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

iTeh STANDARD PREVIEW
*Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing —
Part 1: General guidance on testing procedures*
(standards.iteh.ai)

ISO 7539-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f46ebc-496e-473b-8488-0e7354735529/iso-7539-1-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7539-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f46ebc-496e-473b-8488-0e7354735529/iso-7539-1-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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
Web www.iso.org

Version française parue en 2013

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Contexte	2
4 Choix de la méthode d'essai	3
5 Systèmes de mise en contrainte	4
5.1 Généralités.....	4
5.2 Essais à déformation totale constante.....	4
5.3 Essais sous charge constante.....	5
5.4 Essais à faible vitesse de déformation.....	6
6 Aspects relatifs à l'environnement	7
6.1 Généralités.....	7
6.2 Température.....	7
6.3 Chimie de l'eau.....	8
6.4 Débit.....	10
6.5 Aspects électrochimiques.....	10
7 Problèmes liés à la durée	11
7.1 Généralités.....	11
7.2 Corrosion par piqûres et intergranulaire.....	11
7.3 Chargement en hydrogène.....	11
8 Conception et préparation des éprouvettes	12
8.1 Généralités.....	12
8.2 État de surface.....	12
8.3 Effets de l'aire.....	14
8.4 Éprouvettes pré-fissurées.....	14
8.5 Soudures.....	15
9 Cellules pour essais de corrosion sous contrainte	16
10 Lancement des essais de corrosion sous contrainte	16
11 Évaluation et interprétation des résultats	16
Annexe A (informative) Guide de sélection d'une méthode d'essai mécanique	19
Bibliographie	22

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 7539-1 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 7539-1:1987) qui a 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: 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 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*
- *Partie 10: Méthode par pliage en U inverse*
- *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 1: Lignes directrices générales relatives aux méthodes d'essai

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 7539 décrit les considérations générales qui s'appliquent à la mise au point et à la réalisation des essais servant à évaluer la sensibilité des métaux à la corrosion sous contrainte.

1.2 La présente partie de l'ISO 7539 donne également des directives générales sur la sélection des méthodes d'essais.

NOTE 1 Aucune méthode particulière n'est traitée en détail dans la présente partie de l'ISO 7539. Voir pour cela les parties appropriées de l'ISO 7539.

NOTE 2 La présente partie de l'ISO 7539 s'applique aux conditions de protection cathodique.

2 Termes et définitions (standards.iteh.ai)

2.1

corrosion sous contrainte

processus comportant simultanément une corrosion et une déformation du métal causée par une contrainte appliquée ou résiduelle

ISO 7539-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/e6f46ebc-496e-473b-8488-0e7354735529/iso-7539-1-2012>

2.2

contrainte limite

(pour la corrosion sous contrainte) contrainte au-delà de laquelle s'amorcent et se développent des fissures de corrosion dans les conditions spécifiées de l'essai

2.3

facteur d'intensité de contrainte limite

K_{ISCC}

(pour la corrosion fissurante sous contrainte) facteur d'intensité de contrainte au-delà duquel se propage de façon continue une fissure de corrosion sous contrainte

Note 1 à l'article: Le facteur d'intensité de contrainte limite est un concept de la mécanique linéaire élastique de la rupture (MLER) qui s'applique lorsque la taille de la zone plastique est importante par rapport à la microstructure et en présence d'une forte triaxialité limitant l'écoulement plastique, c'est-à-dire dans des conditions de déformation plane prédominante. En ce qui concerne le développement de fissures de corrosion sous contrainte, la MLER n'est pas nécessairement applicable dans ses moindres détails, mais elle est néanmoins adoptée, car elle constitue un outil pragmatique d'utilisation courante.

Note 2 à l'article: Les fissures de corrosion sous contrainte peuvent apparaître sur une surface ou un défaut de surface et se développer selon le régime des «fissures courtes» à des niveaux de contrainte apparente en dessous du facteur d'intensité de contrainte limite. Cependant, la MLER n'est pas applicable au régime des fissures courtes et la propagation continue de ces fissures requiert que le facteur d'intensité de contrainte limite soit dépassé.

2.4

milieu d'essai

environnement rencontré en service ou recréé en laboratoire auquel est exposée l'éprouvette et qui est maintenu constant ou modifié d'une manière convenue

Note 1 à l'article: Dans le cas de la corrosion sous contrainte, l'environnement est souvent très spécifique (voir [Article 6](#)).

2.5

début de l'essai

moment d'application de la contrainte ou d'exposition de l'éprouvette au milieu d'essai; on retiendra le phénomène qui se produit le plus tard

2.6

durée d'amorce de la fissuration

période séparant le début d'un essai de la détection d'une fissure par les moyens employés

2.7

durée avant défaillance

période s'écoulant entre le début d'un essai et l'apparition d'une défaillance, le critère de défaillance étant la première fissure apparue, la rupture totale de l'éprouvette, ou n'importe quel état intermédiaire convenu

2.8

essai à faible vitesse de déformation

essai pour évaluer la sensibilité d'un métal à la corrosion fissurante sous contrainte, qui, le plus souvent, implique d'étirer une éprouvette de traction jusqu'à la rupture dans un environnement représentatif à une vitesse de déplacement constante, la vitesse de déplacement étant choisie de sorte à générer des vitesses de déformation nominales généralement comprises entre 10^{-5} s^{-1} et 10^{-8} s^{-1}

Note 1 à l'article: L'essai à faible vitesse de déformation peut aussi être appliqué aux éprouvettes en flexion.

[ISO 7539-1:2012](#)

2.9

déformation à la rupture

déformation à laquelle se produit la rupture dans un essai à faible vitesse de déformation, exprimée habituellement comme la déformation plastique jusqu'à la rupture voir l'ISO 7539-7

<https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/e6f46ebc-496e-473b-8488-0e7354735529/iso-7539-1-2012>

2.10

vitesse moyenne de fissuration

quotient de la longueur maximale de fissure(s) due(s) à la corrosion sous contrainte par la durée de l'essai

2.11

orientation

direction de la contrainte de traction appliquée à une éprouvette par rapport à une direction spécifiée du produit dans lequel l'éprouvette a été prélevée (par exemple sens de laminage de la tôle)

3 Contexte

3.1 Bien qu'il soit généralement admis que le résultat habituel de la corrosion sous contrainte soit la fissuration, il faut également tenir compte d'autres manifestations exaltées par la contrainte, du type corrosion intergranulaire ou défauts allongés.

Dans la présente partie de l'ISO 7539 sont inclus tous les phénomènes impliquant la dissolution du métal ou l'action de l'hydrogène introduit dans le métal, résultant d'un environnement corrosif et d'un effort de traction, à l'exclusion toutefois de la fragilisation par un métal liquide et de la corrosion par exfoliation.

3.2 Il existe une multitude de méthodes pour évaluer les propriétés de corrosion sous contrainte des métaux. Chacune présente ses avantages particuliers dans certaines situations.

3.3 La fissuration par corrosion sous contrainte dépend tant des conditions d'exposition que des caractéristiques mécaniques et microstructurelles du matériau, et sa sensibilité ou sa résistance à la corrosion par contrainte ne peuvent être définies que dans ce contexte. Ainsi, par exemple, il n'existe pas de facteur d'intensité de contrainte limite intrinsèque pour un matériau donné.

3.4 L'idéal, afin d'établir le risque de corrosion sous contrainte dans une application donnée, serait de réaliser des simulations dans toutes les conditions possibles d'exposition en service. Dans la pratique, cela s'avère difficile, voire impossible et, en tout cas, rarement réalisé. Mais l'expérience a permis de mettre au point un certain nombre d'«essais types» qui donnent une indication satisfaisante du comportement probable en service pour des applications spécifiques données. Ces «essais types» de laboratoire ne conviennent toutefois qu'aux conditions de service auxquelles l'expérience a trouvé une explication, même empirique. Le fait qu'un alliage donné réussisse ou non un essai jugé préalablement utile pour un autre alliage peut être significatif comme il peut ne pas l'être, et un essai discriminant correctement l'aptitude à l'emploi de divers alliages dans des conditions déterminées ne sera pas forcément concluant si les conditions d'exposition changent. Utiliser un essai type au-delà des limites expérimentées demande, par conséquent, à être vérifié.

3.5 Les articles qui suivent attirent l'attention sur le fait que le processus de corrosion sous contrainte peut être extrêmement sensible aux petites modifications d'exposition ou de conditions d'essai. L'utilisateur des matériaux est responsable du choix des conditions de réalisation des essais de corrosion sous contrainte, et le fait que certains essais soient décrits dans la présente partie de l'ISO 7539 n'implique pas qu'ils soient les plus appropriés pour une situation donnée. Ils sont décrits dans une Norme internationale, car ils sont d'usage courant et se sont avérés valables dans des systèmes équipements - environnements particuliers ou courants. La responsabilité de l'interprétation des résultats d'essai relève toujours de l'utilisateur des matériaux et n'est diminuée en rien par l'existence de la présente Norme internationale.

3.6 Outre les parties spécifiques de l'ISO 7539, aux méthodes les plus largement utilisées, on a considéré qu'il était nécessaire d'établir un document plus général traitant du choix des conditions détaillées des essais, et de l'interprétation de leurs résultats.

4 Choix de la méthode d'essai

4.1 Avant de se lancer dans un programme d'essai de corrosion sous contrainte, il faut décider du type d'essai qui convient. Cette décision dépend en grande partie du but de l'essai et de l'information requise. Certains essais cherchent à reproduire d'aussi près que possible les conditions de service et sont utiles aux ingénieurs d'usines; d'autres peuvent servir à étudier une rupture du point de vue des mécanismes. Dans le premier cas, le manque de matériaux, de place, de temps, etc., peut conduire à faire appel à des procédures relativement simples alors que, dans d'autres cas, il peut s'avérer primordial d'adopter des techniques d'essai plus complexes. Ainsi, l'étude des vitesses de propagation des fissures peut-elle demander l'emploi d'éprouvettes préfissurées, alors que celles-ci sont totalement inadaptées lorsqu'il s'agit d'étudier l'influence de l'état de surface. Malgré le nombre de techniques compliquées disponibles, un essai simple peut s'avérer d'une grande valeur dans certaines circonstances où des techniques plus élaborées sont inutilisables.

4.2 Si l'on adopte une méthode d'essai du type «tout ou rien», il convient de veiller à ce qu'elle ne soit ni trop rigoureuse pour ne pas condamner un matériau qui pourrait convenir dans des conditions particulières de service, ni trop souple pour favoriser l'utilisation d'un matériau dans des conditions où une rupture s'ensuivrait rapidement.

4.3 L'objet des essais de corrosion sous contrainte est généralement de fournir des renseignements plus rapidement que ne les donne l'expérience en service et, en même temps, qui laissent prévoir le comportement en service. Parmi les procédés les plus couramment employés, on peut citer la soumission à des contraintes plus élevées, la traction lente continue, l'emploi d'éprouvettes préfissurées, des concentrations plus fortes d'espèces dans l'environnement d'essai que dans l'environnement en service,

l'augmentation de la température et la stimulation électrochimique. Il est important toutefois de bien maîtriser ces méthodes pour ne pas modifier le détail du mécanisme de la rupture.

4.4 S'il est trop difficile de reproduire exactement les conditions de service, il peut être utile d'analyser le processus de corrosion sous contrainte de façon à déterminer aussi précisément que possible les principaux facteurs intervenant aux différents stades. L'essai de corrosion sous contrainte finalement retenu peut alors ne couvrir qu'un seul stade du mécanisme de corrosion.

4.5 L'Annexe A comporte un petit guide de sélection des méthodes d'essais.

5 Systèmes de mise en contrainte

5.1 Généralités

Les méthodes de mise en charge des éprouvettes non entaillées (c'est-à-dire exemptes en principe d'entailles ou de préfissures), entaillées ou préfissurées, peuvent être classées de façon pratique selon qu'elles impliquent:

- a) une déformation totale constante (voir 5.2);
- b) une charge constante (voir 5.3);
- c) l'application d'une faible vitesse de déformation (voir 5.4).

Dans le cas des éprouvettes préfissurées, les conditions de seuil sont définies en fonction de la valeur du facteur d'intensité de contrainte K_{Isc} et des essais peuvent aussi être réalisés dans des conditions où le facteur d'intensité de contrainte est constant. La connaissance des limites de chaque méthode est au moins aussi importante que le choix de la méthode de mise en contrainte.

5.2 Essais à déformation totale constante

5.2.1 Ces essais forment de loin le groupe le plus courant, car ils incluent les essais de flexion sous toute une diversité de formes. Ils simulent également bien les contraintes de mise en œuvre qui sont très fréquemment associées aux ruptures en service.

5.2.2 Les matériaux en feuilles sont fréquemment soumis à un essai en flexion. Les tôles sont soumises à un essai en traction ou sous forme d'anneaux en C, ce dernier procédé servant également à soumettre à essai les produits tubulaires et d'autres produits semi-finis à section ronde.

5.2.3 Les essais de flexion ont l'avantage de n'exiger que des éprouvettes et des appareillages de déformation simples et donc souvent peu coûteux. Ces essais peuvent consister en une déformation plastique d'une éprouvette en U ou l'adoption de configurations de flexion à deux, trois ou quatre points avec une traction nominale appliquée en limite d'élasticité ou en dessous. En ce qui concerne les matériaux ayant une limite d'élasticité discrète, la théorie de l'élasticité peut être utilisée pour calculer la contrainte lors de l'application de contraintes jusqu'à ce seuil. Le plus souvent, et notamment pour ce qui concerne les alliages résistants à la corrosion, on n'observe pas de limite d'élasticité discrète et il est nécessaire de fixer des jauges de contrainte à l'éprouvette et de plier celle-ci pour atteindre le niveau de déformation totale souhaité (en général jusqu'à un maximum de 0,2 % de déformation plastique).

5.2.4 Les matériaux tubulaires peuvent être soumis à essai sous la forme d'anneaux en C ou en O, les premiers étant sollicités par écartement ou resserrement partiels des bords de l'anneau, les seconds par introduction forcée dans l'anneau d'une goupille convenablement surdimensionnée à celui du trou. Les anneaux en C s'avèrent également particulièrement utiles pour l'essai des produits épais (par exemple pour les alliages d'aluminium) dans le sens travers court.

5.2.5 Des essais de traction à déformation totale constante sont quelquefois préférés aux essais de flexion car la contrainte initiale est plus facilement caractérisée et il faut tenir compte des gradients de contrainte dans l'épaisseur pour les éprouvettes de flexion.

5.2.6 Il convient que les bâtis de mise en déformation servant aux essais de flexion ou aux essais de traction soient suffisamment massifs de sorte à maintenir un déplacement constant tout au long de l'essai.

NOTE La rigidité du bâti utilisé pour la mise en contrainte peut jouer sur la durée de vie avant rupture d'une éprouvette, et cela quelle que puisse être son influence sur le niveau de contrainte initial.

5.2.7 On peut éviter les bâtis de mise en déformation en recourant à l'emploi d'éprouvettes dont les contraintes résiduelles internes résultent de déformations non homogènes. Ces déformations peuvent être provoquées par une flexion plastique, par exemple bombement du feuillard ou de la tôle, ou encore par soudage. Cependant, de tels essais posent des problèmes de variation systématique de la contrainte initiale qui atteint généralement son maximum au voisinage de la limite d'élasticité. De plus, l'effet de retour élastique consécutif au bombement des tôles ou à l'aplatissement des tubes peut poser des problèmes du fait des contraintes résiduelles qu'il introduit. À moins que l'essai ne simule un cas d'application pratique, le soudage peut provoquer des difficultés par les modifications de structures qu'il entraîne.

5.2.8 Les éprouvettes pour essai à déformation totale constante peuvent quelquefois être préalablement mises en charge dans une machine d'essai classique ou un dispositif similaire puis, tout en restant maintenues dans l'état de déformation, être fixées au bâti de mise en déformation. Lorsque la charge cesse d'être appliquée par la machine d'essai, l'éprouvette demeure tendue sous l'effort que lui impose le bâti et l'on peut supposer que la déformation demeure constante du fait que le bâti se substitue à la machine d'essai. Il est possible d'utiliser des jauges de contrainte pour confirmer qu'il n'y a aucune relaxation de contrainte dans l'éprouvette. En cas d'essai à température élevée, il convient de tenir compte des modifications des propriétés du matériau en fonction de la température.

5.2.9 Il peut se produire une relaxation des contraintes en raison du fluage du matériau, d'un amincissement de l'éprouvette ou parce qu'une partie du déplacement est absorbée par l'ouverture de la (des) fissure(s) qui s'est (se sont) constituée(s).

NOTE 1 La relaxation des contraintes est plus significative à des températures élevées, mais peut se révéler importante à la température ambiante dans certains cas (par exemple les aciers inoxydables duplex). Il convient d'évaluer l'étendue de la relaxation avant l'essai et la prise en compte de la valeur de l'essai à déformation totale constante réalisé, en admettant également que la déformation plastique dynamique est une caractéristique inhérente durant tout processus de fluage transitoire.

NOTE 2 L'amincissement de l'éprouvette s'évalue mieux à la fin de l'essai et de l'évaluation de la contrainte utile effective, représentant toute irrégularité significative de l'amincissement.

NOTE 3 L'étendue dans laquelle l'ouverture de la fissure relaxe la contrainte dépendra du nombre de fissures constituées, qui sera fonction du système matériau-environnement. Dans certains cas, la relaxation peut être telle que l'éprouvette ne rompt pas. Il est ainsi toujours exigé de procéder à une inspection après essai visant à contrôler l'existence de fissures, dont la présence constituera une défaillance.

5.3 Essais sous charge constante

5.3.1 Ces essais peuvent simuler plus étroitement les défaillances par corrosion sous contrainte résultant de contraintes appliquées ou de contraintes de service. De plus, puisque la force d'entraînement mécanique augmente quand une fissure se propage, ces essais amèneront donc plus vraisemblablement à la défaillance prématurée ou à la rupture complète que les essais à déformation totale constante (voir 5.2).

5.3.2 On peut quelquefois éviter le mécanisme relativement lourd de chargement par le poids mort des éprouvettes de grande section par l'emploi d'un ressort en compression. Les caractéristiques du ressort sont choisies de sorte que la relaxation se produise quand l'essai ne change plus la charge de manière significative. On trouve dans la même catégorie des anneaux dynamométriques modifiés servant à l'étalonnage des machines d'essai de traction. La charge axiale appliquée à une éprouvette de traction

contenue dans l'anneau peut être déterminée à partir de la mesure du changement de diamètre de l'anneau étalonné.

5.3.3 Pour réduire les dimensions du système de charge, on peut également réduire la section transversale de l'éprouvette en utilisant par exemple un fil très fin. Il est cependant dangereux de trop réduire la section à moins que la défaillance par corrosion sous contrainte ne puisse être confirmée par une autre méthode, par exemple la métallographie. En effet, dans certains environnements de corrosion sous contrainte, la défaillance peut intervenir sous l'effet de piqûres ou autres formes d'attaques ayant pour effet d'augmenter la contrainte utile jusqu'à la résistance à la traction du métal. D'autres dangers sont également présentés par l'utilisation d'éprouvettes de très petite section (voir 8.2.2).

5.3.4 Le coût des essais d'éprouvettes à charge constante sur des machines d'essai individuelles peut être réduit si l'on teste des éprouvettes en série sur une même machine. Cette pratique est moins exigeante également du point de vue des caractéristiques de l'enceinte d'essai. On peut relier des séries d'éprouvettes en traction uniaxiale par des maillons de charge simple, mais cette technique convient mieux aux situations où la rupture n'est pas prévue, car la rupture d'une seule éprouvette entraîne la disqualification de toutes les autres. On peut relier des séries d'éprouvettes pré-fissurées plus souples par des maillons de charge conçus pour décharger progressivement les éprouvettes, au fur et à mesure que la fissure se propage. On évite ainsi de toucher aux autres éprouvettes, ce qui serait impossible si la rupture se produisait. Les utilisateurs de ces éprouvettes en série doivent faire la preuve que la défaillance d'une éprouvette isolée n'invalide pas les exigences d'essai des autres éprouvettes.

5.3.5 L'emploi d'une éprouvette de traction de section longitudinale conique présente l'avantage évident de fournir à une même éprouvette tout un éventail de contraintes initiales. Cependant, il convient que cet emploi s'entoure de toutes les précautions concernant notamment la détermination des niveaux précis de contrainte limite. Le gradient de contrainte est critique. Les résultats peuvent également varier en fonction de facteurs tels que le nombre de fissures et la déformation plastique localisée dans la partie non fissurée. Il peut s'avérer plus approprié de réserver ces éprouvettes à des essais de «dégrossissage» (Voir 5.4.1) qui seront suivis d'essais classiques en nombre plus limité.

5.3.6 Les essais sous charge constante engendrent une situation de contrainte croissante au fur et à mesure que les fissures se propagent, de sorte que dès l'amorce de fissure, il est moins probable que la propagation s'arrête que dans les essais à déformation totale constante pour lesquels il peut se produire une relaxation de la contrainte.

5.4 Essais à faible vitesse de déformation

5.4.1 La déformation dynamique lente constitue un complément important aux essais à déformation totale constante ou à charge constante, car la déformation plastique dynamique est un facteur essentiel du processus d'amorce des fissures et de leur propagation. En effet, une charge dynamique localisée jouera un rôle important dans le processus de défaillance lors des essais à déformation totale constante ou à charge constante.

Néanmoins, tout en reconnaissant la validité du mécanisme de ce processus, pour répondre aux besoins techniques, l'utilisation habituelle de cette méthode reste essentiellement celle d'un essai de tri ou de dégrossissage. À quelques rares exceptions près, il n'existe pas de critères d'acceptation en fonction des essais à faible vitesse de déformation et la quantification des vitesses de déformation réelles en service reste difficile à appréhender.

La méthode à faible vitesse de déformation sert habituellement aux essais d'éprouvettes de traction non entaillées, mais elle a été également adaptée aux éprouvettes de mécanique de rupture pré-fissurées (voir l'ISO 7539-9) pour déterminer le facteur d'intensité de contrainte limite.

La méthode consiste pour l'essentiel à appliquer, à une éprouvette placée dans des conditions d'environnement appropriées, une déformation ou une déflexion à vitesse lente (par exemple 10^{-6} s⁻¹) jusqu'à ce que la rupture se produise.

5.4.2 L'essai a été initialement employé pour recueillir des données, d'une part sur les effets comparés de variables telles que la composition et la structure des alliages ou l'effet des inhibiteurs sur les environnements fissurants, et, d'autre part, pour favoriser la corrosion fissurante sous contrainte dans des combinaisons d'alliages et d'environnement n'amenant pas à rupture en laboratoire dans des conditions de charge constante ou de sollicitation constante. Il constitue donc un essai relativement sévère dans le sens où il favorise fréquemment la rupture par corrosion sous contrainte en laboratoire, contrairement aux autres modes de mise sous contrainte des éprouvettes non entaillées.

5.4.3 L'équipement nécessaire pour un essai à faible vitesse de déformation est simplement un montage qui, tout en étant assez résistant pour supporter les charges engendrées, permet de choisir les vitesses de déformation. Les appareils conçus à cet effet comportent un cadre modérément rigide, équipé d'un mécanisme d'entraînement constitué d'une série de réducteurs offrant tout un choix de vitesses de têtes de bielle depuis 10^{-3} jusqu'à 10^{-8} mm·s⁻¹. En effet, c'est la vitesse des têtes de bielle qui est généralement contrôlée pour donner la vitesse de déformation nominale désirée.

On peut utiliser des éprouvettes de traction non entaillées ou préfissurées mais, si la section transversale des éprouvettes s'avère importante ou si les charges à supporter sont élevées, on pourra leur préférer des éprouvettes de flexion.

NOTE Dans l'utilisation la plus courante des essais d'éprouvettes de traction non entaillées, c'est le déplacement de la tête de bielle qui est mesuré de préférence à celui de l'éprouvette. Par conséquent, le déplacement mesuré inclut de déplacement de toutes les caractéristiques du chargement, y compris la cellule de chargement. Ainsi, le module d'élasticité apparent n'est pas lié à l'éprouvette, mais sera fonction du système d'essai dans son ensemble. De la même manière, la vitesse de déformation élastique réelle de l'éprouvette variera également d'une pièce d'essai à l'autre. Cependant, lorsqu'il se produit une déformation plastique, la plus grande partie du déplacement se produit alors dans l'éprouvette et la sensibilité du système d'essai devient moins significative.

5.4.4 Il est important de comprendre qu'une même vitesse de déformation ne produit pas la même fissuration dans tous les systèmes et que cette vitesse doit être choisie en fonction du système particulier à étudier. Ainsi, alors qu'une vitesse de déformation de 10^{-6} s⁻¹ est souvent utilisée dans les essais de dégrossissage, l'absence de fissure à cette vitesse n'empêche pas la possibilité d'une rupture par corrosion sous contrainte à une vitesse de déformation inférieure, par exemple à 10^{-6} s⁻¹.

6 Aspects relatifs à l'environnement

6.1 Généralités

On considérait, traditionnellement, que la corrosion fissurante sous contrainte ne se produisait que dans certaines combinaisons d'alliages et de milieux environnants, du type aciers inoxydables austénitiques dans des solutions de chlorures, aciers doux dans des solutions de nitrates, ou alliage de cuivre et de zinc dans une solution ammoniacale. Cependant, la liste de ces combinaisons continue de s'allonger avec le temps et il est des exemples où l'on a observé une fissuration de matériaux dans une très grande diversité de milieux, y compris dans de l'eau de haute pureté. Il est par conséquent important d'admettre que des variations relativement petites des conditions du milieu sont importantes et nécessitent de porter une grande attention aux détails lors de la préparation des solutions et de contrôler tous les paramètres liés au milieu pendant l'essai.

Les trois composantes essentielles du contrôle des conditions du milieu sont la température, la chimie de l'eau et le débit, le potentiel d'électrode imposé constituant, le cas échéant, un facteur supplémentaire.

Bien que la présente partie de l'ISO 7539 traite essentiellement des milieux aqueux, la fissuration peut également être provoquée par une exposition à des fluides organiques et des milieux gazeux. Dans ce dernier cas, la pression des gaz et leur pureté seront des variables importantes qu'il faudra contrôler.

6.2 Température

L'influence significative de la température sur les processus chimiques est un phénomène bien connu, les vitesses de réaction augmentant généralement suite à une hausse de température. Bien que ce soit le