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

**Partie 7:
Méthode d'essai à faible vitesse
de déformation**

iTeh STANDARD PREVIEW

*Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing —
Part 7: Method for slow strain rate testing*

ISO 7539-7:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005>



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 7539-7:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005>

© 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.

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.

L'ISO 7539-7 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 7539-7:1989), dont les Articles 1, 3, 4, 6, 7 et 8 ont fait l'objet d'une révision technique.

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

- *Partie 1: Guide général des 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 préfissurées 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 préfissurées pour essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7539-7:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005>

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

Partie 7: Méthode d'essai à faible vitesse de déformation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 7539 spécifie la méthode d'essai à faible vitesse de déformation visant à établir la sensibilité d'un métal à la fissuration par corrosion sous contrainte, y compris la fragilisation par l'hydrogène.

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 7539, le terme «métal» désigne également les alliages.

La méthode d'essai à faible vitesse de déformation convient à une multitude de formes de produits, comme les tôles fortes, les barres, les fils, les tôles minces et les tubes, ainsi qu'aux ensembles composites de ces divers éléments et aux pièces assemblées par soudage. Il est possible d'utiliser des éprouvettes entaillées ainsi que des éprouvettes initialement lisses.

Le principal avantage de cette méthode d'essai est la rapidité avec laquelle la sensibilité à la fissuration par corrosion sous contrainte peut être évaluée, pour une combinaison donnée de métal et d'environnement.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005>

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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 7539-1:1987, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 1: Guide général des méthodes d'essai*

ISO 7593-4:1989, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 4: Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais en traction uniaxiale*

ISO 7539-6:2003, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes pré-fissurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant*

3 Termes et définitions

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

3.1

fluage

déformation mécanique d'une éprouvette en fonction du temps, après application de la charge initiale

3.2 allongement à la rupture
rapport, exprimé en pourcentage, de l'augmentation en longueur de la partie calibrée survenue pendant un essai à sa longueur initiale

3.3 charge maximale
valeur maximale de la charge obtenue au cours d'un essai mené jusqu'à la rupture ou, dans le cas de matériaux composites, charge correspondant à la rupture d'un élément

3.4 courbe «contrainte nominale/allongement»
représentation graphique de la contrainte nominale calculée à partir de la charge instantanée appliquée et de l'aire de la section droite initiale d'une éprouvette, en fonction de l'allongement de la longueur calibrée au moment du mesurage de la charge

3.5 déformation plastique à la rupture
estimation de la contribution plastique à la déformation totale à la rupture déterminée en soustrayant la déformation élastique à la rupture de la déformation totale à la rupture

3.6 réduction de section
rapport, exprimé en pourcentage, entre la réduction maximale de l'aire de la section droite survenue pendant un essai et l'aire de la section droite initiale

3.7 vitesse de déformation
vitesse initiale d'augmentation de la longueur de la partie calibrée d'une éprouvette de traction initialement lisse

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1dd4e505-0d0b-44e4-8641-7a40d6f897fa/iso-7539-7-2005>

4 Principe

4.1 L'essai consiste à soumettre une éprouvette à une déformation croissante tout en l'exposant à un environnement d'essai spécifié en vue de déterminer sa sensibilité à la corrosion sous contrainte en se référant à un ou plusieurs des paramètres énumérés dans l'Article 7.

4.2 Les milieux corrosifs peuvent causer une détérioration des propriétés des matériaux sous contrainte plus importante que celle observée avec les mêmes combinaisons d'environnement et de matériau lorsque ce dernier n'est pas soumis à une déformation dynamique lente. Cet accroissement de la détérioration, généralement imputable à l'amorçage et à la propagation des fissures, peut s'exprimer de différentes manières pour évaluer la sensibilité à la corrosion sous contrainte.

4.3 Les essais peuvent être effectués en traction ou en flexion, sur des éprouvettes initialement lisses ou entaillées. La caractéristique la plus importante de l'essai est la vitesse de déformation relativement lente exercée au niveau de l'amorçage ou de la propagation de la fissure dans le métal, d'où la préférence pour ce genre d'essais, appelés «essai à faible vitesse de déformation».

5 Éprouvettes

5.1 Il est possible d'utiliser diverses formes et tailles d'éprouvettes mais celles qui sont le plus fréquemment employées sont décrites dans l'ISO 7539-4 et dans l'ISO 7539-6.

5.2 Les remarques figurant dans les documents précités concernant la conception, la préparation et la fixation des éprouvettes s'appliquent également aux éprouvettes pour l'essai à faible vitesse de déformation.

6 Mode opératoire

6.1 Le matériel requis pour les essais à faible vitesse de déformation est un dispositif qui permet de moduler la vitesse de déformation tout en étant suffisamment puissant pour supporter les charges générées. Les vitesses de déformation les plus courantes pour les essais sur éprouvettes initialement lisses sont comprises entre 10^{-3} s^{-1} et 10^{-7} s^{-1} .

6.2 Il est possible d'utiliser des éprouvettes entaillées si l'on désire limiter la fissuration à un emplacement déterminé, par exemple lorsqu'on soumet à essai la zone thermiquement affectée d'une soudure ou lorsqu'une partie de matériau donnée présente un ensemble de propriétés mécaniques susceptibles d'engendrer des vitesses de déformation différentes à divers endroits de l'éprouvette. Il est également possible d'utiliser des éprouvettes entaillées pour limiter la charge requise lorsque la flexion est préférable à la traction.

6.3 En ce qui concerne les éprouvettes initialement lisses, et notamment avec une longueur utile calibrée plus étroite, la vitesse de déformation en début d'essai est facilement définie, mais une fois que les fissures sont amorcées et qu'elles ont atteint un certain niveau, il se peut que la déformation se concentre à proximité du front de fissure et diffère de la vitesse de déformation initiale. Il n'existe à l'heure actuelle aucune solution rigoureuse en ce qui concerne la vitesse de déformation au niveau des entailles mais il est probable que les vitesses de déformation réelles seront supérieures à celles que l'on constate sur des éprouvettes lisses pour des vitesses d'allongement équivalentes.

6.4 Les essais peuvent mener à la rupture d'une éprouvette et à l'évaluation du mode de rupture pour déterminer la sensibilité du matériau à la fissuration par corrosion sous contrainte ou à l'interruption de l'essai à une phase intermédiaire donnée pour ensuite déterminer l'ampleur de l'amorce ou de la propagation de la fissure.

6.5 L'expérience tend à montrer que, pour des éprouvettes initialement lisses soumises à des efforts de traction, une vitesse de déformation avoisinant 10^{-6} s^{-1} convient pour l'essai initial. L'absence de fissure de corrosion sous contrainte au terme de l'essai n'indique pas nécessairement une insensibilité à la fissuration par corrosion sous contrainte dans le système étudié. On sait en effet que cette sensibilité est fonction, entre autres paramètres, de la vitesse de déformation (voir Annexe A). Il convient donc d'effectuer des essais à d'autres vitesses de déformation telles que 10^{-5} s^{-1} et 10^{-7} s^{-1} si l'essai initial ne permet pas de détecter de fissuration de corrosion sous contrainte.

6.6 Les conditions d'environnement d'essai sélectionnées dépendent de l'objet de l'essai mais, dans l'idéal, il convient qu'elles soient les mêmes que les conditions d'utilisation du métal ou comparables aux conditions de service prévues. Dans la pratique et dans un but de classification, on utilise un certain nombre d'environnements normalisés mais l'utilisation des résultats obtenus pour prévoir le comportement en service dépend de la compréhension du système ou des corrélations que l'on peut établir avec l'expérience.

6.7 Les facteurs importants du point de vue de l'environnement sont le potentiel d'électrode, la température, la composition de la solution, le pH, la concentration en gaz dissous, le débit et la pression. L'ISO 7539-1 fournit des informations utiles à ce propos. L'un des facteurs critiques en milieu gazeux est la pureté du gaz.

6.8 Les essais peuvent être réalisés dans des conditions de circuit ouvert, le potentiel d'électrode du métal dépendant des conditions environnementales particulières de l'essai et notamment du degré d'aération. Il est également possible de déplacer le potentiel d'électrode par rapport à la valeur de circuit ouvert, par des méthodes potentiostatiques ou galvanostatiques.

6.9 Il convient de concevoir les électrodes auxiliaires pour l'application du courant externe de manière à obtenir une répartition uniforme du courant dans l'éprouvette, il convient donc de maintenir le potentiel d'électrode constant.

6.10 L'instauration de conditions favorables à la fissuration dans une combinaison métal/environnement donnée peut dépendre du temps si ces conditions n'existent pas au début de l'essai. Dans de telles circonstances, on ne peut observer de fissuration par corrosion sous contrainte que si la vitesse de déformation est suffisamment basse pour qu'une rupture par surcharge n'intervienne pas avant que le temps requis pour réunir les conditions d'environnement favorables à la fissuration se soit écoulé. Il est parfois

possible d'éviter ces difficultés en exposant les éprouvettes à l'environnement d'essai quelque temps avant l'amorçage de la déformation dynamique.

6.11 Dans la mesure du possible, il est recommandé de ne pas mettre en contact les points d'appui avec le milieu corrosif. Si cela n'est pas possible, les problèmes suivants peuvent survenir:

- a) des effets galvaniques influenceront quasi inmanquablement sur les résultats si les pièces de serrage sont constituées d'un matériau différent de celui de l'éprouvette, un isolement électrique est dans ce cas nécessaire;
- b) une corrosion par crevasse peut apparaître dans les petits interstices entre les pièces de serrage et les éprouvettes. Les discontinuités de contrainte peuvent alors conduire à une rupture prématurée par corrosion sous contrainte à ces endroits;
- c) des problèmes de corrosion par crevasse peuvent également survenir à l'endroit où l'éprouvette sort de la cellule d'essai. Il convient de les éviter par une conception appropriée de la cellule, par l'utilisation de revêtements protecteurs aux endroits correspondants ou par une augmentation de la section de l'éprouvette au-delà de la partie calibrée.

6.12 Si l'essai vise simplement à déterminer s'il se produit ou non une fissuration par corrosion sous contrainte, il est recommandé de ne soumettre les éprouvettes à la déformation qu'une fois celles-ci plongées dans l'environnement d'essai.

6.13 Si les éprouvettes sont amenées jusqu'au point de rupture lors des essais à faible vitesse de déformation, il est recommandé de soumettre à essai des éprouvettes dans un environnement inerte et dans l'environnement d'essai de corrosion, à la même température et à la même vitesse. Cette opération permet de réaliser une évaluation comparative des effets du milieu corrosif en fournissant des données de base relatives aux conditions inertes. Pour certains matériaux, et notamment les alliages d'aluminium et les aciers à haute résistance, il peut s'avérer insuffisant de supposer qu'un essai à l'air équivaut à un essai en environnement inerte.

ISO 7539-7:2005

6.14 Il est recommandé d'exposer les éprouvettes non soumises à une déformation dans les mêmes conditions que les éprouvettes soumises à déformation. Les métaux peuvent subir une détérioration de leurs propriétés mécaniques au contact d'un milieu corrosif même sans mise sous déformation (par exemple: piqûres, corrosion intergranulaire, etc.). L'effet de la déformation appliquée ne peut alors être évalué qu'après comparaison avec le comportement d'éprouvettes non soumises à déformation.

6.15 Des variations de température en cours d'essai, particulièrement à de très faibles vitesses de déformation et à des températures élevées, peuvent à elles seules modifier la vitesse de déformation, il convient donc de les éviter si l'on juge qu'elles peuvent affecter les résultats de façon significative.

7 Évaluation des résultats

7.1 Lorsque les éprouvettes sont amenées jusqu'au point de rupture, la fissuration par corrosion sous contrainte est généralement mise en évidence par un examen visuel au microscope à faible grossissement au cours duquel on recherche des traces de fissuration secondaire ou par une fractographie de la surface de rupture qui montre un changement du mode de rupture.

7.2 Les vitesses moyennes de fissuration par corrosion sous contrainte peuvent être déterminées en divisant la profondeur de la fissure la plus profonde mesurée sur les surfaces de rupture des éprouvettes ayant subi une rupture ou sur des sections d'éprouvettes n'ayant pas subi de rupture, par la durée de l'essai. Bien que ce paramètre suppose une amorce de fissuration au début de l'essai, ce qui n'est pas toujours le cas, ce mesurage se révèle toutefois souvent en accord avec des mesurages plus précis. À partir d'éprouvettes entaillées, il existe d'autres méthodes de contrôle de la progression des fissures (voir l'ISO 7539-6) qui permettent de déterminer les vitesses de fissuration.

7.3 La comparaison entre éprouvettes identiques exposées l'une à l'environnement d'essai et l'autre à un environnement inerte peut servir à évaluer la sensibilité à la fissuration par corrosion sous contrainte. Une sensibilité accrue à la fissuration est mise en évidence par un écart croissant par rapport à l'unité du quotient:

$$\frac{\text{résultats obtenus par l'éprouvette dans l'environnement d'essai}}{\text{résultats obtenus par l'éprouvette dans un environnement inerte}}$$

appliqué à un ou à plusieurs des paramètres ci-dessous, relatifs à la même vitesse initiale de déformation:

- durée à la rupture;
- déformation plastique à la rupture;
- ductilité, évaluée par exemple d'après la réduction de section ou l'allongement à la rupture;
- charge maximale atteinte;
- surface délimitée par la courbe «contrainte nominale/allongement»;
- pourcentage de fissuration par corrosion sous contrainte par rapport à la surface de rupture.

Il convient de reconnaître que dans la plupart des essais, le déplacement de la partie calibrée n'est pas mesuré directement. C'est plutôt le déplacement de la traverse du système de mesure qui est mesuré et cette mesure inclut le déplacement des épaulements de l'éprouvette et de la chaîne de traction. Ces paramètres pouvant varier d'un système d'essai à l'autre la déformation calculée de la partie calibrée du matériau sera à tout moment sensible au système d'essai. Par conséquent, la vitesse réelle de déformation de la partie calibrée dans la zone de chargement élastique variera également d'un système d'essai à l'autre malgré des valeurs similaires de vitesse nominale de déformation. Si la rupture se produit dans la région élastique, une correction doit être effectuée en déterminant au préalable la relation entre le déplacement sur la partie calibrée et le déplacement de la traverse, en mesurant par exemple le déplacement de la partie calibrée directement au cours d'un essai à l'air préalable. Ces données «d'étalonnage» peuvent être utilisées pour régler la vitesse de déformation de l'essai et pour calculer la déformation élastique à la rupture de la partie calibrée.

Néanmoins, lorsqu'un écoulement se produit, la majeure partie du déplacement de la traverse est due à la déformation plastique de la partie calibrée et il est probable que les différences entre les systèmes d'essai seront dans ce cas beaucoup moins importantes. Par conséquent, dans les cas où la rupture se produit après écoulement, des comparaisons significatives peuvent être faites à partir de la déformation plastique à la rupture (E_p) définie comme suit (voir Figure 1):

$$E_p (\%) = \left\{ \frac{XT_F}{L_1} - \left[\frac{\sigma_F}{\sigma_{PL}} \right] \times \frac{XT_{PL}}{L_1} \right\} \times 100$$

où

- X est la vitesse d'allongement, en mètres par seconde;
- T_F est la durée à la rupture, en secondes;
- T_{PL} est la durée pour atteindre la limite du domaine linéaire, en secondes;
- σ_F est la contrainte à la rupture;
- σ_{PL} est la contrainte à la limite du domaine linéaire;
- L_1 est la longueur calibrée initiale, en mètres.