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

Partie 9:

**Préparation et utilisation des éprouvettes
préfiessurées 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*



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 7539-9:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003>

© ISO 2003

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

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
6 Amorçage et propagation de la fissure de fatigue	16
7 Mode opératoire	18
8 Rapport d'essai	23
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	25
Annexe B (informative) Détermination de la vitesse de propagation de la fissure	26
Annexe C (informative) Informations sur les méthodes indirectes de mesurage de la longueur de fissure	27

(standards.iteh.ai)

[ISO 7539-9:2003](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003>

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 7539-9 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*:

- iTeh STANDARD PREVIEW**
(standards.iteh.ai)
- <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003>
- *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 préfiessurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant*
 - *Partie 7: Essais à faible vitesse de déformation*
 - *Partie 8: Préparation et utilisation des éprouvettes pour évaluer les assemblages soudés*
 - *Partie 9: Préparation et utilisation des éprouvettes préfiessurées pour essais sous charge croissante ou sous déplacement croissant*

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

Partie 9:

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

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 préfiissurées servant à évaluer la sensibilité d'un métal à la 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 de la présente partie de l'ISO 7539, le terme «métal» inclut également les alliages.

1.2 Comme il est nécessaire de maintenir la plasticité en fond de fissure, les éprouvettes préfiissurées 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.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb->

1.3 Les éprouvettes préfiissurées 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 préfiissurées présentent l'avantage de permettre l'acquisition de données dont on peut 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, la valeur K_{ISCC} déterminée par cette méthode peut être inférieure ou égale à celle obtenue par des méthodes de charge ou de déplacement constants et peut être déterminée plus rapidement.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

ISO 7539-6:—¹⁾, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 6: Préparation et utilisation des éprouvettes pré-fissurées pour essais sous charge constante ou sous déplacement constant*

ISO 7539-7:—²⁾, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de corrosion sous contrainte — Partie 7: Essais à faible vitesse de déformation*

ISO 11782-2:1998, *Corrosion des métaux et alliages — Essais de fatigue-corrosion — Partie 2: Essais d'amorce de rupture sur des éprouvettes pré-fissurées*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions données dans l'ISO 7539-6 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

\dot{V}_{LL}
déflexion à 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 plage du facteur d'intensité de contrainte de fatigue

ΔK_f
différence algébrique entre le facteur maximal et le facteur minimal d'intensité de contrainte d'un cycle

3.4 vitesse de déplacement

(dq/dt)
vitesse de la croissance de la déflexion 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), pourrait 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 permettent de quantifier la contrainte existante en front d'une 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 on a créé une fissure 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 fissures en milieu donné, en termes de facteur d'intensité de contrainte limite, K_{ISCC} , et de cinétique de propagation.

1) À publier. (Révision de l'ISO 7539-6:1989)

2) À publier. (Révision de l'ISO 7539-7:1989)

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 due à la corrosion sous contrainte est influencée à la fois par des facteurs mécaniques et par des facteurs 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 se peut que l'on ne puisse 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, qui simule l'environnement en service et les conditions de charge.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5 Éprouvettes

[ISO 7539-9:2003](#)

5.1 Généralités <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/386e443e-0894-4663-87eb-d1d450b57f9b/iso-7539-9-2003>

5.1.1 On peut utiliser des éprouvettes de géométrie fort différentes, du type de celles qu'on emploie pour les essais de ténacité à la rupture. Celles qui sont le plus couramment utilisées 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 du matériau à essayer ainsi que de l'objectif de l'essai.

5.1.2 Il faut absolument que les dimensions de l'éprouvette soient 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 rupture révèlent que, pour obtenir une estimation valable de K_{Ic} , il faut 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 qu'il est recommandé de choisir des éprouvettes plus importantes dans lesquelles a et B sont au moins égaux 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, on ne peut spécifier pour l'heure d'épaisseur minimale conduisant à l'obtention d'une valeur invariante de $K_{I\text{SCC}}$. 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 au minimum le risque de régime mécanique inadéquat, il est recommandé de retenir des critères équivalents à ceux observés lors des essais d'endurance à la rupture, en ce qui concerne les dimensions des éprouvettes, c'est-à-dire qu'il faut que a et B ne soient pas inférieurs à

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

et qu'il soient de préférence au moins égaux 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, en MPa/m.

Pour tester la validité de la première de ces expressions, il faut remplacer K_I par le facteur d'intensité de contrainte limite déterminé de cette façon.

5.1.3 Si les éprouvettes doivent servir à déterminer $K_{I\text{SCC}}$, il faut que la taille initiale de l'éprouvette résulte d'une estimation du $K_{I\text{SCC}}$ du matériau (il est préférable, dans un premier temps, de surestimer la valeur $K_{I\text{SCC}}$ et donc d'utiliser une éprouvette plus importante que celle à laquelle on finirait par aboutir). 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'on indique clairement que le facteur d'intensité de contrainte limite obtenu, $K_{I\text{SCC}}$, ne vaut que pour l'application spécifique. Quand on doit 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 on doit mesurer les vitesses de propagation de fissure.

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. On peut utiliser deux types principaux d'éprouvettes

- a) celles destinées à être chargées à l'aide d'un effort de traction;
- b) celles qui sont 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 $K_{I\text{SCC}}$ 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 mesures de la longueur de fissure peuvent être effectuées rapidement moyennant un certain nombre de méthodes de surveillance continues, comme la méthode de résistance électrique.

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 Définition de l'éprouvette

5.2.1 Les éprouvettes peuvent être soumises à des efforts de traction ou de flexion. Selon leur définition, 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, quatre points ou en porte-à-faux.

5.2.2 La présence d'un infléchissement du parcours de la fissure avec 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'on les utilise fréquemment pour les essais de corrosion sous contrainte sous charge croissante/déplacement croissant. On retiendra

- a) les éprouvettes compactes (CTS) pour essais en traction qui limitent au minimum les exigences en matériel;
- b) les éprouvettes de type poutre pour flexion en porte-à-faux qui sont d'un usinage aisé et permettent des essais peu coûteux;
- c) les 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 types d'éprouvettes standards.

5.2.4 S'il s'avère difficile, par exemple, de maîtriser l'amorçage et/ou la propagation de la fissure de fatigue, on peut réaliser une entaille en chevron comme le montre la Figure 4. Au besoin, son angle de dégagement peut être porté de 90° à 120°.

5.2.5 Lorsqu'il est nécessaire de mesurer les déplacements associés à l'ouverture de fissure, des biseaux permettant de placer les jauges de déplacement peuvent être usinés entre les lèvres de l'entaille, comme le montre la Figure 5a). Des biseaux séparés peuvent être soit vissés, soit collés sur l'éprouvette sur les bords opposés de l'entaille, comme le montre la Figure 5b). La Figure 6 donne les détails de réalisation d'une jauge de déplacement d'une poutre conique.

5.3 Considérations concernant le facteur d'intensité de contrainte

5.3.1 La théorie de l'élasticité permet de démontrer que l'intensité de la contrainte, K_I , agissant au front d'une fissure sur des éprouvettes ou des structures de géométries différentes peut être exprimée par des équations du type

$$K_I = Q \times \sigma \times \sqrt{a}$$

où

Q est une constante géométrique sans dimension;

σ est la contrainte appliquée, en MPa;

a est la longueur de la fissure, en mètres.

5.3.2 On peut établir la valeur K_I des éprouvettes de géométrie particulière en effectuant une analyse de contrainte par éléments finis, ou par calcul expérimental ou théorique de la compliance de l'éprouvette.

5.3.3 On peut calculer les valeurs de K_I en appliquant un coefficient d'intensité de contrainte (sans dimension), Y , relatif à la longueur de fissure et exprimé par a/W au moyen d'une équation du type

$$K_I = \frac{YP}{B\sqrt{W}}$$

pour les éprouvettes compactes pour essais en traction et en forme de C, où W est la largeur de l'éprouvette, en mètres et P la charge appliquée.

5.3.4 Lorsqu'il est nécessaire d'utiliser des éprouvettes à rainures latérales pour freiner les tendances à la ramification, on peut employer des rainures latérales peu profondes (généralement 5 % de l'épaisseur de l'éprouvette, des deux côtés). On peut prévoir des rainures semi-circulaires ou en V à 60°, mais il convient de noter que, même en présence de rainures latérales semi-circulaires d'une profondeur égale à 50 % de l'épaisseur de l'éprouvette, il n'est pas toujours possible de maintenir la fissure dans le plan de propagation voulu. En présence de rainures latérales, l'effet d'épaisseur réduite, B_n , sur l'intensité de la contrainte peut être pris en compte en remplaçant B par $\sqrt{BB_n}$ dans l'expression ci-dessus. Il demeure que l'effet d'un rainurage latéral sur le facteur d'intensité de contrainte est loin d'être connu et il convient de manier les facteurs de correction avec précaution, notamment en présence de rainures latérales profondes.

5.3.5 Les Figures 7 à 9 proposent des solutions de Y pour les éprouvettes de géométrie courante en matière d'essai de corrosion sous contrainte.

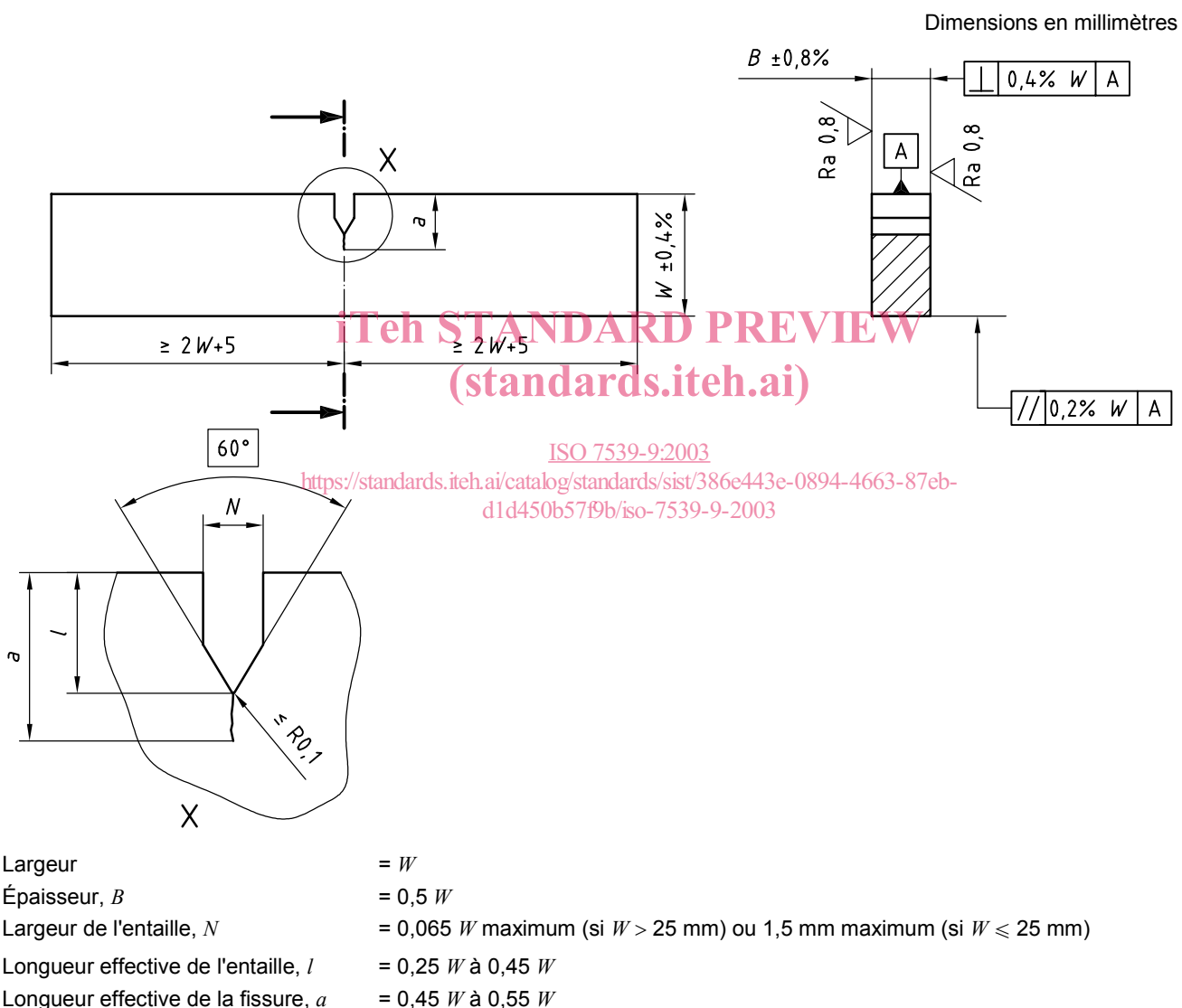
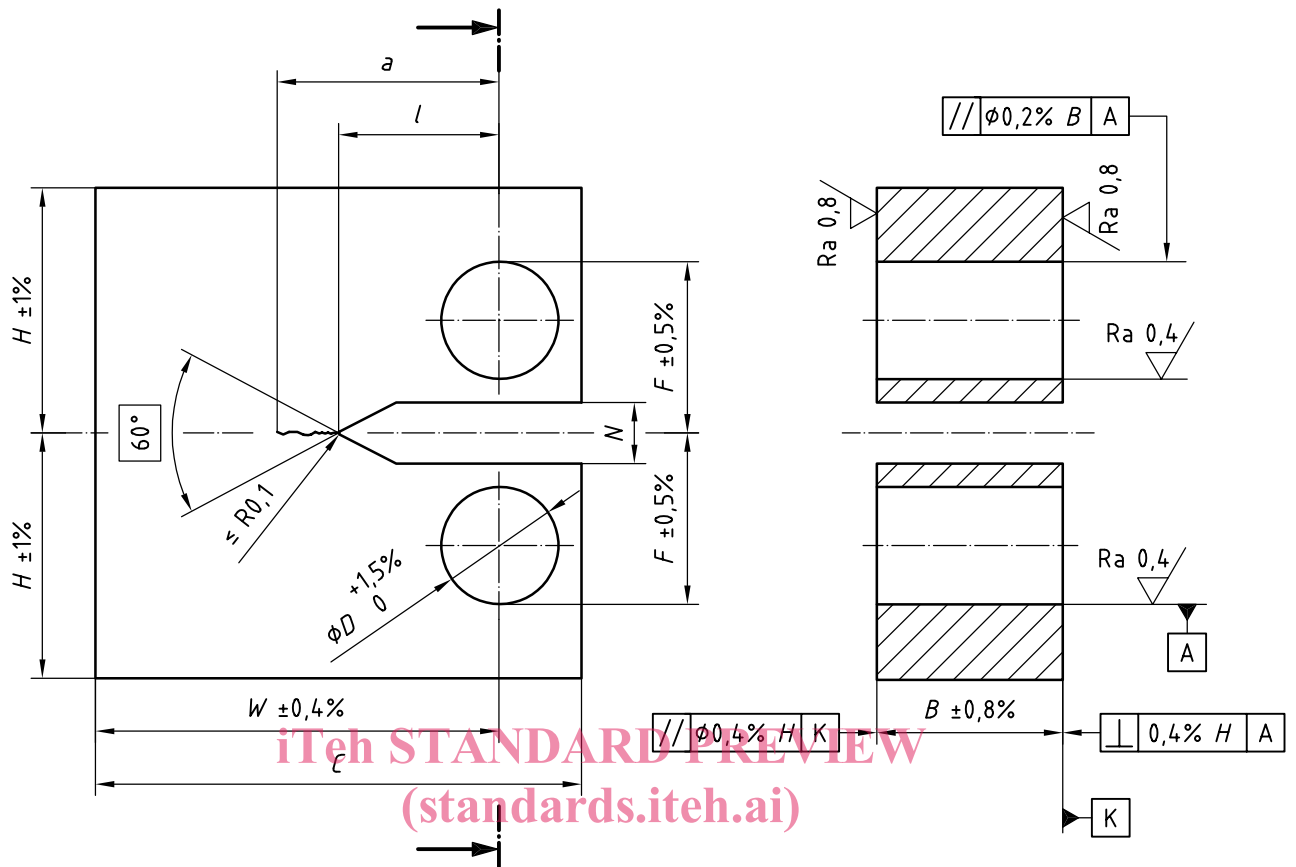


Figure 1 — Dimensions proportionnelles et tolérances des éprouvettes de type poutre pour sollicitation en flexion en porte-à-faux

Dimensions en millimètres

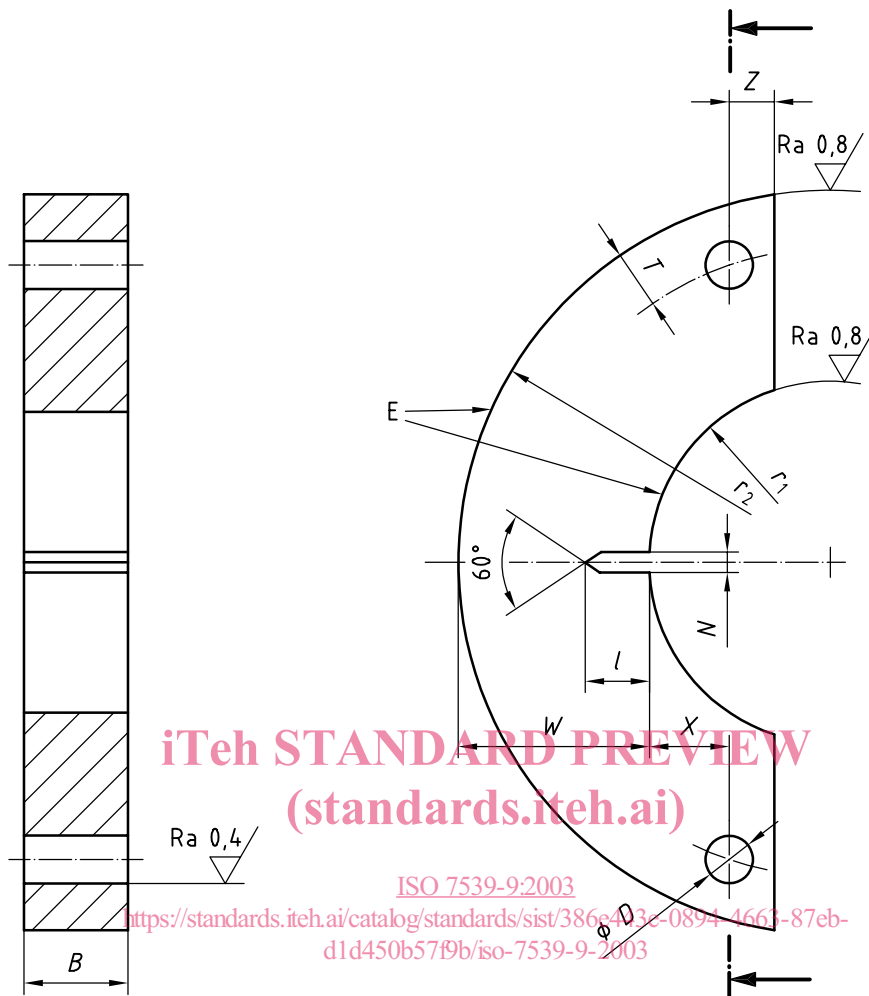


ISO 7539-9:2003

Largeur nette	$= W$
Largeur totale, C	$= 1,25 W$ minimum
Épaisseur, B	$= 0,5 W$
Demi-hauteur, H	$= 0,6 W$
Diamètre de l'ouverture, D	$= 0,25 W$
Demi-distance entre les bords extérieurs de l'ouverture, F	$= 1,6 D$
Largeur de l'entaille, N	$= 0,065 W$ maximum
Longueur effective de l'entaille, l	$= 0,25 W$ à $0,40 W$
Longueur effective de la fissure, a	$= 0,45 W$ à $0,55 W$

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

Dimensions en millimètres



Largeur nette	= W
Épaisseur B	= $0,50 W \pm 0,01 W$
Distance entre l'axe des ouvertures et la tangente au rayon intérieur, X	= $0,50 W \pm 0,005 W$
Largeur de l'entaille, N	= 1,5 mm minimum (0,1 W maximum)
Profondeur de l'entaille, l	= $0,3 W$
Distance entre l'axe des ouvertures et la face de l'échantillon, Z	= $0,25 W \pm 0,01 W$
Distance entre l'axe des ouvertures et la surface extérieure, T	= $0,25 W \pm 0,01 W$
Diamètre des ouvertures, D	= $0,25 W \pm 0,005 W$

NOTE Il convient que toutes les surfaces soient, selon le cas, perpendiculaires ou parallèles à 0,002 W TIR près, les surfaces «E» devant être perpendiculaires aux surfaces «Y» à 0,002 W TIR près.

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