

NORME  
INTERNATIONALE

ISO  
7539-5

Première édition  
1989-12-15

---

---

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

**Partie 5 :**

Préparation et utilisation des éprouvettes en forme  
d'anneau en C

(standards.iteh.ai)

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

*Part 5: Preparation and use of C-ring specimens*

<https://standards.iteh.ai/standards/iso-7539-5-1989/4a-414b9fdcc19b/iso-7539-5-1989>



Numéro de référence  
ISO 7539-5 : 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 7539-5 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 préfissurées*
- *Partie 7: Essais à faible vitesse de déformation*
- *Partie 8: Préparation et utilisation des éprouvettes présentant un cordon de soudure*

L'annexe A fait partie intégrante de la présente partie de l'ISO 7539.

© 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 7539-5:1989](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01d2611e-ae26-4abe-904a-414b9fdcc19b/iso-7539-5-1989)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01d2611e-ae26-4abe-904a-414b9fdcc19b/iso-7539-5-1989>

Page blanche

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

ISO 7539-5:1989

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01d2611e-ae26-4abe-904a-414b9fdcc19b/iso-7539-5-1989>

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

## Partie 5 : Préparation et utilisation des éprouvettes en forme d'anneau en C

### 1 Domaine d'application

**1.1** La présente partie de l'ISO 7539 couvre les procédures de définition, de préparation, de mise sous contrainte, d'exposition et d'examen d'éprouvettes en forme d'anneau en C, servant à évaluer la sensibilité d'un métal à la corrosion sous contrainte. Elle présente une analyse de l'état et de la distribution de la contrainte dans l'anneau en C.

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

**1.2** L'anneau en C constitue une éprouvette économique et polyvalente pour déterminer la sensibilité à la corrosion fissurante sous contrainte de tous les types de métaux entrant dans la composition d'une multitude de formes de produits. Il est particulièrement bien adapté aux essais de tubes, barres et tôles (voir figure 1). Des éprouvettes entaillées peuvent également être utilisées (voir 5.3.8).

**1.3** Les éprouvettes en anneau en C peuvent être mises sous contrainte à des niveaux prédéterminés par un équipement simple appliquant une charge ou une déformation croissante.

### 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 7539-6 : 1989, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes préfissurées.*

### 3 Définitions

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

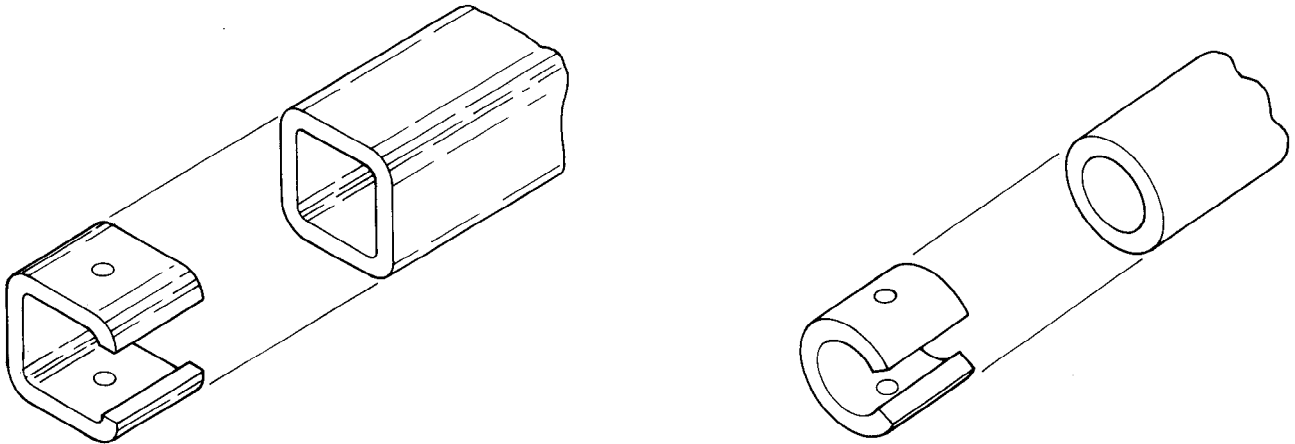
### 4 Principe

**4.1** L'essai consiste à soumettre une éprouvette à une charge ou à une déformation constante ou croissante, en vue de déterminer sa sensibilité à la corrosion sous contrainte, par référence à un ou plusieurs des paramètres énumérés dans l'article 7.

**4.2** Les environnements corrosifs peuvent causer une détérioration des propriétés des matériaux sous contrainte bien plus grande que celle qu'on observe avec les mêmes matériaux dans des conditions de milieu identiques, lorsque ceux-ci ne sont pas soumis à la contrainte. Cette détérioration accrue peut s'exprimer de différentes manières lorsqu'on évalue la sensibilité à la corrosion sous contrainte.

**4.3** La forme la plus courante de détérioration par corrosion sous contrainte comporte l'amorçage et la propagation de fissures, dont une ou plusieurs peuvent éventuellement conduire à une rupture complète de l'éprouvette si l'essai est mené pendant une durée suffisante.

**4.4** 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. Les résultats d'essai peuvent varier encore plus largement si les éprouvettes sont de tailles ou d'orientations différentes, ou sont soumises à différentes méthodes de mise sous contrainte.

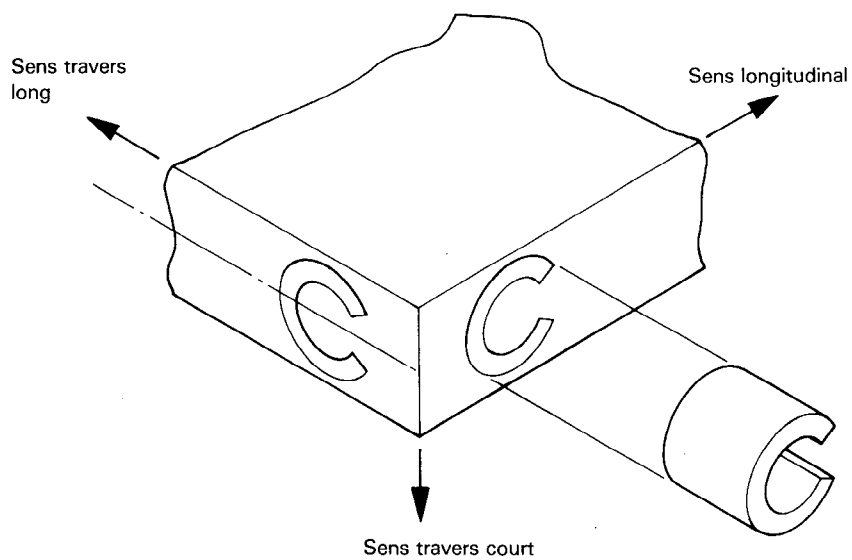


Tube



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
ISO 7539-5:1989  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/01d2611e-ae26-4abe-904a-414b9fdcc19b/iso-7539-5-1989>

Tige et barre



Tôle

Figure 1 — Méthode d'échantillonnage pour tester différents produits

**4.5** 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.

## 5 Éprouvettes

### 5.1 Définition des éprouvettes

**5.1.1** La gamme des tailles d'anneaux est étendue; cependant, les anneaux d'un diamètre extérieur inférieur à 15 mm ne sont pas recommandés, car ils augmentent les difficultés d'usinage et diminuent la précision du niveau de contrainte à imposer. Les dimensions de l'anneau peuvent affecter l'état de contrainte (voir 5.2). La figure 2 illustre les dimensions types de fabrication d'un anneau en C.

**5.1.2** Pour tester des sections épaisses à structure granulaire orientée, il faut absolument orienter l'anneau en C de sorte que la direction de la contrainte principale fasse un angle droit avec le plan de résistance minimale à la corrosion fissurante sous contrainte. Sinon, la fissure sera désaxée, située en un point où la contrainte est inconnue et inférieure à la contrainte calculée (voir 5.3.3). Il convient donc de donner des instructions appropriées au personnel d'atelier. Les éprouvettes en anneau en C peuvent être utilisées comme éprouvettes entaillées ou pré-fissurées par la fatigue, dont les états de contrainte sont abordés en 5.3.8 pour le premier cas, et dans l'ISO 7539-6 pour le second.

### 5.2 Considérations sur les contraintes

**5.2.1** La contrainte la plus intéressante à considérer dans l'éprouvette en anneau C est la contrainte circonférentielle. Celle-ci n'est pas uniforme mais suit un gradient dans l'épaisseur, variant d'une traction maximale sur une face à une compression maximale sur la face opposée. La contrainte varie éga-

lement sur la circonférence de l'anneau en C, de zéro au niveau de chaque trou de boulon à un maximum au centre de l'arc opposé au boulon de mise sous contrainte. La contrainte calculée selon l'annexe A n'existe que sur une ligne coupant l'anneau dans la partie médiane de l'arc. Si donc la contrainte est déterminée par mesure de la déformation sur la face en traction de l'anneau en C, la jauge extensométrique doit être placée au centre de l'arc afin d'indiquer la déformation maximale. La contrainte varie également sur la largeur de l'anneau en fonction des rapports largeur/épaisseur et diamètre/épaisseur. En général, si l'anneau est chargé de la manière illustrée à la figure 3a) et b), la contrainte de traction sur la face extérieure est plus forte aux extrémités qu'au centre alors que, dans le cas illustré à la figure 3c), la contrainte de traction sur la face intérieure est moins forte aux extrémités qu'au centre.

**5.2.2** Le système des contraintes dans les anneaux en C se caractérise également par la présence de contraintes biaxiales, c'est-à-dire de contraintes qui se développent dans les sens transversal et circonférentiel. La contrainte axiale transversale est maximale au centre pour s'annuler aux extrémités; elle est de même signe que la contrainte circonférentielle. De façon générale, la contrainte transversale décroît avec les rapports largeur/épaisseur et diamètre/épaisseur.

**5.2.3** Dans le cas de l'anneau en C entaillé, un état de contrainte triaxiale existe près de la base de l'entaille. La contrainte circonférentielle à la base de l'entaille est en outre supérieure à la contrainte nominale, et l'on peut s'attendre, en général, à la trouver dans le domaine plastique.

**5.2.4** Des contraintes internes peuvent se manifester lorsque les anneaux en C sont usinés à partir de produits renfermant une contrainte résiduelle notable, ou ayant subi un traitement thermique impliquant une trempe après usinage. Ces contraintes internes peuvent introduire des erreurs dans les calculs.

Il est nécessaire de mesurer le diamètre du tube avant et après découpage axial et d'utiliser le résultat dans le calcul des contraintes résiduelles.

Dimensions en millimètres

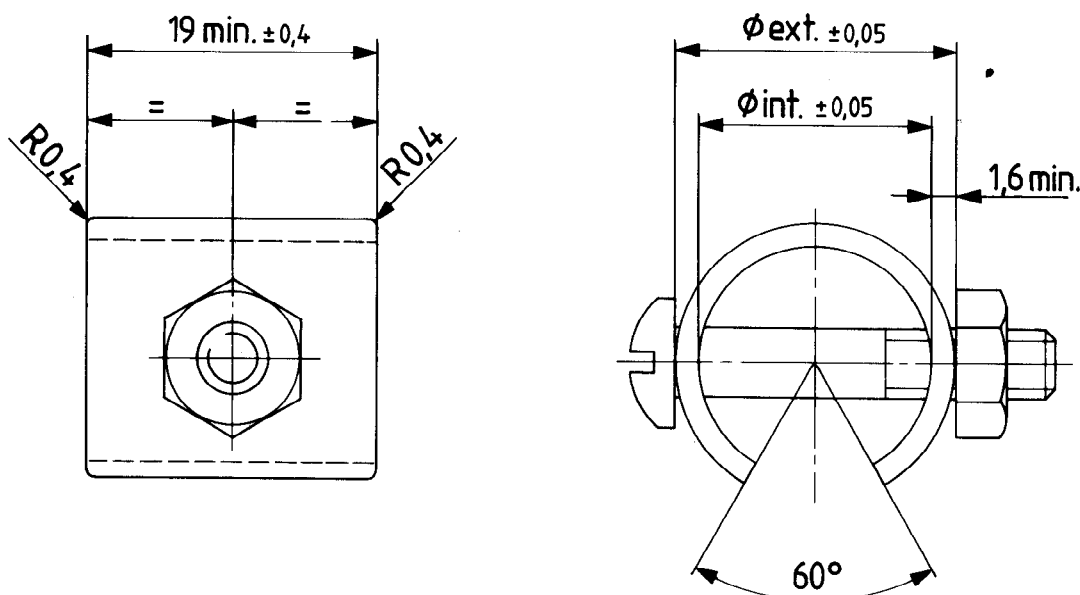


Figure 2 — Exemple d'éprouvette en anneau en C

**5.2.5** On peut envisager une relaxation au cours de la période d'exposition, en particulier lorsque les éprouvettes sont exposées à des températures élevées. Cette relaxation peut être évaluée à partir des données de fluage si elles sont disponibles pour l'anneau et le boulon de mise sous contrainte.

**NOTE** — Si l'anneau et le boulon ont des coefficients de dilatation thermique différents, la contrainte appliquée peut varier énormément à l'essai à température élevée. De même, si l'on utilise des isolants plastiques pour éviter la corrosion bimétallique, il convient de prévoir la possibilité d'une relaxation des contraintes.

**5.3 Méthodes de mise sous contrainte**

**5.3.1** Les éprouvettes en anneau en C sont ordinairement mises sous contrainte par traction dans des conditions de déplacement constantes, la contrainte étant exercée sur l'extérieur de l'anneau, par serrage d'un boulon centré sur son diamètre [voir figure 3a)].

**5.3.2** Les anneaux en C peuvent également être mis sous contrainte en sens opposé, par extension de l'anneau et création d'une contrainte de traction sur la face interne, comme illustré à la figure 3c), ou, de préférence, par la technique d'ouverture par effet de coin écartant les bras des anneaux en C (voir figure 4). Dans ce dernier cas, le déplacement nécessaire est assuré par l'insertion d'un coin usiné avec précision, de même matériau que l'anneau en C, pour éviter les effets galvaniques. La figure 4 illustre l'appareillage spécial pour permettre la pénétration du coin.

**5.3.3** L'essai d'une éprouvette en forme d'anneau en C peut être modifié pour simuler des conditions de charge approximativement constantes; on utilise à cet effet un ressort spécialement calibré, placé sur le boulon de charge [voir figure 3b)].

**5.3.4** La méthode de mise sous contrainte la plus précise consiste à fixer des jauges extensométriques électriques transver-

sales et annulaires sur la surface sollicitée en traction, et à serrer le boulon jusqu'à ce que les mesures de déformation indiquent la contrainte circonférentielle désirée.

Les contraintes circonférentielles  $\sigma_c$  et transversales  $\sigma_t$  sont calculées comme suit, à condition toutefois qu'elles se situent dans le domaine élastique :

$$\sigma_c = \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_c + \mu \epsilon_t)$$

$$\sigma_t = \frac{E}{1 - \mu^2} (\epsilon_t + \mu \epsilon_c)$$

où

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

$\mu$  est le coefficient de Poisson;

$\epsilon_c$  est la déformation circonférentielle;

$\epsilon_t$  est la déformation transversale.

L'utilisation des jauges extensométriques électriques sur des anneaux en C à parois minces entraîne une correction du déplacement de l'appareillage sur la surface de l'anneau. Les traces de l'appareillage et d'adhésif doivent être enlevées avant exposition.

Le calcul des contraintes dépassant la limite élastique peut s'effectuer sur la base d'une analyse élastique-plastique.

**5.3.5** Lorsque plusieurs anneaux d'alliages et de dimensions identiques doivent être chargés, il est pratique de déterminer une courbe d'étalonnage de contrainte circonférentielle en fonction de la déformation de l'anneau, afin d'éviter l'inconvénient d'avoir à employer des jauges extensométriques sur chacun.

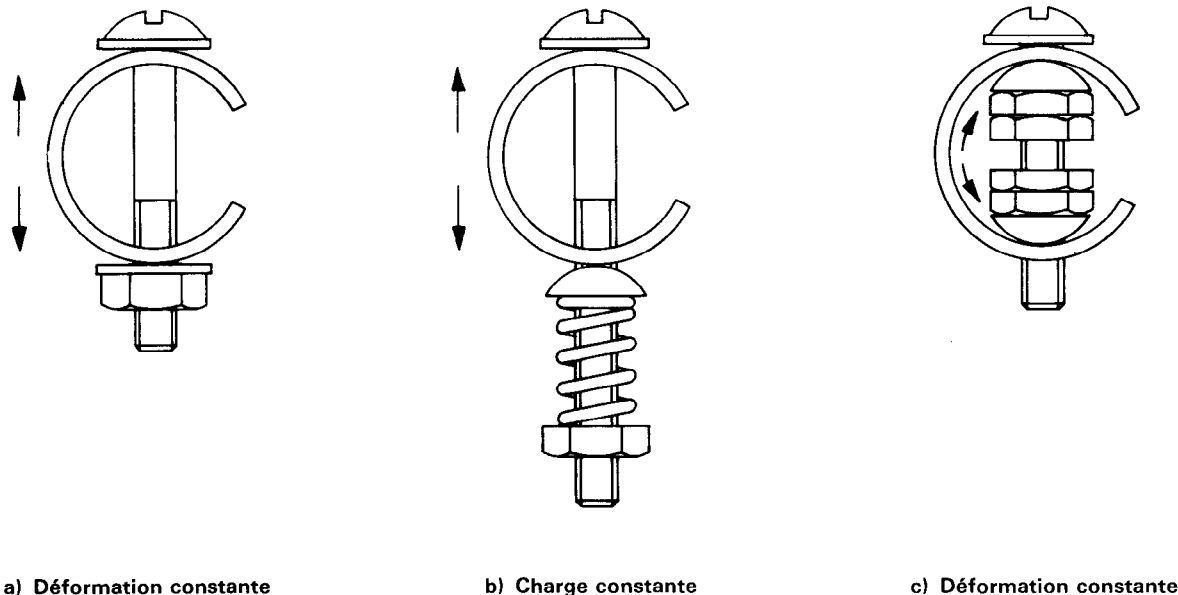


Figure 3 — Méthodes de mise sous contrainte des anneaux en C



**5.3.6** La compression requise sur l'anneau en C pour produire uniquement une déformation élastique et le degré de celle-ci peuvent être évalués de façon théorique. Les anneaux en C peuvent être sollicités en contrainte, après calcul de la déformation nécessaire pour produire la contrainte élastique désirée sur la base d'une formule modifiée adaptée aux essais en flexion tenant compte des dimensions de chaque anneau comme l'indique l'annexe A. L'expérience montre une bonne corrélation entre les contraintes calculées de cette manière et les contraintes mesurées en fixant des jauges extensométriques aux éprouvettes.

**5.3.7** La distribution contrainte-déformation dans l'éprouvette peut également être calculée, pour diverses valeurs de déformation imposées à l'anneau en C, par la méthode des éléments finis de l'analyse de contrainte. Ces analyses doivent être réalisées au travers de programmes d'éléments finis appropriés, élaborés par un personnel parfaitement rompu à la technique correspondante. La méthode serait normalement à employer pour des éprouvettes à géométrie ou configuration de charge plus complexe, pour lesquelles l'analyse théorique simple n'est pas applicable.

**5.3.8** Pour des éprouvettes entaillées (voir 5.2.3), on suppose une contrainte nominale basée sur le diamètre extérieur de l'anneau, mesuré à la base de l'entaille. On calcule ensuite la contrainte maximale au niveau de cette dernière à partir du produit de cette contrainte nominale et du facteur de concentration de contraintes  $K_T$  pour l'entaille considérée.

## 5.4 Usinage et préparation de surface

**5.4.1** Une surface usinée de haute qualité est souhaitable pour les essais de corrosion, sauf si l'on désire tester la surface brute de fabrication d'un tube ou d'une barre. Lorsque les anneaux sont usinés dans un matériau monobloc, il convient de prendre des précautions pour éviter la surchauffe, la déformation plastique ou le développement d'une contrainte résiduelle sur la surface métallique. Il est de règle d'effectuer l'usinage par étapes, pour que la coupe finale laisse la surface principale avec une définition parfaite d'une valeur efficace de 1  $\mu\text{m}$  ou mieux.

Le rodage, le polissage mécanique et les opérations similaires provoquant le fluage du métal sont à éviter.

**5.4.2** Il convient de dégraisser la surface de l'éprouvette avant exposition. Des traitements chimiques ou électrochimiques peuvent être employés pour éliminer les films d'oxyde ou les couches fines de métal en surface déformés au cours de l'usinage. Dans ce cas, il faut veiller à ce que les conditions existantes n'entraînent pas une attaque sélective des phases du métal, ni ne laissent des dépôts indésirables en surface. Les traitements qui conduisent à un dégagement d'hydrogène à la surface de l'éprouvette ne doivent pas être employés pour les matériaux susceptibles d'être fragilisés par ce gaz.

**5.4.3** Il convient que la préparation de surface, sauf dégraisage final possible de la zone soumise à la contrainte, soit terminée avant sollicitation en contrainte des anneaux en C.

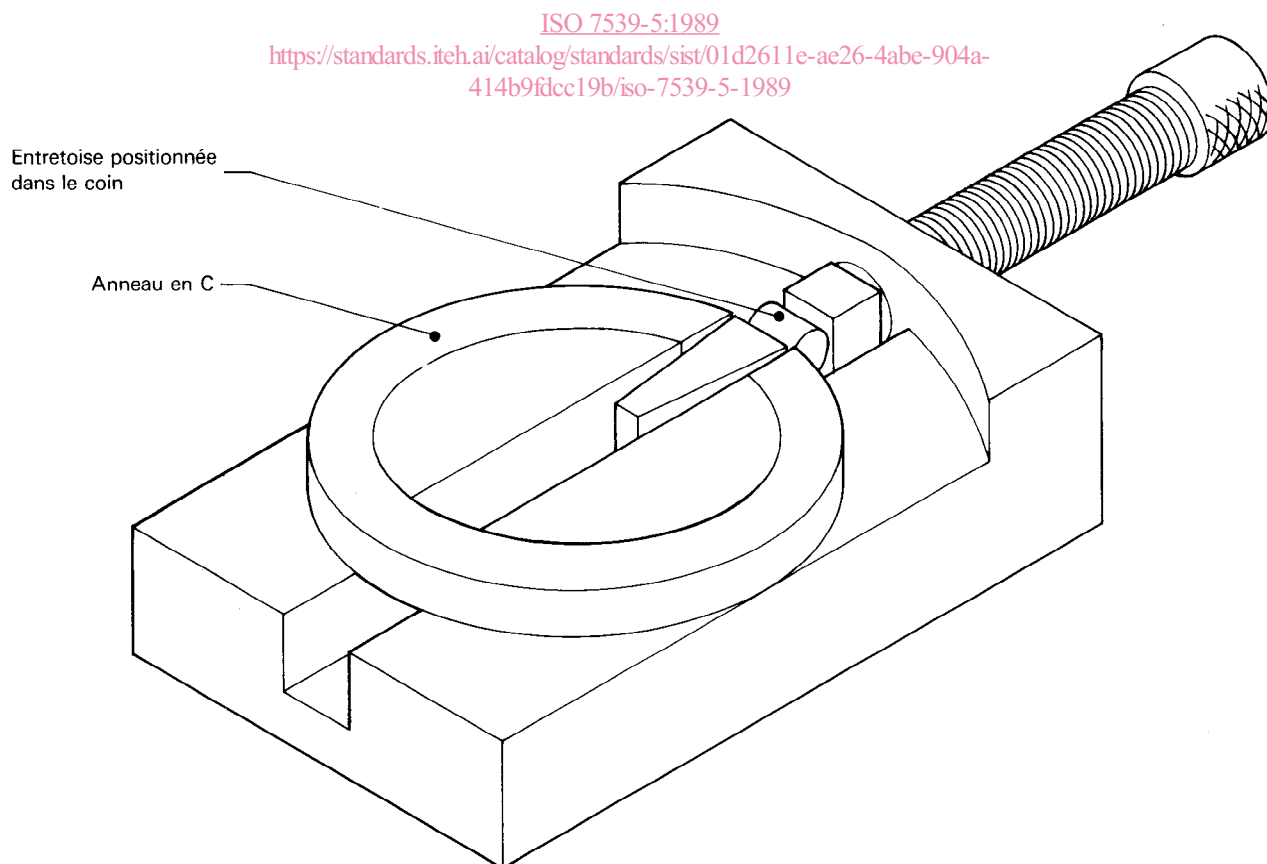


Figure 4 — Appareillage spécial pour le positionnement d'un insert d'ouverture avec effet de coin