

---

---

**Corrosion des métaux et alliages —  
Essais de corrosion sous contrainte —  
Partie 10:  
Méthode d'essai par cintrage en U  
inversé**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing —  
Part 10: Reverse U-bend method*  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 7539-10:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 7539-10:2013

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2013

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Version française parue en 2014

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Référence normative</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Principe</b> .....	<b>1</b>
<b>5</b> <b>Éprouvettes</b> .....	<b>2</b>
5.1    Généralités.....	2
5.2    Tubes et conduits.....	2
5.3    Autres produits.....	3
<b>6</b> <b>Mode opératoire expérimental</b> .....	<b>3</b>
<b>7</b> <b>Évaluation après exposition</b> .....	<b>4</b>
<b>8</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe A (informative) Préparation d'une éprouvette RUB en demi-tube non prédéformée</b> .....	<b>6</b>
<b>Annexe B (informative) Éprouvettes RUB à section calibrée</b> .....	<b>8</b>

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 7539-10:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires.

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

L'ISO 7539 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte*:

- *Partie 1: Lignes directrices générales relatives aux méthodes d'essai*
- *Partie 2: Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais en flexion*
- *Partie 3: Préparation et utilisation des éprouvettes cintrées en U*
- *Partie 4: Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais en traction uniaxiale*
- *Partie 5: Préparation et utilisation des éprouvettes en forme d'anneau en C*
- *Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes préfiessurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant*
- *Partie 7: Méthode d'essai à faible vitesse de déformation*
- *Partie 8: Préparation et utilisation des éprouvettes pour évaluer les assemblages soudés*
- *Partie 9: Préparation et utilisation des éprouvettes préfiessurées pour essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant*
- *Partie 10: Méthode d'essai par cintrage en U inversé*
- *Partie 11: Lignes directrices pour les essais de résistance des métaux et alliages à la fragilisation par l'hydrogène et la fissuration assistée sous hydrogène*

# Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte —

## Partie 10: Méthode d'essai par cintrage en U inversé

**AVERTISSEMENT** — La présente Norme internationale peut impliquer l'utilisation de matériaux et d'appareils dangereux et l'exécution d'opérations dangereuses. Il incombe à quiconque qui utilise de la présente norme de consulter et d'établir des bonnes pratiques d'hygiène et de sécurité et de déterminer avant sa mise en œuvre dans quelle mesure s'appliquent les limites réglementaires.

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7539 décrit les procédures de conception, de préparation et d'utilisation d'éprouvettes d'essai pliées en U inversé (RUB) (aussi dénommées «selle de cheval») permettant d'étudier la sensibilité du métal à la corrosion fissurante sous contrainte. Pour les besoins de la présente norme, le terme «métal» inclut également les alliages.

iTeh STANDARD PREVIEW

### 2 Référence normative (standards.iteh.ai)

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7539-1, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 1: Lignes directrices générales relatives aux méthodes d'essai.*

ISO 8407, *Corrosion des métaux et alliages — Élimination des produits de corrosion sur les éprouvettes d'essai de corrosion.*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans l'ISO 7539-1 s'appliquent.

### 4 Principe

L'essai sur RUB est un essai particulièrement sévère destiné à évaluer la sensibilité à la corrosion fissurante sous contrainte. L'essai est principalement destiné à être appliqué sur les métaux de forte résistance à la corrosion, comme les alliages à base de nickel, avec comme avantage par rapport à d'autres méthodes comme l'essai conventionnel par pliage en U de présenter une relaxation de contrainte considérablement moindre. Il est utilisé principalement comme essai de sélection de tubes, conduites, plaques, barres et autres produits incluant des matériaux soudés. Il peut également être utilisé comme essai d'acceptation pour les performances en service sous condition d'un accord entre les parties.

Le principe de l'essai consiste à appliquer des contraintes très sévères dans un métal à forte résistance à la corrosion, avec un minimum de relaxation, afin d'augmenter la probabilité d'induire une corrosion fissurante sous contrainte.

L'essai consiste à exposer au fluide corrosif une pièce métallique de section semi-circulaire repliée sur elle-même (c'est-à-dire cintrée à l'envers) sous forme de U et maintenue de manière à assurer la présence de contraintes de tension initiales dépassant la limite d'élasticité sur une grande proportion de la surface intérieure. L'essai est accéléré par la présence de contraintes biaxiales complexes qui peuvent exister ou pas en service. La réalisation des éprouvettes peut y introduire des degrés d'écrouissage différents et la déformation peut jouer sur la propension à la corrosion fissurante sous contrainte par rapport à celle du matériau dans son état d'origine.

L'essai est normalement conduit en laboratoire, en exposant les éprouvettes aux conditions de service simulées.

Un autre objectif de l'essai est de comparer et d'évaluer l'influence de différents paramètres de matériaux.

Les principaux avantages de l'essai sont sa simplicité et sa faculté à fournir un dégrossissage rapide: si des éprouvettes conventionnelles cintrées en U ou en forme d'anneau en C sont utilisées pour les essais de dégrossissage dans une solution de température élevée de 573 K ou plus, une relaxation de contrainte marquée a lieu, et une longue durée d'essai est nécessaire pour l'évaluation. Cependant, la relaxation de contrainte dans les éprouvettes cintrées en U inversé est inférieure à celle des éprouvettes conventionnelles cintrées en U et en forme d'anneau en C en raison des contraintes bi-axiales dans les éprouvettes cintrées en U inversé. Par conséquent, les essais de dégrossissage peuvent être réalisés sur une durée relativement courte en utilisant des éprouvettes cintrées en U inversé.

Un inconvénient est que l'état de contrainte est compliqué et qu'il est difficile à quantifier avec exactitude. Si un état de contrainte précis est souhaité, il convient d'utiliser une autre méthode.

De grandes variations peuvent être enregistrées dans les résultats d'essai pour un métal et un environnement donnés, même lorsque les éprouvettes sont totalement identiques, et la répétition des essais est fréquemment nécessaire.

Si les éprouvettes sont préparées à partir de tubes de différentes dimensions ou si elles sont soumises à des modes opératoires de contrainte différents, les résultats d'essai peuvent varier encore plus.

## 5 Éprouvettes

### 5.1 Généralités

Les éprouvettes RUB sont préparées à partir de portions de tubes, conduites et autres produits cylindriques creux de production, découpées longitudinalement en moitiés, ou à partir de plaques, barres ou autres produits de forme semi-circulaire dans le sens axial. Dans ce cas, il convient de faire suivre l'usinage des éprouvettes d'un traitement thermique afin de soulager les contraintes résiduelles avant d'entreprendre le processus de cintrage en U inversé.

### 5.2 Tubes et conduits

Il est possible d'utiliser des tubes de dimensions variables et des tailles d'éprouvettes variées. Le tube est coupé aux longueurs sélectionnées pour les éprouvettes, puis sectionné dans le sens axial afin de produire des éprouvettes de section semi-circulaire.

Le tube doit conserver sa finition de surface d'origine.

Pendant le cintrage, le demi-tube peut être forcé par l'appareillage de mise en forme de maintenir sa section transversale semi-circulaire, ou ses côtés peuvent être libres de se déformer, auquel cas ils tendent à s'aplatir au niveau de l'apex. Les deux méthodes peuvent être utilisées. Le dernier mode opératoire entraîne des contraintes moindres, mais présente l'avantage d'éviter les fissures au niveau des bords. Dans la présente norme, l'éprouvette du premier type est appelée «éprouvette RUB en demi-tube», et l'éprouvette du deuxième type est appelée «éprouvette RUB à section calibrée».

Pendant les essais d'éprouvettes RUB à section calibrée (sur lesquelles les contraintes générées pendant le cintrage inversé sont moindres car le bridage est réduit), une pré-déformation peut être utilisée pour atteindre le niveau de contrainte souhaité.

Des exemples de préparation d'éprouvettes RUB en demi-tube sont représentés en [Annexe A](#). Des exemples de préparation d'éprouvettes RUB à section calibrée et non prédéformées ou prédéformées sont représentés en [Annexe B](#).

Le traitement thermique final doit être effectué avant le cintrage (et la prédéformation si celle-ci est adoptée).

Une mise sous contrainte en une étape ou une mise sous contrainte en deux étapes peut être effectuée. Dans la mise sous contrainte en une étape, il n'est pas permis à l'éprouvette d'effectuer un retour élastique après cintrage avant la mise sous contrainte finale. Dans la mise sous contrainte en deux étapes, il est permis à l'éprouvette d'effectuer un retour élastique après cintrage avant la mise sous contrainte finale.

Lorsque de la mise sous contrainte d'éprouvettes avec un boulon de charge après la mise en forme, il convient de s'assurer que la déflexion est rétablie au-delà de celle présente à la fin de l'opération de mise en forme. La distance finale entre les pattes de l'éprouvette au niveau du boulon de charge doit être inférieure d'au moins 1 mm à celle à la fin de l'opération de mise en forme. Il convient que la séparation finale des pattes soit la même pour toutes les éprouvettes d'une même série; il convient d'éviter la surcharge. Il convient d'utiliser un dispositif de mesure à micromètre pour assurer la constance.

Il convient que le matériau du boulon présente un coefficient de dilatation thermique similaire (ou inférieur) à celui de l'éprouvette. En outre, il est recommandé d'utiliser des doubles écrous afin de réduire la probabilité de desserrage des boulons.

### 5.3 Autres produits (standards.iteh.ai)

Il est possible d'utiliser diverses barres de fer, plaques et autres matériaux forgés ou roulés ou encore soudés. Ces matériaux doivent être usinés jusqu'à former une plaque après le traitement thermique final et pressés en forme semi-circulaire entre des matrices interne et externe. La préparation d'éprouvettes issues d'une plaque est représentée en [Annexes A](#) et [B](#).

Lors des essais de soudures, il faut tenir compte de l'orientation de la soudure par rapport à l'axe longitudinal de l'éprouvette, et ceci doit être noté. Les essais peuvent être réalisés sur le métal soudé lui-même ou sur des sections contenant le métal soudé et la zone affectée thermiquement.

Une mise sous contrainte en une étape ou une mise sous contrainte en deux étapes peut être effectuée. Dans la mise sous contrainte en une étape, il n'est pas permis à l'éprouvette d'effectuer un retour élastique après cintrage avant la mise sous contrainte finale. Dans la mise sous contrainte en deux étapes, il est permis à l'éprouvette d'effectuer un retour élastique après cintrage avant la mise sous contrainte finale.

Lorsque de la mise sous contrainte d'éprouvettes avec un boulon de charge après la mise en forme, il faut veiller à s'assurer que la déflexion est rétablie au-delà de celle présente à la fin de l'opération de mise en forme. La distance finale entre les pattes de l'éprouvette au niveau du boulon de charge doit être inférieure d'au moins 1 mm à celle à la fin de l'opération de mise en forme. Il convient que la séparation finale des pattes soit la même pour toutes les éprouvettes d'une même série; il convient d'éviter la surcharge. Il convient d'utiliser un dispositif de mesure à micromètre pour assurer la constance.

Il convient que le matériau du boulon présente un coefficient de dilatation thermique similaire (ou inférieur) à celui de l'éprouvette. En outre, il est recommandé d'utiliser des doubles écrous afin de réduire la probabilité de desserrage des boulons.

## 6 Mode opératoire expérimental

Si plusieurs métaux sont présents dans un système, il peut être nécessaire d'isoler électriquement les éprouvettes afin d'éviter les effets galvaniques, en fonction de l'environnement d'essai. Lorsqu'une

isolation est utilisée, le matériau isolant ne doit pas se déformer pendant l'essai. Les matériaux isolants en céramique sont adaptés à condition qu'ils soient compatibles avec les conditions d'essai.

Les éprouvettes doivent être dégraissées avant les essais et il convient de les manipuler avec soin ensuite.

Après leur mise en forme, les éprouvettes doivent être examinées pour déceler l'éventuel amorçage de fissures avant exposition à l'environnement d'essai. Des éprouvettes supplémentaires, qui sont mises sous contrainte mais pas exposées à l'environnement d'essai, peuvent également être prévues aux fins de contrôle, en vue d'effectuer des comparaisons ultérieures.

S'il est nécessaire de repérer les éprouvettes en vue d'une identification, il convient de suivre les méthodes mentionnées dans l'ISO 7539-1.

Il convient de soumettre les éprouvettes à l'essai dès que possible une fois le dégraissage, la mise sous contrainte et l'inspection terminés.

Habituellement, une série d'éprouvettes est soumise à l'essai pendant différentes durées d'exposition afin de suivre la progression des dommages dans le temps.

Il peut être utile de soumettre à l'essai un nombre suffisant d'éprouvettes identiques pour une évaluation statistique à chaque durée d'exposition.

Une fois l'essai terminé, les éprouvettes doivent être rincées à l'eau distillée ou à l'éthanol, puis séchées. Si nécessaire, une méthode de nettoyage appropriée (ISO 8407) doit être utilisée afin de pouvoir observer les fissures potentielles.

## iTeh STANDARD PREVIEW

### 7 Évaluation après exposition (standards.iteh.ai)

Avant d'examiner les éprouvettes, il est nécessaire de vérifier qu'une rupture ou un desserrement du boulon de charge n'ont pas invalidé l'essai. [ISO 7539-10:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-36d89136a484/iso-7539-10-2013)

L'examen préliminaire des éprouvettes pour rechercher la présence de fissures se fait en général à l'œil nu ou au microscope optique. Au cours des essais en laboratoire, les éprouvettes sont fréquemment utilisées en double pour faciliter l'inspection périodique et déterminer le délai d'apparition des premières fissures.

Afin de s'assurer qu'une éprouvette ne contient aucune fissure, il est nécessaire d'utiliser un microscope à balayage ou un microscope à fort grossissement sur des sections transversales préparées pour examen métallographique. Un test de ressuage peut être utile pour détecter facilement les petites fissures.

Comme certaines fissures peuvent avoir une autre origine que la corrosion fissurante sous contrainte, il est nécessaire d'examiner des éprouvettes soumises à une même contrainte mais pas exposées à l'environnement corrosif à des fins de comparaison lorsque des fissures sont constatées.

Il convient de considérer toute fissure observée comme un signe de défaillance, sauf en cas de certitude formelle qu'elle est due à une autre raison que la corrosion fissurante sous contrainte.

Il convient de considérer l'essai comme un essai fondamentalement de type «tout ou rien» et il convient de ne pas considérer des différences mineures de comportement, par exemple, la durée jusqu'à la première fissure, ou la taille d'une fissure, comme significatives.

Il est recommandé de présenter les résultats à l'aide de méthodes d'analyse statistique comme les statistiques Weibull, c'est-à-dire en reportant dans un diagramme le nombre cumulé de défaillances par rapport au temps.



## 8 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les indications suivantes:

- a) une description complète du matériau d'essai, incluant la composition chimique, le traitement thermique et l'état microstructural;
- b) les dimensions des tubes, la taille des éprouvettes et les modes opératoires de prédéformation, de cintrage et de mise sous contrainte;
- c) une description complète de l'environnement d'essai;
- d) le mode opératoire d'inspection, y compris le type de microscope et son grossissement;
- e) la périodicité des observations et le moment d'apparition des fissures;
- f) une description des méthodes statistiques utilisées pour l'évaluation.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 7539-10:2013](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/3573d9dc-a6cb-4ba7-a570-a6d89136a484/iso-7539-10-2013>