
**Essais destructifs des soudures sur
matériaux métalliques — Essais de
fissuration à chaud des assemblages
soudés — Procédés de soudage à l'arc —**

Partie 3:

**Essais sur éprouvette soumise à une
charge extérieure**

*Destructive tests on welds in metallic materials — Hot cracking tests for
weldments — Arc welding processes —
Part 3: Externally loaded tests*



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 17641-3:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005>

© ISO 2005

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

Exceptionnellement, lorsqu'un comité technique a réuni des données de nature différente de celles qui sont normalement publiées comme Normes internationales (ceci pouvant comprendre des informations sur l'état de la technique par exemple), il peut décider, à la majorité simple de ses membres, de publier un Rapport technique. Les Rapports techniques sont de nature purement informative et ne doivent pas nécessairement être révisés avant que les données fournies ne soient plus jugées valables ou utiles.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-1688-0181>

L'ISO/TR 17641-3 a été élaborée par le Comité européen de normalisation (CEN) en collaboration avec le comité technique ISO/TC 44, *Soudage et techniques connexes*, sous-comité SC 5, *Essais et contrôle des soudures*, conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Tout au long du texte du présent document, lire «... le présent Rapport CEN ...» avec le sens de «... le présent Rapport technique ...».

L'ISO 17641 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essais de fissuration à chaud des assemblages soudés — Procédés de soudage à l'arc*:

— *Partie 1: Généralités*

— *Partie 2: Essais sur éprouvettes auto-bridées*

— *Partie 3: Essais sur éprouvette soumise à une charge extérieure* [Rapport technique]

Sommaire

page

Avant-propos.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles, désignations et unités	2
5 Principe	2
6 Description des essais	4
6.1 Essai de traction à chaud	4
6.1.1 Généralités	4
6.1.2 Dimensions de l'éprouvette	4
6.1.3 Atmosphère de protection	5
6.1.4 Méthode d'essai	5
6.1.5 Résultats des essais	6
6.2 Principes des essais Varestraint et Transvarestraint	7
6.2.1 Principes généraux	7
6.2.2 Dimensions des éprouvettes	10
6.2.3 Méthode d'essai	10
6.2.4 Résultats des essais	11
6.3 Essai de traction sur éprouvette plate	13
6.3.1 Généralités	13
6.3.2 Dimensions des éprouvettes	13
6.3.3 Mode opératoire d'essai	14
6.3.4 Résultats des essais	15
7 Rapports d'essai	15

Figures

Figure 1 — Dimensions de l'éprouvette pour l'essai de traction à chaud	5
Figure 2 — Présentation des résultats	7
Figure 3 — Principe des essais Varestraint (en haut) /Transvarestraint (en bas).....	9
Figure 4 — Représentation type des résultats pour les essais Varestraint et Transvarestraint	12
Figure 5 — Essai de fissuration par déformation programmable (essai PVR) – Dimension de l'éprouvette	14
Figure 6 — Mode opératoire de l'essai par fissuration programmable (essai PVR)	15

Tableaux

Tableau 1 — Désignation et symboles	2
Tableau 2 — Essais de fissuration à chaud, types de fissurations et applications	3

Avant-propos

Le présent document (CEN ISO/TR 17641-3:2005) a été élaboré par le Comité Technique CEN/TC 121 "Soudage", dont le secrétariat est tenu par le DIN, en collaboration avec le Comité Technique ISO/TC 44 "Soudage et techniques connexes".

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 17641-3:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TR 17641-3:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-d1c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005>

1 Domaine d'application

Le présent document souligne les méthodes et modes opératoires d'essais de fissuration à chaud avec charge extérieure.

Les essais suivants sont décrits :

- essais de traction à chaud ;
- essais Varestraint/Transvarestraint ;
- essai de traction sur éprouvette plate.

Les essais ci-dessus peuvent donner des informations sur la sensibilité à la fissuration à chaud des matériaux de base, du métal fondu et des soudures. L'évaluation est basée sur la mesure d'un « domaine de température de fragilité » (BTR) dans lequel la fissuration à chaud se produit.

Le présent document s'applique essentiellement aux aciers inoxydables austénitiques au nickel, aux alliages à base de nickel, aux alliages en nickel-cuivre, ainsi qu'aux produits consommables correspondants. Cependant les principes peuvent également servir pour d'autres matériaux, par exemple l'aluminium et ses alliages, ou les aciers à haute résistance, par accord préalable entre les parties contractantes.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb->

EN ISO 17641-1:2004, *Essais destructifs des soudures sur matériaux métalliques — Essais de fissuration à chaud des assemblages soudés - Procédés de soudage à l'arc — Partie 1 : Généralités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'EN ISO 17641-1:2004 s'appliquent.

4 Symboles, désignations et unités

Pour les besoins du présent document, les symboles et unités donnés dans le Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 — Désignation et symboles

Symboles	Désignation	Unité
Essai de traction à chaud		
BTR	Domaine de température de fragilité, c'est à dire différence entre NST et DRT (voir Figure 2)	°C
DRR	Taux de restauration de la ductilité, différence (2-3)/(1-3) × 100 (voir Figure 2)	%
DRT	Température de restauration de la ductilité, c'est à dire température à 5 % de striction mesurée au cours de l'essai de traction « au refroidissement »	°C
NDR	Domaine de température de ductilité nulle, distance (4-6 voir Figure 2)	°C
NST	Température de résistance nulle, c'est à dire température maximale de l'essai (voir Figure 2, point 6)	°C
RDR	Rapport de restauration de la ductilité, zone (2-3-4)/zone (1-3-5) × 100 (voir Figure 2)	-
R_m	Résistance à la traction	MPa
Z	Striction	%
T_s	Température de solidus (voir Figure 2, point 7)	°C
Essai Varestreint/Transvarestreint		
L_{tot}	Longueur totale de toutes les fissures détectées	mm
l	Longueur de l'éprouvette	mm
R	Rayon du support	mm
t	Épaisseur de l'éprouvette	mm
w	Largeur de l'éprouvette	mm
Essai de traction sur éprouvette plate		
S_s	Déformation de l'éprouvette	%
S_v	Vitesse de déformation	mm/s
V_{crit}	Vitesse de déformation critique pour produire la première fissure à chaud	mm/s
W_s	Vitesse de soudage	cm/min

5 Principe

Les essais de fissuration à chaud avec sollicitation extérieure peuvent être utilisés pour fournir des informations quantitatives sur la fissuration à la solidification, la fissuration par liquation et la fissuration par chute de ductilité conformément au Tableau 2. Ils conviennent pour évaluer la sensibilité à la fissuration à chaud des matériaux de base, des soudures et du métal fondu. Cependant, il convient de reconnaître que les mécanismes exacts des différentes formes de fissuration à chaud ne sont pas entièrement connus. Les différents essais avec charge extérieure décrits dans le présent document utilisent des critères différents pour l'évaluation de la sensibilité à la fissuration à chaud. Aucun de ces essais ne reproduit exactement les conditions de température, de vitesse de refroidissement, de bridage et de déformation appliquées extérieurement qui interviennent dans une large gamme de fabrications dans lesquelles la fissuration à chaud peut être considérée comme étant un problème potentiel. Bien que des travaux continuent de porter sur ces questions, les essais, dans leur état actuel, peuvent seulement être utilisés pour classer les matériaux, les produits d'apport de soudage et les conditions de soudage. Les résultats peuvent être ensuite comparés avec des bases de données tirées de l'expérience pertinente afin de porter un jugement sur l'aptitude potentielle. Pour cette raison, il n'est pas possible de prétendre qu'un essai particulier est le mieux approprié vis à vis d'une exigence particulière. L'utilisateur de l'essai doit décider, sur la base de l'expérience passée ou par des essais préliminaires quel est l'essai le mieux approprié pour l'application concernée.

Quatre types d'essais de fissuration à chaud sont décrits et leur pertinence vis à vis des différentes formes des fissurations à chaud ainsi que leur domaine d'application possible sont résumés au Tableau 2.

Tous les essais de fissuration à chaud décrits reposent sur l'application à l'éprouvette d'une charge extérieure à l'aide d'un dispositif d'essai approprié.

Cette charge extérieure peut produire une déformation et une vitesse de déformation mesurables sur l'éprouvette à l'intérieur du domaine de température de fragilité (BTR) et peut de cette manière reproduire certains aspects du processus du soudage. Les résultats obtenus lors de cet essai sont quantitatifs et sont généralement reproductibles pour le même essai en utilisant un mode opératoire d'essai défini et un matériel d'essai similaire.

Malheureusement les matériels et les modes opératoires d'essai ne sont pas normalisés entre différents laboratoires et la reproductibilité absolue entre laboratoires est limitée. La répétabilité des résultats au sein d'un laboratoire donné utilisant des modes opératoires cohérents et le même matériel est généralement bonne.

Lorsque les matériaux de base doivent être soumis à essai, l'éprouvette est chauffée soit à l'aide d'une ligne de fusion TIG dans le cas de l'essai Varestraint et de l'essai de traction sur éprouvette plate soit par chauffage par résistance pour l'essai de traction à chaud. Dans les deux cas une ZAT est formée et soumise à déformation ce qui permet l'évaluation de la sensibilité à la fissuration.

Lorsque le métal fondu doit être soumis à essai un dépôt par soudage est réalisé au moyen du procédé de soudage à l'arc approprié et, dans le cas de l'essai Varestraint et de l'essai de traction sur éprouvette plate, soumis à une déformation au moment où la soudure se solidifie. Toute fissuration qui intervient constitue la base de l'évaluation. Pour l'essai de traction à chaud, l'éprouvette est prélevée dans une soudure multipasse et l'évaluation est fondée sur les propriétés mécaniques mesurées suivant le mode opératoire approprié, voir 6.1.1.

Les soudures multipasse peuvent être également évaluées en utilisant l'essai Varestraint et l'essai de traction sur éprouvette plate, mais pour ces essais, des échantillons avec des dépôts multipasse doivent être préparés et le métal fondu est ensuite réchauffé par une ligne de fusion TIG similaire à celle utilisée lors des essais sur matériaux de base.

Tableau 2 — Essais de fissuration à chaud, types de fissurations et applications

Type d'essai	Type de fissure	Résultats	Applications
Varestraint	Solidification	L_{tot} BTR	Matériau de base, choix et homologation
	Liquation	L_{tot}	Métal fondu, choix et homologation
	Chute de ductilité	L_{tot}	Modes opératoires de soudage
Transvarestraint	Solidification	L_{tot}	Choix du métal fondu Modes opératoires de soudage
Traction sur éprouvette plate (essai PVR)	Solidification	V_{crit}	Choix des matériaux
	Liquation	V_{crit}	Soudage multipasse
	Chute de ductilité	V_{crit}	Modes opératoires de soudage Combinaisons de matériaux
Traction à chaud (Gleeble™)	Solidification	BTR	Choix ou homologation de matériaux
	Liquation	BTR	

Bien qu'il soit possible que plus d'une forme de fissuration à chaud soit présente sur une même pièce d'essai, il convient de noter que la formation de l'un des types de fissures par exemple par solidification peut relaxer la contrainte d'essai sur l'éprouvette d'une manière telle que les autres formes de fissuration ne se produisent pas. Pour cette raison l'absence d'une forme particulière d'une fissuration sur la pièce d'essai ne signifie pas qu'il n'existe aucun risque pour que ce type de fissuration intervienne en pratique.

L'essai Transvarestraint a été conçu à l'origine pour évaluer la fissuration de solidification du métal fondu par l'intermédiaire de déformations appliquées transversalement à la longueur de la soudure. Il est possible que d'autres types de fissures à chaud se forment et s'il en est ainsi il convient de le noter dans le rapport d'essai.

6 Description des essais

6.1 Essai de traction à chaud

6.1.1 Généralités

L'essai de traction à chaud permet de déterminer la sensibilité à la fissuration à chaud d'un matériau dans un cycle thermique de soudage simulé sur une éprouvette de traction cylindrique. Cette éprouvette peut être rompue brusquement à tout moment au cours du cycle thermique de soudage. Pour simuler l'histoire thermique du soudage par fusion, l'éprouvette doit être chauffée jusqu'à sa température de fusion. Un certain nombre d'éprouvettes de traction cylindre qui peuvent être chargées jusqu'à rupture en un point prédéterminé, peuvent être utilisées (mode opératoire A).

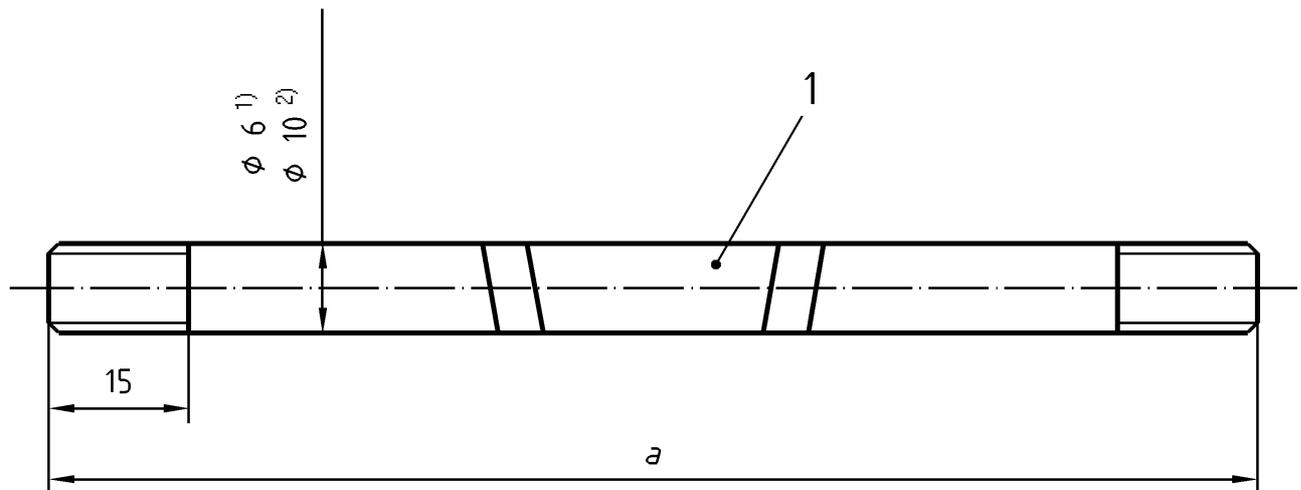
Pour simuler l'histoire thermique de la ZAT et la fissuration par liquation, l'éprouvette est chauffée seulement jusqu'à la température de résistance nulle (NST) plutôt que jusqu'à fusion. Ce mode opératoire est le même à la fois pour la fissuration par liquation dans la ZAT des matériaux de base et les ZAT entre passes des soudures multipasse (mode opératoire B). Les modes opératoires d'essai sont d'abord utilisés pour les études sur la fissuration à chaud du métal fondu. Les essais sont caractérisés par une bonne reproductibilité.

6.1.2 Dimensions de l'éprouvette

Mode opératoire A – pour simuler la fissuration de solidification et le chauffage jusqu'au point de fusion, il convient d'utiliser une éprouvette de 130 mm de long et de 10 mm de diamètre.

Mode opératoire B – pour simuler la fissuration par liquation dans la ZAT et pour déterminer la NST, il convient d'utiliser une éprouvette de 110 mm de long et de 6 mm de diamètre.

Les dimensions d'éprouvette ainsi que l'emplacement de la soudure sont indiqués à la Figure 1.



Légende

- 1 métal fondu
 a = 130 pour la fissuration de solidification
 110 pour la fissuration par liquation
 1) pour la fissuration de solidification
 2) pour la fissuration par liquation

Figure 1 — Dimensions de l'éprouvette pour l'essai de traction à chaud

6.1.3 Atmosphère de protection

ISO/TR 17641-3:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e5770f20-bab2-43b6-addb-41c85853ad07/iso-tr-17641-3-2005>

Les éprouvettes doivent être chauffées dans une enceinte qui est tout d'abord purgée et qui est ensuite remplie d'argon afin d'éviter une oxydation excessive à haute température. Tout moyen convenable de remplissage peut être utilisé à la condition que la teneur en oxygène de l'atmosphère au début de l'essai ne dépasse pas 0,1 %.

6.1.4 Méthode d'essai

6.1.4.1 Généralités

Il convient de procéder au mesurage de la température de l'éprouvette à l'aide d'un thermocouple Pt-PtRh de 0,2 mm à 0,25 mm de diamètre soudé par percussions à mi longueur de l'éprouvette et perpendiculairement au diamètre de celle-ci.

6.1.4.2 Procédure A – Études de fissuration à la solidification

L'éprouvette de 10 mm de diamètre est fixée dans des mâchoires en cuivre refroidies à l'eau puis chauffées jusqu'au point de fusion par chauffage par résistance contrôlé. La partie centrale de l'éprouvette est protégée contre l'effondrement au moment où elle approche du point de fusion, par un tube de quartz ajusté. Au cours de la solidification et lors du refroidissement ultérieur, les mâchoires sont maintenues à une position fixe de telle sorte que les déformations / retraits de bridage puissent provoquer la fissuration.

Lors d'essais complémentaires, une compression contrôlée peut être appliquée après le cycle thermique afin de déterminer la déformation nécessaire pour éviter la fissuration.