

### 8.6 Feuille « Couplers Appraisal test results »

Cette feuille permet de compiler les résultats expérimentaux pour les assemblages mécaniques et de représenter ces résultats sous forme d'une courbe de base propres aux essais effectués, laquelle est comparée à la courbe de l'Eurocode.

## 9 Historique des révisions

- Révision 0 : Création du document,
- Révision 1 : Mise à jour du document sur base de la révision des normes de la série ISO 15835.
- Révision 2 : Mise à jour pour assemblages de barres de diamètres différents
- Révision 3 : Mise à jour pour cohérence avec la mise à jour du TRA
- Révision 4 : Ajout des propriétés sismiques