

PRESCRIPTIONS TECHNIQUES	PTV	309
	VERSION 7	2025

ACIERS POUR BÉTON ARMÉ ASSEMBLAGES MÉCANIQUES D'ACIER POUR BÉTON ARMÉ

La version en vigueur est disponible sur le site <u>l'extranet de PROCERTUS</u>.

1 PRÉAMBULE

Ces Prescriptions Techniques (PTV¹) de PROCERTUS, sont établies par la Commission Sectorielle ST1 - « Acier pour Béton Armé et acier de précontrainte » gérée par PROCERTUS en tant qu'Organisation sectorielle, en vue de la normalisation et de la certification des produits en acier concernés par ces prescriptions.

Selon le Règlement d'usage et de contrôle de la marque BENOR² et son article 8, ces Prescriptions Techniques de PROCERTUS 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
- ISO 15698-1:2012, Steel for the reinforcement of concrete Headed bars Part 1: Requirements
- ISO 15698-2:2012, Steel for the reinforcement of concrete Headed 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

3 DOMAINE D'APPLICATION

Les présentes Prescriptions Techniques (PTV) mentionnent les exigences relatives aux assemblages mécaniques d'aciers pour béton armé à utiliser pour l'assemblage des barres en acier pour béton armé.

¹ **P**rescriptions **t**echniques - **T**echnische **V**oorschriften

² Référence asbl BENOR : NBN/RVB.CA/RM2012-10-02 et éditions suivantes en vigueur

Elles décrivent les exigences à utiliser pour les assemblages mécaniques dans les structures en béton armé soumises principalement à des charges statiques³ 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
 - (ReH, 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'une pièce de connexion y compris tout matériau intermédiaire complémentaire ou autres éléments pour assurer l'assemblage.
- Pièce de connexion
 - manchon de raccordement ou coupleur fileté destiné aux assemblages mécaniques de barres d'armature 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 fixer aux barres d'armature munies de filetages compatibles.
- Manchon (ou coupleur)
 - Pièce de connexion destiné à assurer le transfert d'une traction axiale et/ou d'une compression axiale d'une barre à l'autre
- Ancrage
 - Pièce de connexion destiné à assurer le transfert d'une traction axiale d'une barre vers le béton
- Longueur de la pièce de connexion L₁
 - Longueur effective de la pièce de connexion (mécanisme d'assemblage), c'est-à-dire à partir du premier changement visuel d'aspect de la barre d'armature à une extrémité du manchon jusqu'à l'équivalent à l'autre extrémité du manchon
- Longueur de l'assemblage mécanique L
 - longueur de la pièce de connexion plus deux fois le diamètre nominal⁴ de la barre à chaque extrémité de la pièce de connexion (NOTE: Ceci est une définition conventionnelle pour tenir compte, de manière approximative, de la zone affectée).
- Glissement
 - 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 à l'assemblage mécanique.

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

⁴ Diamètre maximum dans le cas d'assemblages de barres de diamètres différents

5 CATÉGORIES D'ASSEMBLAGES

Le tableau 1 donne les catégories des assemblages 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 d'assemblages 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, 6.3
FX (Fatigue)	Comme pour B + Fatigue à grand nombre de cycles	Comme pour B + 6.4
S (Sismique)	Comme pour B + Sollicitation sismique	Comme pour B + 6.5

6 SPÉCIFICATIONS SUR LES PRODUITS ET MÉTHODES D'ESSAI

Les exigences techniques relatives aux assemblages 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

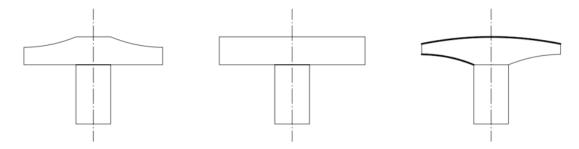
Si des manchons sont utilisés pour assembler des barres de diamètres différents, les exigences en matière de résistance et de ductilité doivent être fondées sur la barre d'armature de plus petit diamètre.

Si l'assemblage comporte des soudures par lesquelles une partie ou la totalité de la charge de l'armature est transférée, la méthode de description de la soudure et le personnel impliqué doivent être qualifiés conformément à la norme ISO 17660-1.

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

6.1 Exigences géométriques pour les ancrages

Les ancrages peuvent avoir différentes formes, comme indiqué dans la figure ci-dessous.



Le diamètre d'un ancrage de forme circulaire doit être au moins 3 fois le diamètre de la barre. La surface de charge doit être au moins 9 fois plus grande que la section transversale de la barre. La surface de charge est orientée perpendiculairement à l'axe de la barre.

Le centre de gravité de la section transversale de la barre doit coïncider avec le centre de gravité de la plaque d'ancrage. L'écart admissible par rapport aux dimensions de l'ancrage est de 5 %.

6.2 Résistance et ductilité sous forces statiques

La résistance et la ductilité de l'assemblage mécanique doivent être vérifiées par des essais par des essais de traction de façon à satisfaire les exigences des § 6.2.1et 6.2.2.

Pour les ancrages, un essai de traction avec une charge à forme oblique est appliqué.

6.2.1 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 l'assemblage ou sur l'assemblage complet 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 »⁵
- 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.

6.2.2 Ductilité

 $L'A_{gt}$ maximal mesuré (mesuré sur une base de 100 mm minimum) dans les barres d'armature⁶ en dehors de la longueur de l'assemblage « 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.

6.3 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 $0.6~R_{\rm e}$ 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.

6.4 Caractéristiques sous chargement de fatigue à grand nombre de cycles

6.4.1 Caractéristiques de fatigue

Les performances en fatigue sont au moins égales à celles spécifiées dans l'EUROCODE 2^7 , 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.

⁵ Voir définition au § 4 du présent document

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

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)

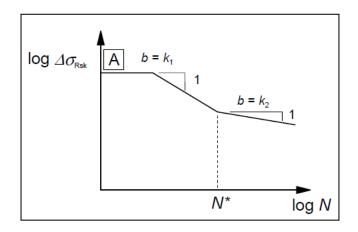


Figure 1 : Forme de la courbe caractéristique de résistance en fatigue (courbe S-N pour armatures de béton armé et pour armatures de précontrainte)

6.4.2 Performances égales à celles de l'EUROCODE

Un extrait de l'eurocode pour les valeurs des paramètres des courbes S-N relatives aux armatures est données au tableau 2 ci-dessous :

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

Type d'armatures		Exposant de la contrainte		$\Delta\sigma_{ m Rsk}$ (MPa)
	N*	k ₁	k ₂	pour <i>N</i> * cycles
Barres droites et barres pliées ¹	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 $\Delta \sigma_{\rm Rsk}$ 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

diamètre de la barre

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

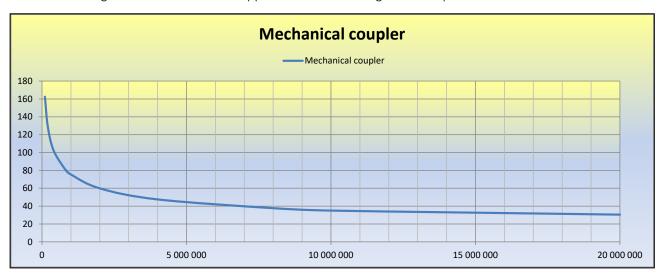


Figure 2 : Forme de la courbe caractéristique de résistance en fatigue d'un assemblage mécanique selon EUROCODE2

6.4.3 Performances supérieures à celles de l'EUROCODE

Des performances en fatigue supérieures peuvent être revendiquées par le fabricant, lequel doit alors spécifier le

6.4.4 Catégories d'assemblages mécaniques

6.4.4.1 Assemblages mécaniques de catégorie F1

Les assemblages mécaniques de catégorie F1 correspondent aux exigences de l'Eurocode 2.

- Dans le cas de manchons, l'assemblage doit supporter sans rupture un chargement de fatigue d'au moins deux millions de cycles avec une étendue de variation de contrainte, Δσ, d'au moins 60 Mpa.
- Dans le cas d'ancrages, l'assemblage doit supporter sans rupture un chargement de fatigue d'au moins deux millions de cycles avec une étendue de variation de contrainte, Δσ, d'au moins 80 Mpa.

La contrainte maximale, σ_{max} , dans l'essai est égale à 0,6 R_e .

6.4.4.2 Assemblages mécaniques de catégorie F2

Les assemblages 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, σ_{max} , dans l'essai est égale à 0,6 R_e .

Tableau 3 : Catégorie F2

Diamètre « D » (mm)	Δσ (Mpa) (>60/80 ⁸)		
D > 32	NN ₁		
28 < D ≤ 32	NN ₂		
25 < D ≤ 28	NN ₃		
20 < D ≤ 25	NN ₄		
16 < D ≤ 20	NN ₅		
D ≤ 16	NN ₆		

6.4.4.3 Assemblages mécaniques de catégorie F3

Les assemblages 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, σ_{max} , dans l'essai est égale à 0,6 R_e .

Tableau 4 : Catégorie F3

Diamètre « D » (mm)	Δσ (Mpa)		
	Manchons	Ancrages	
28 < D ≤ 32	64	80	
25 ≤ D ≤ 28	72	80	
20 ≤ D ≤ 22	88		
16 ≤ D < 20	106		
D = 12	148		

⁸ Au moins la valeur de F1 (60 MPa pour les manchons et 80 MPa pour les ancrages)

6.5 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 u₂₀ 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

6.6 Marquage et traçabilité

Chaque pièce de l'assemblage 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 assemblage doit pouvoir être raccordé à ses données de fabrication.

6.7 Instructions de mise en œuvre

Le producteur doit fournir les instructions nécessaires décrivant clairement l'application et la mise en œuvre. Le processus décrit dans les instructions d'utilisation doit être réalisable dans des conditions de chantier.

Le pliage des barres n'est autorisé qu'en dehors de la zone influencée par l'assemblage.

7 MÉTHODES DE CARACTÉRISATION DES ASSEMBLAGES MÉCANIQUES

7.1 Généralités

Tous les essais doivent être réalisés sur des assemblages 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 assemblages.

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 assemblages 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 3 et 4 pour les manchons. Pour les ancrages les mêmes principes sont d'application.

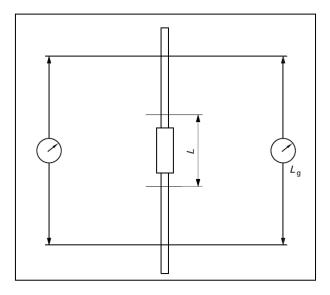


Figure 3: Principe de mesure

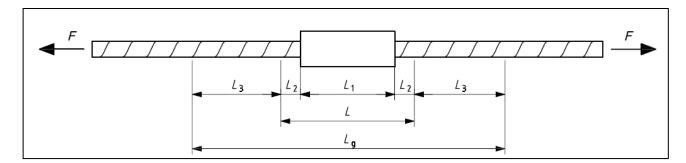


Figure 4: Définition des longueurs pour le mesurage des allongements de l'assemblage mécanique

Légende

- F, force appliquée
- L, longueur de l'assemblage mécanique (telle que définie ci-avant)
- L₁, longueur de la pièce de connexion
- L₂, = 2d, où d est le diamètre nominal de la barre d'armature
- L₃, entre 2d et 3d
- L_g, longueur entre repères globale, entre L₁ + 8d et L₁ + 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 de la pièce de connexion. La pièce de connexion doit être positionnée 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'Agt. La longueur libre minimale suffisante de l'éprouvette pour l'essai de traction est 400 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 mm + L. La longueur entre repères pour déterminer Agt doit être située 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 connectée 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 pour les manchons. Les deux valeurs doivent être enregistrées dans ce cas et la plus grande valeur doit être utilisée pour évaluer la conformité. Pour le calcul des contraintes, l'aire réelle 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 traction avec une charge à forme oblique

7.4.1 Équipement d'essai

L'équipement d'essai doit être conforme à la norme ISO 15698-2 pour les ancrages.

7.4.2 Mode opératoire d'essai

L'essai doit être réalisé conformément à la norme ISO 15630-1, en respectant les principes de la norme ISO 898-1, par l'application d'un support oblique sous un angle de 10 degrés.

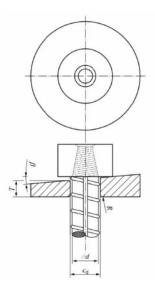


Figure 5 : Exemple de dispositif avec chargement oblique

L'Agt dans la barre connectée 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). La valeur doit être enregistrée pour évaluer la conformité. Pour le calcul des contraintes, l'aire réelle de la section transversale de la barre d'armature doit être utilisée.

7.4.3 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.

7.5 Essai de glissement

7.5.1 Généralités

Le glissement doit être mesuré globalement, conformément à la Figure 5. Si la pièce de connexion est constituée 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.

7.5.2 Valeur du glissement

Le glissement dans l'assemblage 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.

7.5.3 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 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.

7.5.4 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

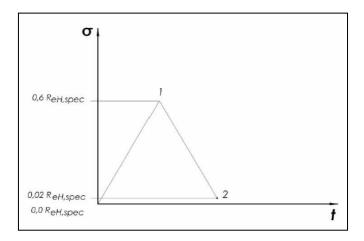


Figure 6 : Chargement cyclique pour l'essai de glissement

Légende

- σ, contrainte
- t, temps
- 1, contrainte maximale de chargement
- 2, contrainte minimale de déchargement

7.5.5 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 pièce de connexion 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 d'assemblage.

7.6 Essai de fatigue à grand nombre de cycles

7.6.1 Principe de l'essai

La performance en fatigue de barres raboutées mécaniquement sera normalement inférieure à celle de la barre non raboutée. Le but des essais de fatigue des assemblages 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.

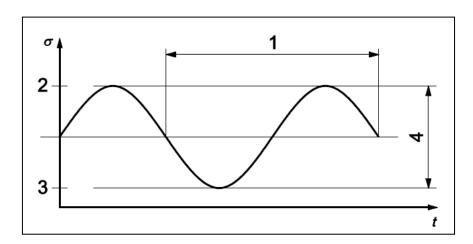


Figure 7 : Diagramme des cycles de force pour l'essai de fatigue à grand nombre de cycles

Légende

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

7.6.2 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, σ_{max} , à \pm 2 % de la valeur spécifiée et le niveau de contrainte inférieure, σ_{min} , à \pm 2 % de la valeur spécifiée.

7.6.3 Mode opératoire d'essai

7.6.3.1 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.

7.6.3.2 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 Hz⁹. La température de l'éprouvette ne doit pas dépasser 40 °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.

7.6.3.3 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 l'assemblage 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.

⁹ Une fréquence inférieure à 60 Hz conduit normalement à une température acceptable de l'éprouvette pendant l'essai.

7.7 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 ou of NBN ISO 15698-1.

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

La sollicitation d'un assemblage avec manchon se fait en quatre étapes successives :

- étape 1 : de la contrainte nulle à $0.9R_e$ (450 N/mm²) en traction puis à $0.5R_e$ (-250 N/mm²) 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 L₃ de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à 0,5 R_e (-250 N/mm²) 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 Re (1,25 %) mesurée à l'aide d'un extensomètre sur la longueur libre L₃ de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à 0,5 Re (-250 N/mm²) en compression, répété 4 fois, suivi de l'étape 4.
- étape 4 : chargement de l'échantillon jusqu'à la rupture.

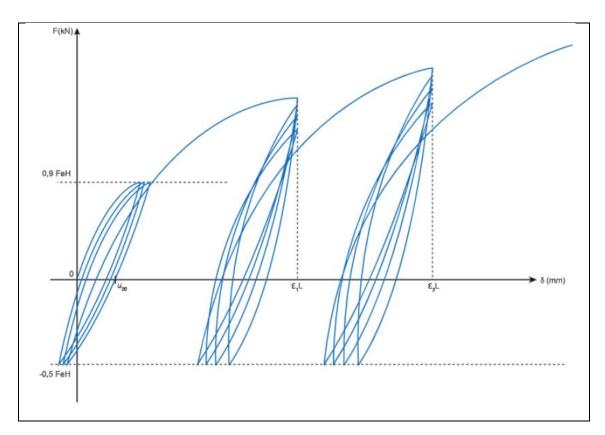


Figure 8: Diagramme des cycles de charge pour la détermination des propriétés sismiques

Légende

- F, effort
- δ, déplacement
- u₂₀, allongement résiduel après les 20 premiers cycles u₂₀ mesuré sur L_q
- $\epsilon_1 = 2 x$ allongement à la limite d'élasticité R_e
- $\varepsilon_2 = 5$ x allongement à la limite d'élasticité R_e

La sollicitation d'un assemblage avec ancrage se fait également en quatre étapes successives :

• étape 1 : de la contrainte nulle à 0,9R_e (450 N/mm²) en traction puis à 0,05R_e (25 N/mm²) en traction, 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 L₃ de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à 0,05 R_e (25 N/mm²) en traction, répété 4 fois, suivi de l'étape 3
- étape 3 : chargement jusqu'à cinq fois l'allongement à la limite d'élasticité nominale Re (1,25 %) mesurée à l'aide d'un extensomètre sur la longueur libre L₃ de la barre, suivi d'un déchargement jusqu'à 0,05 Re (25 N/mm²) en traction, 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.

8 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
- Révision 5 : Transfert de l'OCAB à PROCERTUS
- Révision 6 : Suppression de l'exemple en Excel, plus d'application
- Révision 7 : Ajout des ancrages et formulation plus explicite des assemblages soudées