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

Partie 9:

**Préparation et utilisation des
éprouvettes préfissurées pour essais
sous charge croissante ou sous
déplacement croissant**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Corrosion of metals and alloys — Stress corrosion testing —

*Part 9: Preparation and use of pre-cracked specimens for tests under
rising load or rising displacement*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7112e376-96c6-4c15-85c6-1f5ea1086bfe/iso-7539-9-2021>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 7539-9:2021

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/71a2e376-96c6-4c15-85c6-1f5ea1086bfe/iso-7539-9-2021>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2021

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée 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 401 • Ch. de Blandonnet 8

CH-1214 Vernier, Genève

Tél.: +41 22 749 01 11

E-mail: copyright@iso.org

Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	2
5 Éprouvettes	3
5.1 Généralités.....	3
5.2 Modèle d'éprouvette.....	4
5.3 Considérations concernant le facteur d'intensité de contrainte.....	12
5.4 Préparation des éprouvettes.....	15
5.5 Identification des éprouvettes.....	17
6 Amorçage et propagation de la fissure de fatigue	18
7 Mode opératoire	19
7.1 Généralités.....	19
7.2 Considérations environnementales.....	20
7.3 Enceinte environnementale.....	20
7.4 Contrôle et surveillance du milieu.....	21
7.5 Sélection de la valeur K initiale avant l'application de la charge dynamique.....	22
7.6 Détermination de K_{ISCC}	22
7.6.1 Généralités.....	22
7.6.2 Programme des essais.....	23
7.6.3 Validation des résultats d'essai.....	25
7.7 Détermination de la vitesse de fissuration.....	25
8 Rapport d'essai	26
Annexe A (informative) Détermination d'une vitesse de déplacement adaptée pour établir la valeur K_{ISCC} à partir d'essais à vitesse de déplacement constante	28
Annexe B (informative) Détermination de la vitesse de propagation de la fissure	30
Annexe C (informative) Informations sur les méthodes de mesure indirectes de la longueur de fissure (voir aussi l'ISO 21153)	31
Bibliographie	33

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/patents).

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

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : www.iso.org/iso/foreword.html.

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 156, *Corrosion des métaux et alliages*, en collaboration avec le Comité technique CEN/TC 262, *Revêtements métalliques et inorganiques, incluant ceux pour la protection contre la corrosion et les essais de corrosion des métaux et alliages*, du Comité européen de normalisation (CEN), conformément à l'Accord de coopération technique entre l'ISO et le CEN (Accord de Vienne).

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 7539-9:2003), qui a fait l'objet d'une révision technique.

La principale modification par rapport à l'édition précédente est la suivante : la formule de calcul de K à la [Figure 9](#) a été corrigée.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 7539 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient de transmettre toute remarque ou question relative au présent document à l'Organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/members.html.

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

Partie 9:

Préparation et utilisation des éprouvettes préfissurées pour essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant

1 Domaine d'application

1.1 Le présent document spécifie les modes opératoires de conception, de préparation et d'utilisation d'éprouvettes préfissurées servant à évaluer la sensibilité d'un métal à la fissuration par corrosion sous contrainte à l'aide d'essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant. Les essais effectués sous charge constante ou sous déplacement constant font l'objet de l'ISO 7539-6.

Pour les besoins du présent document, le terme « métal » inclut également les alliages.

1.2 Comme il est nécessaire de maintenir la plasticité en fond de fissure, les éprouvettes préfissurées ne se prêtent pas à l'évaluation des produits minces tels que les tôles minces et les fils, et sont généralement utilisées pour des produits plus épais tels que les tôles fortes, les barres et les pièces forgées. Elles peuvent aussi être utilisées pour des pièces assemblées par soudage.

1.3 Les éprouvettes préfissurées peuvent être soumises à une contrainte à l'aide d'appareils exerçant une charge ou un déplacement en croissance constante aux points d'application de charge.

1.4 Les éprouvettes préfissurées présentent l'avantage de permettre l'acquisition de données dont il est possible de déduire les tailles critiques de défaut au-delà desquelles une fissuration par corrosion sous contrainte peut se produire au niveau de pièces de géométrie connue soumises à des efforts connus. Ces éprouvettes permettent également de déterminer la vitesse de propagation des fissures de corrosion sous contrainte.

1.5 L'essai a pour principal avantage de prendre en compte l'effet potentiel de la déformation dynamique sur la limite de fissuration par corrosion sous contrainte.

1.6 À des taux de charge suffisamment faibles, le facteur d'intensité de contrainte limite pour la fissuration par corrosion sous contrainte K_{ISCC} déterminé par cette méthode peut être inférieur ou égal à celui obtenu par des méthodes d'essai sous charge constante ou sous déplacement constant et peut être déterminé plus rapidement.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 7539-6, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes préfissurées 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 7539-6 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/> ;
- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>.

3.1 vitesse de modification du déplacement d'ouverture de la fissure au niveau du plan de charge

\dot{V}_{LL}

flèche au niveau de l'accès au point de charge mesurée pendant une durée déterminée

3.2 facteur d'intensité de contrainte initiale

K_{I-init}

intensité de contrainte appliquée au début de la croissance mesurable de la fissure

3.3 vitesse de déplacement

dq/dt

vitesse de la croissance de la flèche mesurée à l'axe du point de charge ou éloignée de la ligne de charge

4 Principe

4.1 L'utilisation d'éprouvettes pré-fissurées témoigne de la difficulté de garantir l'absence totale de défauts assimilables à des fissures, introduits soit en cours de fabrication, soit en service, dans les constructions de structures. La présence de tels défauts permet en outre de mettre en évidence une sensibilisation à la fissuration par corrosion sous contrainte qui, dans certains matériaux (par exemple le titane), peut ne pas être révélée par des essais à charge constante sur éprouvette lisse. Les principes de la mécanique de la rupture en régime élastique linéaire peuvent permettre de quantifier la contrainte existante en fond de fissure sur une éprouvette ou une structure pré-fissurée à partir d'intensité de contrainte en régime de déformation plane.

4.2 L'essai consiste à soumettre une éprouvette, dans laquelle une fissure a été créée par fatigue à partir d'une entaille usinée, à une charge croissante ou à un déplacement croissant dans un environnement chimiquement agressif. Le but est de quantifier les conditions dans lesquelles une propagation de fissure favorisée par l'environnement peut se produire en termes de facteur d'intensité de contrainte limite pour la fissuration par corrosion sous contrainte, K_{ISCC} , et de cinétique de propagation.

4.3 Les essais peuvent être effectués en traction ou en flexion. La caractéristique la plus importante de l'essai est la faible vitesse de charge/déplacement appliquée.

4.4 En raison de la déformation dynamique associée à cette méthode, les données obtenues peuvent être différentes de celles obtenues pour des éprouvettes pré-fissurées avec la même combinaison d'environnement et de matériau lorsque les éprouvettes ne sont soumises qu'à des charges statiques.

4.5 Des données empiriques peuvent servir lors de la conception ou des prévisions de durée de vie, car elles permettent d'assurer soit que les contraintes agissant sur des structures importantes ne suffiront pas à favoriser la fissuration en environnement donné quels que soient les défauts préexistants, soit que l'importance de la vitesse de propagation qui se produirait pendant la durée de vie calculée ou au cours de contrôles peut être tolérée sans risque d'instabilité conduisant à la défaillance.

4.6 La fissuration par corrosion sous contrainte est influencée par des facteurs à la fois mécaniques et électrochimiques. Ces derniers peuvent varier en fonction de la profondeur, de l'ouverture ou de la forme de la fissure, en raison de variations de la chimie et du potentiel d'électrode du fond de fissure, et il peut ne pas être possible de les décrire exclusivement au moyen du facteur d'intensité de contrainte intervenant dans la mécanique de la rupture.

4.7 La composante mécanique comporte à la fois des contraintes appliquées et des contraintes résiduelles. Il convient de tenir compte de l'influence possible de ces dernières tant dans les essais de laboratoire que dans leur application à des géométries plus complexes. Des gradients de contrainte résiduelle dans une éprouvette peuvent provoquer une propagation non uniforme de la fissure le long du front de fissure.

4.8 La valeur K_{ISCC} est fonction de l'environnement (il convient que ce dernier simule l'environnement en service) et des conditions de charge.

5 Éprouvettes

5.1 Généralités

5.1.1 Des éprouvettes de géométrie fort différente, du type de celles employées pour les essais de ténacité à la rupture, peuvent être utilisées. Les plus courantes sont décrites dans l'ISO 7539-6. Le type d'éprouvette choisi sera fonction de la forme, de la résistance et de la sensibilité à la fissuration par corrosion sous contrainte devant être soumis à essai ainsi que de l'objectif de l'essai.

5.1.2 Les dimensions de l'éprouvette doivent être suffisantes pour maintenir des conditions triaxiales dominantes (régime de déformation plane), qui confinent la déformation plastique au voisinage de la pointe de fissure. Les essais de ténacité à la rupture ont montré que, pour obtenir un mesurage valable de K_{Ic} , il convient que la longueur de la fissure, a , et l'épaisseur, B , ne soient pas inférieures à

$$2,5 \left(\frac{K_{Ic}}{R_{p0,2}} \right)^2$$

et que, lorsque cela est possible, il convient de choisir des éprouvettes plus importantes dans lesquelles a et B sont au moins égales à

$$4 \left(\frac{K_{Ic}}{R_{p0,2}} \right)^2$$

pour obtenir un état mécanique adéquat.

Du point de vue de la mécanique de la rupture, il n'est pas actuellement possible de spécifier une épaisseur minimale conduisant à l'obtention d'une valeur invariante de K_{ISCC} . Un environnement agressif pendant les essais de corrosion sous contrainte peut réduire l'ampleur de la plasticité associée à la rupture et donc les dimensions requises pour l'éprouvette assurant la limitation de la déformation plastique. Toutefois, afin de réduire le plus possible le risque de régime mécanique inadéquat, il convient de retenir des critères équivalents à ceux observés lors des essais de ténacité à la rupture, en

ce qui concerne les dimensions des éprouvettes ; il convient donc que les valeurs a et B ne soient pas inférieures à

$$2,5 \left(\frac{K_I}{R_{p0,2}} \right)^2$$

et qu'elles soient de préférence au moins égales à

$$4 \left(\frac{K_I}{R_{p0,2}} \right)^2$$

où K_I est la valeur de l'intensité de contrainte à garantir pendant l'essai.

Pour vérifier la validité de la première de ces formules, K_I doit être remplacé par le facteur d'intensité de contrainte limite déterminé de cette façon.

5.1.3 Si les éprouvettes doivent servir à déterminer K_{ISCC} , il convient que la taille initiale de l'éprouvette résulte d'une estimation du K_{ISCC} du matériau. Il est préférable, dans un premier temps, de surestimer la valeur K_{ISCC} et donc d'utiliser une éprouvette plus importante que celle qui serait finalement nécessaire. Si les exigences de service impliquent le recours à un matériau d'épaisseur insuffisante pour remplir les critères de validité, il est permis d'utiliser des éprouvettes de semblable épaisseur dès lors qu'il est clairement indiqué que la valeur provisoire de K_{ISCC} obtenue, K_{QSCC} , ne vaut que pour l'application spécifique. Lorsqu'il est nécessaire de déterminer les modalités de propagation des fissures de corrosion sous contrainte, en fonction du facteur d'intensité de contrainte, il convient que la taille de l'éprouvette résulte d'une estimation de l'intensité maximale de contrainte à laquelle les vitesses de propagation de fissure doivent être mesurées.

5.1.4 Il existe un vaste choix de géométries d'éprouvettes adaptées au matériau d'essai, aux installations disponibles et aux objectifs de l'essai. Il est possible d'utiliser deux types principaux d'éprouvettes :

- a) celles destinées à être chargées à l'aide d'un effort de traction ;
- b) celles destinées à être chargées à l'aide d'un effort de flexion.

En d'autres termes, la croissance de la fissure peut être étudiée dans des conditions de charge en traction ou en flexion. Les éprouvettes peuvent être utilisées soit pour déterminer K_{ISCC} en amorçant une fissure de corrosion sous contrainte à partir d'une fissure de fatigue existante en utilisant une série d'éprouvettes, soit pour mesurer des vitesses de propagation de fissure. Les éprouvettes sont chargées pendant l'exposition en milieu d'essai, ce qui permet d'éviter l'inconvénient de périodes d'incubation inutiles.

5.1.5 Les mesurages de la longueur de fissure peuvent être effectués rapidement moyennant un certain nombre de méthodes de surveillance continues, comme la méthode de résistance électrique (voir [Annexe C](#)).

5.1.6 Les éprouvettes pour essai en flexion peuvent en principe être soumises à essai à l'aide d'un dispositif relativement simple d'essai de poutres en porte-à-faux, mais les éprouvettes soumises à des charges en traction nécessitent une machine d'essai de traction.

5.2 Modèle d'éprouvette

5.2.1 Les éprouvettes peuvent être soumises à des efforts de traction ou de flexion. Selon le modèle, les éprouvettes soumises à un effort de traction peuvent subir des contraintes en fond de fissure, qui sont en majorité des contraintes de traction, comme les tôles épaisses à fissure centrale, ou comporter une composante de flexion significative, comme les éprouvettes compactes pour essais de traction chargées au niveau du front de fissure. La présence d'une contrainte de flexion significative en fond de fissure

peut être néfaste à la stabilité du parcours de propagation de la fissure pendant les essais de corrosion sous contrainte et peut favoriser la ramification avec certains matériaux. Les éprouvettes pour essais de flexion peuvent être chargées en trois points, en quatre points ou en porte-à-faux.

5.2.2 La présence d'un infléchissement du parcours de la fissure avec une tendance de la fissure à sortir du plan de propagation peut être évitée à l'aide de rainures latérales.

5.2.3 Certaines géométries d'éprouvette présentent des avantages particuliers qui font qu'elles sont fréquemment utilisées pour les essais de corrosion sous contrainte sous charge croissante/déplacement croissant. Il s'agit notamment

- a) des éprouvettes compactes (CTS) pour essais en traction qui réduisent le plus possible les exigences en matériel ;
- b) des éprouvettes pour essais de flexion chargées en porte-à-faux, en trois points et en quatre points qui sont d'un usinage aisé et permettent des essais peu coûteux ;
- c) des éprouvettes en forme de C qui peuvent être usinées à partir de cylindres à parois épaisses pour étudier la propagation radiale de fissures longitudinales.

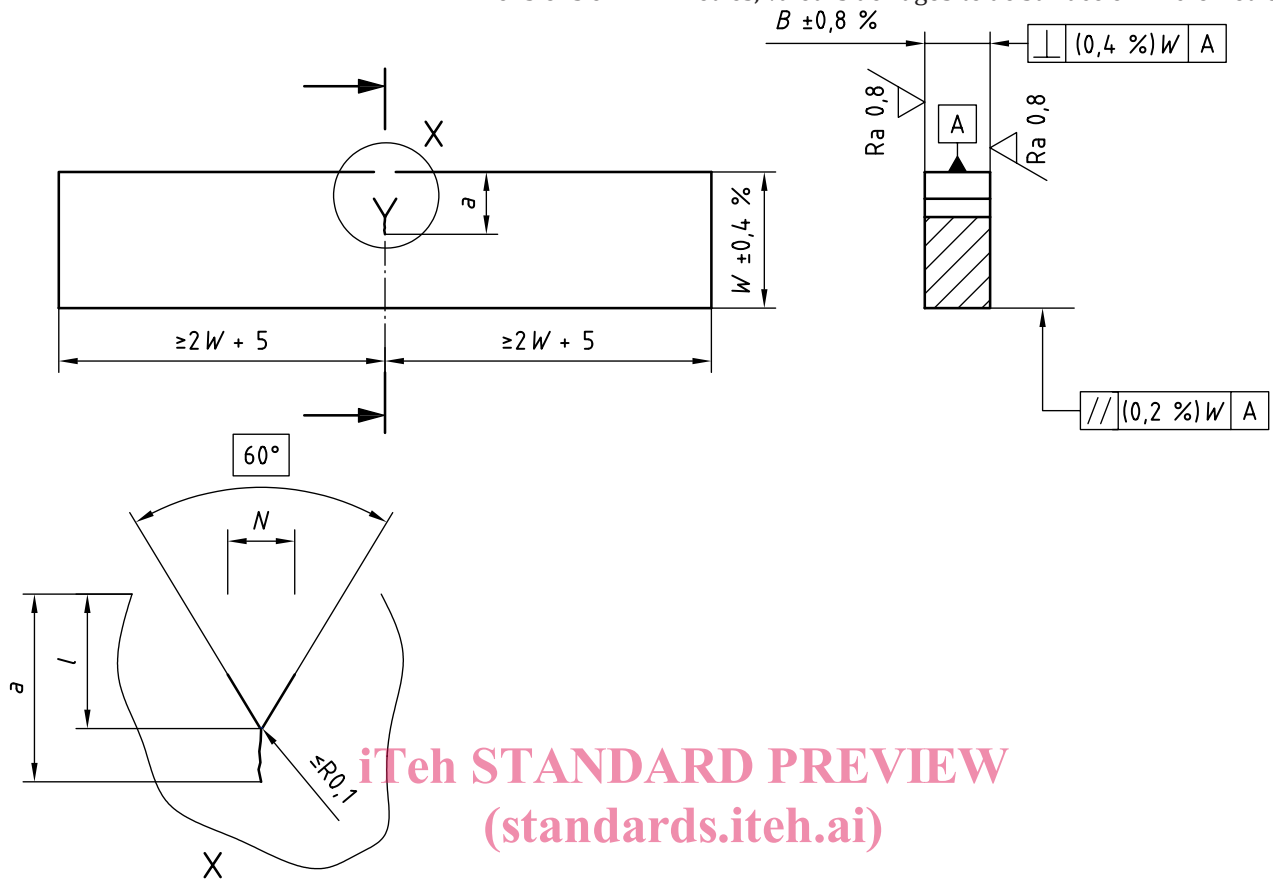
Les [Figures 1 à 3](#) représentent les différents modèles d'éprouvettes normalisées. D'autres exemples de géométrie, notamment la flexion en trois points, sont présentés dans la Référence [7].

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 7539-9:2021](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/71a2e376-96c6-4c15-85c6-1f5ea1086bfe/iso-7539-9-2021>

Dimensions en millimètres, valeurs de rugosité de surface en micromètres

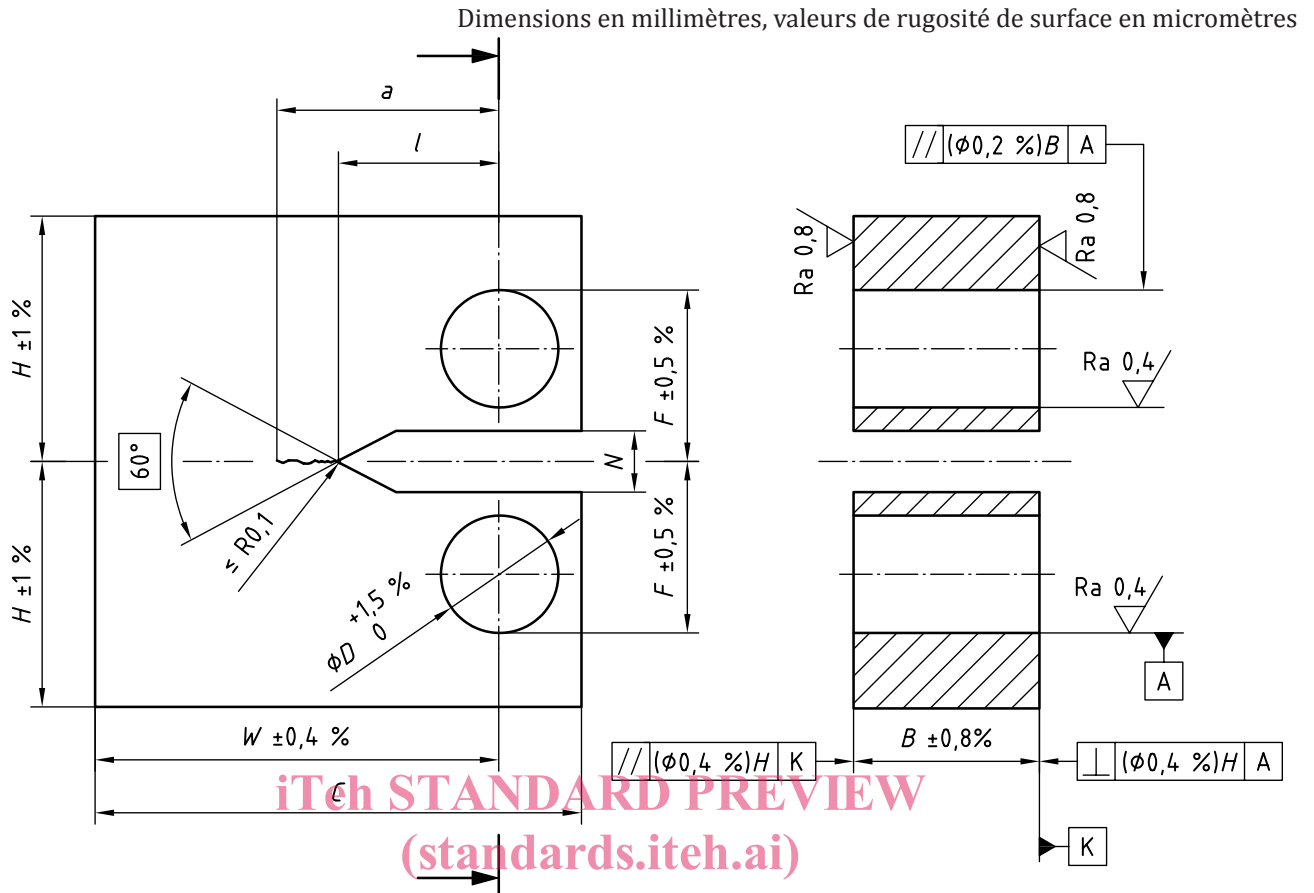


STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Légende

- a longueur effective de la fissure, $a = 0,45W$ à $0,55W$
- B épaisseur, $B = 0,5W$
- l longueur effective de l'entaille, $l = 0,25W$ à $0,45W$
- N largeur de l'entaille, $N = 0,065W$ maximum (si $W > 25$ mm) ou 1,5 mm maximum (si $W \leq 25$ mm)
- W largeur

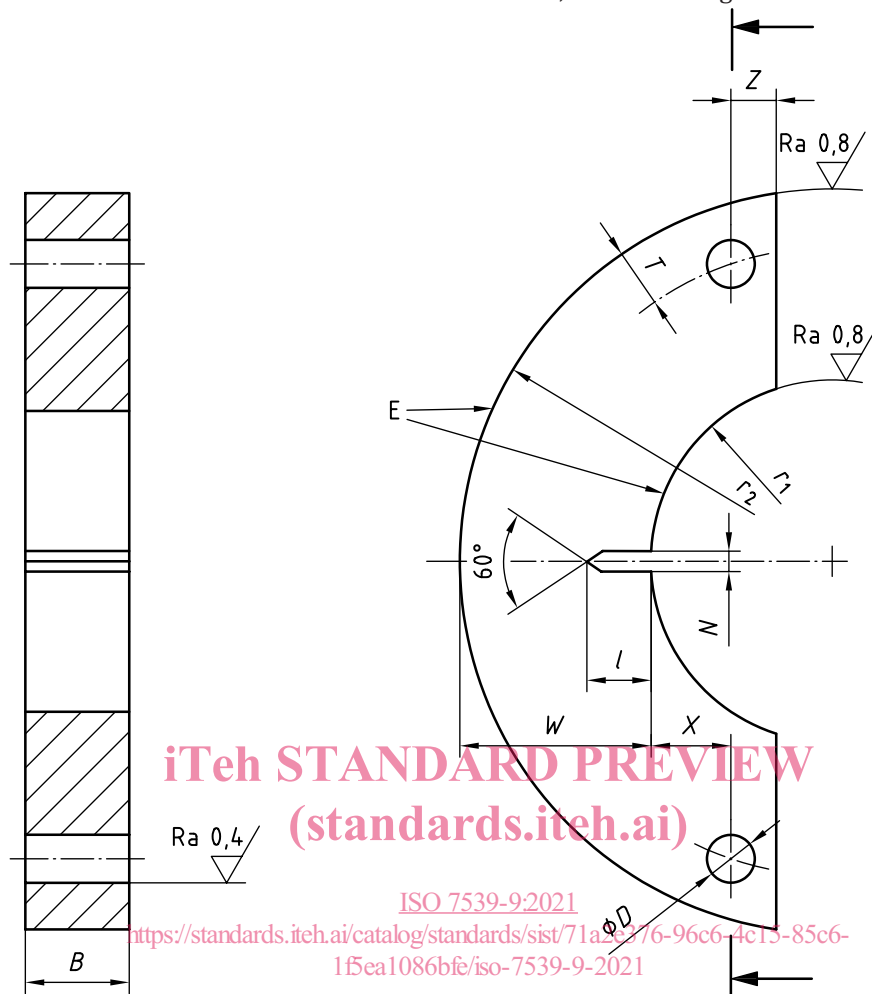
Figure 1 — Dimensions proportionnelles et tolérances pour des éprouvettes pour sollicitation en flexion en porte-à-faux, en trois points et en quatre points

**Légende**

- ISO 7539-9:2021
<https://standards.itech.ai/couleurs/standards/sist/71a2e376-96c6-4c15-85c6-1f5ea1086bfe/iso-7539-9-2021>
- a longueur effective de la fissure, $a = 0,45W$ à $0,55W$
 - B épaisseur, $B = 0,5W$
 - C largeur totale, $C = 1,25W$ minimum
 - D diamètre de l'ouverture, $D = 0,25W$
 - F demi-distance entre les bords extérieurs de l'ouverture, $F = 1,6D$
 - H demi-hauteur, $H = 0,6W$
 - l longueur effective de l'entaille, $l = 0,25W$ à $0,40W$
 - N largeur de l'entaille, $N = 0,065W$ maximum
 - W largeur nette

Figure 2 — Dimensions proportionnelles et tolérances des éprouvettes compactes pour sollicitation en traction

Dimensions en millimètres, valeurs de rugosité de surface en micromètres



Légende

- B épaisseur, $B = 0,50W \pm 0,01W$
- D diamètres des ouvertures, $D = 0,25W \pm 0,005W$
- l longueur effective de l'entaille, $l = 0,3W$
- N largeur de l'entaille, $N = 1,5$ mm minimum ($0,1W$ maximum)
- r_1 rayon intérieur
- r_2 rayon extérieur
- T distance entre l'axe des ouvertures et la surface extérieure, $T = 0,25W \pm 0,01W$
- W largeur nette
- X distance entre l'axe des ouvertures et la tangente à la surface intérieure, $X = 0,50W \pm 0,005W$
- Z distance entre l'axe des ouvertures et la face de l'éprouvette, $Z = 0,25W \pm 0,01W$

Il convient que toutes les surfaces soient, suivant le cas, perpendiculaires ou parallèles à $0,002W$ TIR près (lecture totale de l'indicateur) et que les surfaces « E » soient perpendiculaires aux surfaces « Y » à $0,02W$ TIR près.

Figure 3 — Dimensions proportionnelles et tolérances des éprouvettes en forme de C

5.2.4 S'il se révèle difficile, par exemple, de maîtriser l'amorçage et/ou la propagation de la fissure de fatigue, une entaille en chevron comme illustrée à la [Figure 4](#) peut être réalisée si nécessaire. Au besoin, son angle de dégagement peut être porté de 90° à 120° .