

# NORME INTERNATIONALE

# ISO 7539-2

Première édition  
1989-12-15

---

---

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

### Partie 2:

Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais  
en flexion

(standards.iteh.ai)

*Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing —*

*Part 2: Preparation and use of bent beam specimens*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/1780c7c9-3794-40c2-8481-5f060c1db4a0/iso-7539-2-1989>



Numéro de référence  
ISO 7539-2 : 1989 (F)

## 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 projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 7539-2 a été élaborée par le comité technique 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: 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 pré-fissurées*
- *Partie 7: Essais à faible vitesse de déformation*
- *Partie 8: Préparation et utilisation des éprouvettes présentant un cordon de soudure*

© ISO 1989

Droits de reproduction réservés. 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'éditeur.

Organisation internationale de normalisation  
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

## Introduction

La présente partie de l'ISO 7539 fait partie intégrante d'une série de normes couvrant les procédures de définition, de préparation et d'utilisation de différentes formes d'éprouvettes destinées à la réalisation d'essais permettant d'évaluer la résistance des métaux à la corrosion sous contrainte.

Chaque norme de la série doit être lue conjointement avec l'ISO 7539-1. Cette dernière permet de choisir la méthode d'essai appropriée, adaptée aux cas particuliers, et fournit des directives pour évaluer la portée des résultats d'essais.

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

[ISO 7539-2:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1786e9c9-5794-4ec2-84b1-5f060c1db4a0/iso-7539-2-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1786e9c9-5794-4ec2-84b1-5f060c1db4a0/iso-7539-2-1989>

Page blanche

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

ISO 7539-2:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1786e9c9-5794-4ec2-84b1-5f060c1db4a0/iso-7539-2-1989>

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

## Partie 2 :

## Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais en flexion

**AVERTISSEMENT** — Les éprouvettes pour essais en flexion en matériaux à haute résistance peuvent se fissurer rapidement; les pièces peuvent voler en éclats à grande vitesse et se révéler dangereuses. Le personnel qui installe et examine les éprouvettes doit être informé de cette éventualité et protégé en conséquence.

### 1 Domaine d'application

**1.1** La présente partie de l'ISO 7539 couvre les procédures de définition, de préparation et d'utilisation d'éprouvettes pour essais en flexion, servant à évaluer la sensibilité d'un métal à la corrosion sous contrainte.

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

**1.2** Les éprouvettes pour essais en flexion peuvent être utilisées pour tester une multitude de formes de produits. Elles sont principalement utilisées pour les tôles, plaques ou matériaux profilés, qui fournissent facilement des éprouvettes plates de section rectangulaire, mais peuvent être employées également pour les matériaux moulés, les fils métalliques ou les barres, sous la forme d'éprouvettes usinées de section circulaire. Elles peuvent aussi être utilisées pour des pièces assemblées par soudage.

**1.3** La préparation des éprouvettes et l'appareillage servant à les tester sous contrainte étant simple et peu coûteux, les éprouvettes pour essais en flexion sont tout à fait adaptées aux essais multiples et aux essais atmosphériques sous contrainte.

**1.4** Les éprouvettes pour essais en flexion sont normalement testées dans des conditions nominales de déformation constante, mais on peut également les soumettre à des conditions nominales de charge constante. Dans les deux cas, une modification locale de la courbure de l'éprouvette, au moment de la fissuration entraîne une variation des conditions pendant la propagation de la fissure. La « contrainte d'essai » s'entend comme la contrainte de traction maximale en début d'essai.

### (standards.iteh.ai) 2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 7539. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 7539 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

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

ISO 7539-4 : 1989, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 4: Préparation et utilisation des éprouvettes pour essais en traction uniaxiale.*

### 3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 7539, les définitions données dans l'ISO 7539-1 s'appliquent.

### 4 Principe

**4.1** L'essai consiste à appliquer une contrainte de flexion à une éprouvette de section rectangulaire ou circulaire, et à exposer cette dernière à un environnement d'essai prescrit.

**4.2** La contrainte de traction résultante au niveau des fibres externes de l'éprouvette pour essais en flexion, se calcule à partir des dimensions et du module d'élasticité de l'éprouvette, ainsi que la déformation de flexion de la manière décrite en 5.4.

**4.3** Les formules employées pour le calcul de la contrainte dans ce type d'éprouvettes ne s'appliquent que dans le domaine élastique, les éprouvettes pour essais en flexion ne sont utilisées qu'à des niveaux de contrainte inférieurs à la limite élastique.

**4.4** Le temps d'amorçage des fissures, après exposition des éprouvettes sous contrainte à l'environnement d'essai, ou le seuil de contrainte au-dessous duquel aucune fissure n'apparaît, sert de mesure à la résistance à la corrosion sous contrainte du matériau dans l'environnement et au niveau de contrainte choisis.

**4.5** 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; les essais doivent donc être fréquemment répétés.

**4.6** Il convient d'envisager la possibilité d'une relaxation en cours d'exposition si les éprouvettes sont soumises à des températures élevées. Cette relaxation peut être évaluée à partir des caractéristiques de fluage éventuellement disponibles pour une même influence de l'environnement d'essai. On tiendra également compte de la dilatation thermique.

## 5 Éprouvettes

### 5.1 Généralités

**5.1.1** Des repères ou numéros d'identification indélébiles doivent figurer à chaque extrémité de l'éprouvette. Cet endroit étant la région de contrainte la plus faible, les repères d'identification ne seront ainsi pas à l'origine d'amorces de fissuration.

**5.1.2** Les éprouvettes destinées à la détermination des propriétés mécaniques doivent être prises dans le même lot de traitement thermique et, de préférence, dans la même pièce de matière que les éprouvettes d'essai de corrosion sous contrainte.

### 5.2 Type d'éprouvettes

**5.2.1** Les éprouvettes pour essais de corrosion sous contrainte en flexion sont normalement des bandes métalliques de section rectangulaire et d'épaisseur uniforme. Elles peuvent également se présenter sous la forme de fils métalliques ou de barres de section circulaire uniforme.

**5.2.2** Les essais de corrosion sous contrainte en flexion peuvent également être réalisés sur des éprouvettes à longueur entre repères de section rectangulaire ou circulaire uniforme et à extrémités filetées de section supérieure, comme décrit dans l'ISO 7539-4.

### 5.3 Finition de surface

**5.3.1** Les éprouvettes sous forme de fil ou de barre et les éprouvettes plates découpées dans les tôles, plaques ou profilés, peuvent être testées dans leur état de surface d'origine. C'est d'ailleurs souvent souhaitable, dans la mesure où la structure de cette surface peut être différente de celle des couches métalliques profondes.

**5.3.2** Si l'on tient à éliminer les effets des variations de l'état de surface d'origine pour comparer différents alliages, il convient de rectifier ou d'usiner les éprouvettes à une profondeur d'au moins 0,25 mm. Cette opération suffit généralement à faire disparaître les imperfections de surface, sans enlever complètement la couche extérieure recristallisée. La profondeur maximale d'usinage ou de rectification de surface doit être décidée après étude de la structure du matériau sur coupe métallographique attaquée à l'acide. Il est préférable d'enlever la quantité requise de matière en plusieurs étapes, en usinant ou rectifiant alternativement les surfaces opposées. Cette opération réduit la déformation due à des contraintes résiduelles inégales induites par l'usinage. Les extrémités doivent être rectifiées ou usinées de manière identique, pour éliminer tout résidu de matière écrouie provenant du cisaillement.

**5.3.3** Les traitements chimiques ou électrochimiques sont généralement inappropriés pour les éprouvettes plates de section rectangulaire, l'attaque ayant tendance à être plus forte et plus difficilement contrôlable aux extrémités que sur les faces.

**5.3.4** S'il est fait appel à ces types de traitement chimique ou électrochimique, il faudra veiller à ce que les conditions existantes n'entraînent pas une attaque sélective des phases du métal, ou ne déposent pas de résidus indésirables sur la surface.

**5.3.5** Les traitements chimiques ou électrochimiques qui génèrent de l'hydrogène à la surface de l'éprouvette ne doivent pas être utilisés sur les matériaux fragilisés par ce gaz.

**5.3.6** Avant l'essai, il convient de dégraisser les éprouvettes pour éliminer la contamination superficielle et ensuite de leur faire immédiatement subir l'essai indiqué ou de les stocker pour éviter la contamination ou la détérioration jusqu'à l'essai.

### 5.4 Méthodes de mise sous contrainte

#### 5.4.1 Méthodes de déformation constante

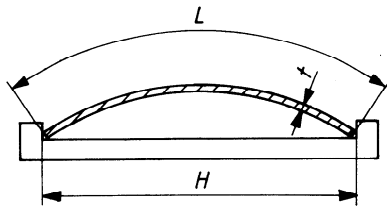
##### 5.4.1.1 Modes de chargement

La figure 1 illustre six méthodes de mise sous contrainte d'éprouvettes dans les conditions nominales de déformation constante. Les éprouvettes à deux points, trois points et quatre points de charge représentent les trois modes de base utilisés dans les essais en flexion. Les éprouvettes doubles, en appui total et à charge appliquée par levier peuvent être considérées comme des cas spéciaux de charge en quatre points.

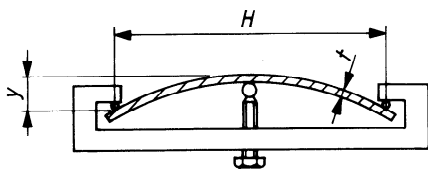
##### 5.4.1.2 Deux point de charge

**5.4.1.2.1** La contrainte maximale d'une éprouvette à deux points de charge s'observe au centre de sa partie convexe et tend vers zéro aux extrémités.

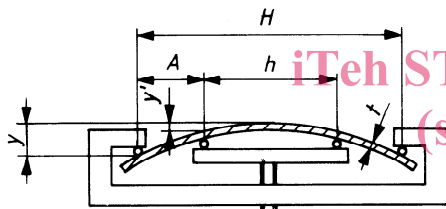
Dimensions en millimètres



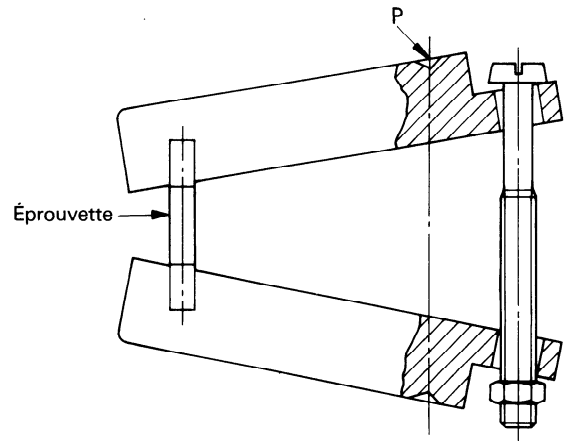
a) Éprouvette à deux points de mise en charge



b) Éprouvette à trois points de mise en charge



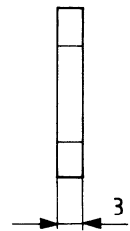
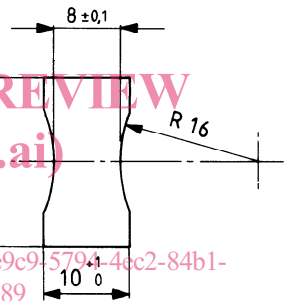
c) Éprouvette à quatre points de mise en charge



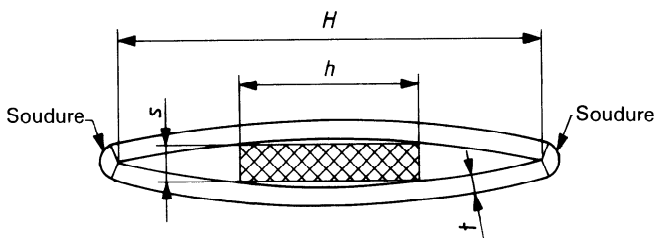
(i) Ensemble

STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

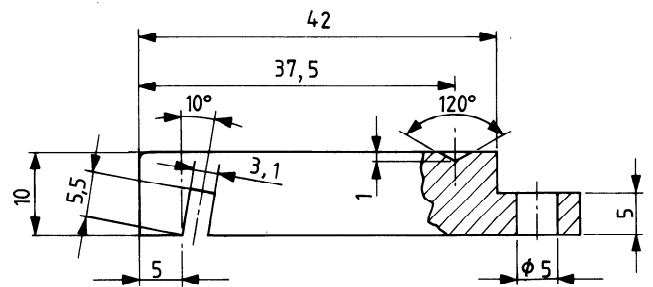
ISO 7539-2:1989  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1786e9c9-5794-4cc2-84b1-5f060c1db4a0/iso-7539-2-1989>



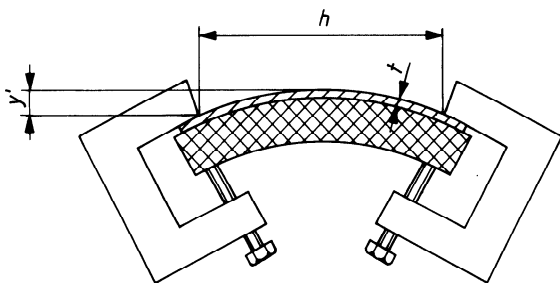
(ii) Éprouvette



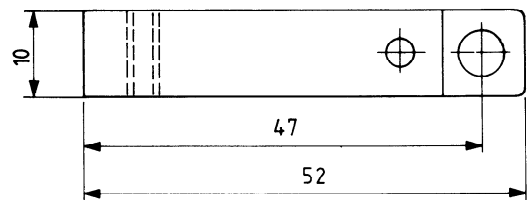
d) Éprouvette à double poutre pour flexion



(iii) Levier



e) Éprouvette contrainte sur sa totalité



f) Éprouvette à mise en charge par levier

Figure 1 — Éprouvettes pour essai de mise en charge à déformation constante

**5.4.1.2.2** Il convient que les éprouvettes plates à deux points de charge aient une largeur de 15 mm à 25 mm et une longueur de 110 mm à 255 mm [voir figure 1a)]. L'épaisseur  $t$ , la longueur exacte  $L$  et la portée  $H$  de l'éprouvette sont choisies pour donner la contrainte requise, calculée conformément à 5.4.1.2.4, ainsi qu'une valeur de  $(L - H)/H$  comprise entre 0,01 et 0,50, permettant ainsi de réduire l'erreur de calcul dans des limites acceptables. Une éprouvette d'épaisseur comprise entre 0,8 mm et 1,8 mm, et d'une portée de 175 mm à 215 mm, a été retenue pour travailler avec les aciers à très haute résistance et les alliages d'aluminium avec des contraintes d'essai s'échelonnant entre 200 MN/m<sup>2</sup> environ pour l'aluminium, et 1 500 MN/m<sup>2</sup> pour l'acier.

**5.4.1.2.3** Il convient de fixer avec soin les éprouvettes dans leur support en évitant toute contrainte, déformation ou erreur d'alignement.

**5.4.1.2.4** La contrainte élastique approchées s'exerçant au centre de la surface convexe se calcule à partir de la formule

$$L = (ktE/\sigma) \sin^{-1} (H\sigma/ktE)$$

où

$L$  est la longueur de l'éprouvette, en mètres;

$\sigma$  est la contrainte maximale, en newtons par mètre carré;

$E$  est le module d'élasticité, en newtons par mètre carré;

$H$  est la portée, en mètres;

$t$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en mètres;

$k = 1,280$ , constante empirique.

Il convient de n'utiliser l'équation qu'avec

$$H\sigma/ktE = 1,0$$

Cette équation peut être résolue par calculateur, méthode empirique, ou développement en série de la fonction sinus.

**5.4.1.2.5** Un calcul plus rigoureux de la contrainte peut être effectué à partir d'une analyse de déformation importante théoriquement exacte.

Le calcul des contraintes supérieures à la limite élastique peut être conduit sur la base d'une analyse élastique-plastique.

### 5.4.1.3 Trois points de charge

**5.4.1.3.1** La contrainte de traction maximale d'une éprouvette à trois points de charge s'observe au centre de sa surface convexe et décroît linéairement pour atteindre zéro sur les appuis extérieurs. L'inconvénient des éprouvettes à trois points de charge réside dans la possibilité d'apparition d'une corrosion par fissure au niveau de l'appui central, près de la région de contrainte maximale. La pression du support central est également à l'origine de contraintes biaxiales inconnues dans la région de contrainte de traction longitudinale maximale calculée.

**5.4.1.3.2** Les éprouvettes à trois points de charge sont généralement des bandes de 15 mm à 50 mm de largeur et de

110 mm à 250 mm de longueur. L'épaisseur de l'éprouvette dépend habituellement des propriétés mécaniques du matériau et de la forme de produit disponible. Les dimensions des éprouvettes peuvent être modifiées pour répondre à des besoins spécifiques, mais en respectant les proportions approximatives.

**5.4.1.3.3** L'éprouvette est en appui près des extrémités, et fléchit en exerçant en son milieu la pression d'une vis à embout sphérique, comme illustré à la figure 1b).

**5.4.1.3.4** La contrainte élastique s'exerçant au centre de la surface convexe se calcule à partir de la formule

$$\sigma = 6Ety/H^2$$

où

$\sigma$  est la contrainte de traction maximale, en newtons par mètre carré;

$E$  est le module d'élasticité, en newtons par mètre carré;

$t$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en mètres;

$y$  est la déformation maximale, en mètres;

$H$  est la distance entre les appuis extérieurs, en mètres.

### 5.4.1.4 Quatre points de charge

**5.4.1.4.1** Quatre points de charge donnent une contrainte de traction longitudinale uniforme sur la surface convexe de la partie de l'éprouvette située entre les appuis intérieurs.

La contrainte décroît linéairement jusqu'à zéro, des appuis intérieurs vers les appuis extérieurs. La zone relativement grande de matériau soumis uniformément à la contrainte fait généralement préférer les éprouvettes à quatre points de charge aux éprouvettes à trois points de charge et les rend particulièrement adaptées aux essais de matériaux soudés, et aux études de protection par revêtement organique ou métallique au pistolet.

**5.4.1.4.2** Les éprouvettes à quatre points de charge sont généralement des bandes de 15 mm à 50 mm de largeur et de 110 mm à 250 mm de longueur. L'épaisseur de l'éprouvette dépend habituellement des propriétés mécaniques du matériau et de la forme de produit disponible. Les dimensions des éprouvettes peuvent être modifiées pour répondre à des besoins spécifiques, mais en respectant les proportions approximatives.

**5.4.1.4.3** L'éprouvette est en appui près des extrémités, et fléchit en forçant contre elle les deux appuis intérieurs, comme illustré à la figure 1c). Les deux appuis intérieurs doivent être placés symétriquement par rapport à l'axe des appuis extérieurs.

**5.4.1.4.4** La contrainte élastique s'exerçant au centre de la surface convexe de la partie de l'éprouvette comprise entre les appuis intérieurs se calcule à partir de la formule

$$\sigma = 12Ety/(3H^2 - 4A^2)$$



où

$\sigma$  est la contrainte de traction maximale, en newtons par mètre carré;

$E$  est le module d'élasticité, en newtons par mètre carré;

$t$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en mètres;

$y$  est la déformation maximale entre les appuis extérieurs, en mètres;

$H$  est la distance entre les appuis extérieurs, en mètres;

$A$  est la distance entre les appuis intérieurs et extérieurs, en mètres.

Les dimensions sont souvent choisies pour que  $A = H/4$ .

**5.4.1.4.5** Une autre méthode de calcul de la contrainte élastique entre les appuis intérieurs consiste à utiliser la formule

$$\sigma = 4Ety'/h^2$$

où

$h$  est la distance entre les appuis intérieurs, en mètres;

$y'$  est la déformation entre les appuis intérieurs, en mètres.

NOTE — Cette équation constitue un cas spécial de l'équation donnée en 5.4.1.4.4, pour  $A = 0$ .

**5.4.1.4.6** Les formules précédentes concernent de faibles déformations ( $y/H$  ou  $y'/h < 0,1$ ). Dans les éprouvettes légères, les déformations peuvent être supérieures; les formules ne sont donc qu'approximatives. On peut obtenir des valeurs de contraintes plus précises en fixant des jauges extensométriques à des éprouvettes de matériau et de dimensions identiques à celles des éprouvettes pour corrosion sous contrainte et en les mettant en charge de manière similaire.

#### 5.4.1.5 Éprouvettes à double poutre pour flexion

**5.4.1.5.1** Dans les éprouvettes à double poutre pour flexion, on relève une contrainte de traction longitudinale uniforme sur la surface convexe, entre les lignes de contact avec l'entretoise. À partir de celles-ci, la contrainte décroît linéairement pour atteindre zéro aux extrémités des éprouvettes. Les éprouvettes à double poutre sont habituellement utilisées pour un matériau plus épais que celui que peut normalement traiter un appareil à quatre points de charge.

**5.4.1.5.2** Les éprouvettes à double poutre sont normalement constituées par deux bandes de 25 mm à 50 mm de largeur et de 125 mm à 250 mm de longueur. L'épaisseur des éprouvettes dépend des propriétés mécaniques du matériau et de la forme de produit disponible.

**5.4.1.5.3** Les deux bandes sont pliées l'une contre l'autre, sur une entretoise centrale jusqu'à ce que leurs deux extrémités se joignent. Elles sont maintenues en position par soudage, comme illustré à la figure 1d), ou par boulonnage.

**5.4.1.5.4** La contrainte élastique s'exerçant au niveau de la surface convexe des parties des éprouvettes comprises entre les lignes de contact avec l'entretoise se calcule à partir de la formule

$$\sigma = \frac{3Ets}{H^2 [1 - (h/H)] [1 + (2h/H)]}$$

où

$\sigma$  est la contrainte de traction maximale, en newtons par mètre carré;

$E$  est le module d'élasticité, en newtons par mètre carré;

$t$  est l'épaisseur de l'éprouvette, en mètres;

$s$  est l'épaisseur de l'entretoise, en mètres;

$H$  est la longueur de l'éprouvette, en mètres;

$h$  est la longueur de l'entretoise, en mètres.

**5.4.1.5.5** Si la longueur de l'entretoise  $h$  est choisie pour que  $H = 2h$ , l'équation donnée en 5.4.1.5.4 se simplifie en

$$\sigma = 3Ets/H^2$$

**5.4.1.5.6** Les formules précédentes concernent de faibles déformations ( $s/H < 0,2$ ). Dans les éprouvettes légères, les déformations peuvent être supérieures; les formules ne sont donc qu'approximatives. On peut obtenir des valeurs de contraintes plus précises en fixant des jauges extensométriques à des éprouvettes de matériau et de dimensions identiques à celles des éprouvettes pour corrosion sous contrainte et en les mettant en charge de manière similaire.

#### 5.4.1.6 Éprouvettes contraintes sur leur totalité

**5.4.1.6.1** Dans les éprouvettes contraintes sur leur totalité, on note une contrainte de traction longitudinale uniforme sur la surface convexe, entre les points de fixation. Ce type d'éprouvettes peut être utilisé lorsque les dimensions du matériau sont trop petites pour permettre quatre points normaux pour la mise en charge, par exemple lorsque des éprouvettes sont prélevées dans le sens travers court d'un profilé laminé.

**5.4.1.6.2** Les dimensions des éprouvettes contraintes dans leur totalité dépendent largement du produit dans lequel elles sont préparées. Des éprouvettes en alliage d'aluminium à haute résistance, de 32 mm × 10 mm et de 1 mm d'épaisseur, ont donné des résultats satisfaisants, et indiquent les proportions dimensionnelles approximatives à respecter.

**5.4.1.6.3** Le diamètre extérieur du bloc d'appui est sélectionné de manière à donner un rayon de courbure de la surface convexe de l'éprouvette conduisant à la contrainte désirée. L'éprouvette est fixée à une extrémité au bloc d'appui, comprimée contre la surface de celui-ci, puis fixée à l'autre extrémité, comme illustré à la figure 1e).

**5.4.1.6.4** La contrainte élastique s'exerçant sur la surface convexe de l'éprouvette entre les points de fixation se calcule à partir de la formule donnée en 5.4.1.4.5,  $h$  étant la distance entre les bords intérieurs des dispositifs de fixation.