
**Matériaux métalliques — Détermination
du facteur d'intensité de contrainte
critique**

Metallic materials — Determination of plane-strain fracture toughness

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 12737:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005>



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 12737:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005>

© ISO 2005

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.....	1
4 Symboles et désignations	2
5 Principe.....	2
6 Appareillage	4
6.1 Machine d'essai et mesurage de la force	4
6.2 Machine de fissuration par fatigue	4
6.3 Capteur de déplacement.....	4
6.4 Dispositifs d'essai.....	5
7 Dimensions, configuration et préparation des éprouvettes.....	5
7.1 Dimensions des éprouvettes.....	5
7.2 Proportions recommandées des éprouvettes	5
7.2.1 Éprouvettes recommandées.....	5
7.2.2 Autres proportions	5
7.2.3 Autres configurations d'éprouvette (pour information uniquement)	5
7.2.4 Entaille pour l'amorçage de la fissure de fatigue	5
7.3 Préparation des éprouvettes et amorçage de la fissuration par fatigue.....	6
7.3.1 État du matériau.....	6
7.3.2 Orientation du plan de la fissure.....	7
7.3.3 Usinage	7
7.3.4 Pré-fissuration par fatigue	7
8 Mode opératoire	8
8.1 Mesurage de l'éprouvette.....	8
8.2 Température d'essai de l'éprouvette	8
8.3 Dispositif de mesurage pour les éprouvettes de flexion.....	8
9 Mode opératoire d'essai.....	8
10 Calcul et interprétation des résultats	9
11 Rapport d'essai.....	9
Annexe A (normative) Pré-fissuration par fatigue d'éprouvettes pour la détermination de K_{Ic}	11
Annexe B (normative) Éprouvette de flexion	12
Annexe C (normative) Éprouvette compacte	14
Annexe D (informative) Dispositifs d'essai.....	16
Bibliographie	18

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 12737 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 4, *Essais de ténacité — Fracture (F), Pendulum (P), Déchirage (T)*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 12737:1996), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore les modifications apportées par le projet d'Amendement 1:2004, *Recommandations concernant la température de l'éprouvette et l'orientation du plan de fissuration*.

Matériaux métalliques — Détermination du facteur d'intensité de contrainte critique

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie la méthode ISO permettant de déterminer le facteur d'intensité de contrainte critique des matériaux métalliques homogènes sur une éprouvette entaillée et préfissurée par fatigue, puis soumise à un écartement lent des lèvres de la fissure.

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 7500-1, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Vérification et étalonnage du système de mesure de force*

ISO 9513:1999, *Matériaux métalliques — Etalonnage des extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux*

ISO 12737:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005>

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

facteur d'intensité de contrainte

K_I

grandeur du champ de contrainte élastique au fond d'une fissure soumise à écartement en mode d'ouverture (mode I)

NOTE Sa valeur dépend de la force appliquée, de la taille et de la forme de l'éprouvette ainsi que de la longueur de la fissure, et elle a pour dimension le produit de la charge par la longueur à la puissance $-3/2$.

3.2

facteur d'intensité de contrainte critique

K_{Ic}

mesure, par le mode opératoire spécifié dans la présente méthode, de la résistance à la propagation d'une fissure dans un matériau dont l'état de contrainte à fond de fissure correspond principalement à une déformation plane, la déformation plastique étant limitée

NOTE C'est la valeur critique de K_I à laquelle se produit une propagation significative de la fissuration sous l'effet d'une augmentation de la charge entraînant une contrainte élevée, puis une déformation plastique.

3.3

orientation du plan de la fissure

méthode permettant de lier le plan et la direction de propagation d'une fissure aux directions caractéristiques du produit

NOTE Le code utilisé comprend un trait d'union. La ou les lettres précédant ce trait d'union représentent la direction perpendiculaire au plan de la fissure, tandis que la ou les lettres suivant le trait d'union représentent la direction prévue de propagation de la fissure (voir Figure 1). Pour les métaux corroyés, la lettre X correspond toujours à la direction de déformation principale (sens maximal d'écoulement des grains du produit ou fibrage), la lettre Y à la direction de moindre déformation et la lettre Z à la direction perpendiculaire au plan X-Y. Lorsque l'orientation de l'éprouvette ne coïncide pas avec les directions caractéristiques du produit, les deux lettres servent à indiquer la normale au plan de fissuration et/ou la direction attendue de propagation de la fissure (voir Figure 1). En cas d'absence de fibrage dans le produit (par exemple dans les pièces moulées), les axes de référence peuvent être fixés arbitrairement, mais ils doivent être clairement identifiés.

3.4 ouverture des lèvres de la fissure

V
déplacement mesuré au niveau des lèvres de la fissure ou à proximité

4 Symboles et désignations

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants s'appliquent (voir aussi Figures 1, 2 et 4).

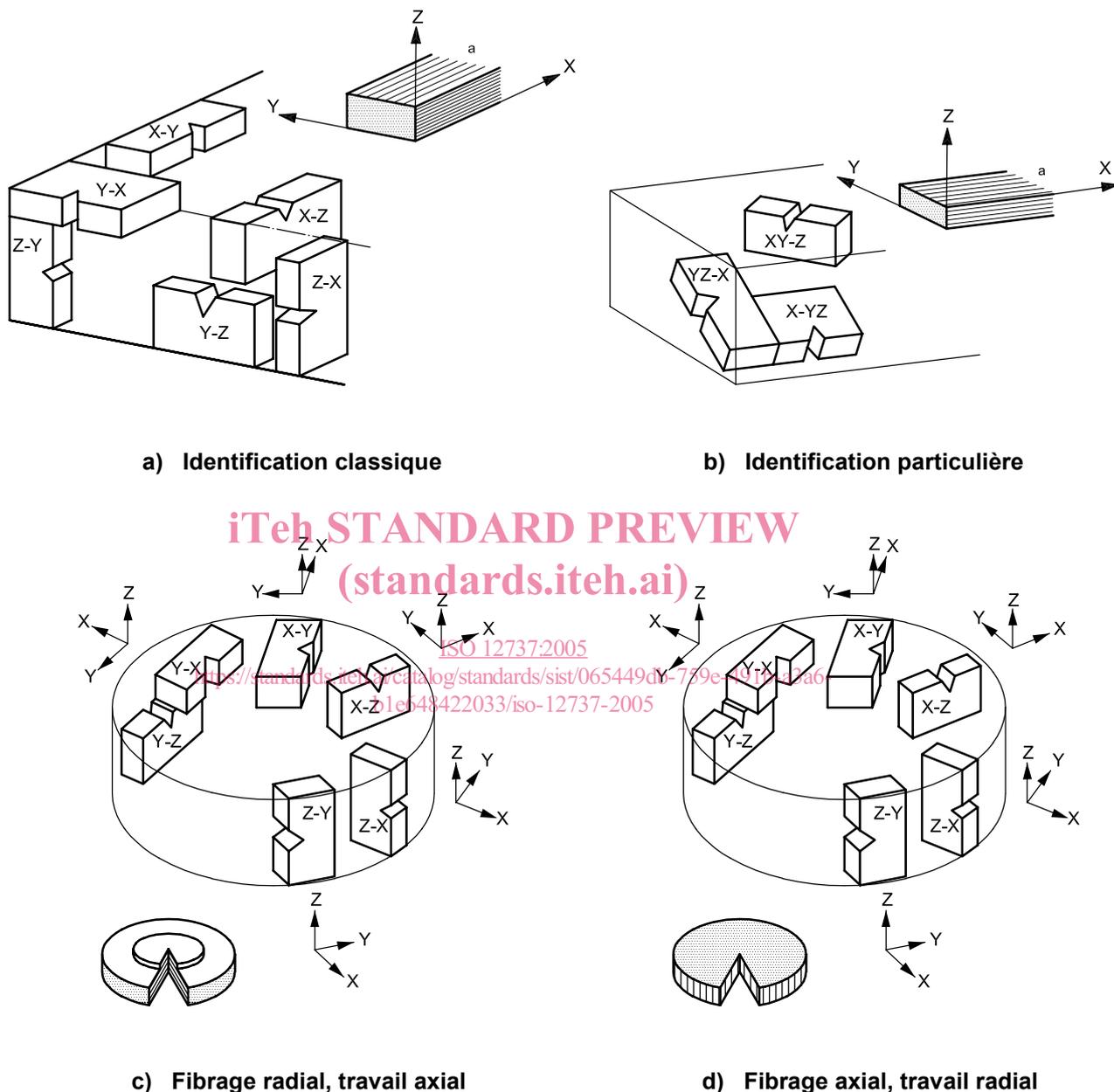
Symbole	Unité	Désignation
a	mm	Longueur de fissure
B	mm	Épaisseur de l'éprouvette
E	MPa	Module de Young
F	kN	Force appliquée
F_Q	kN	Valeur particulière de F (voir Figure 4)
F_5	kN	Valeur particulière de F (voir Figure 4)
K_f	MPa·m ^{1/2} a	Valeur maximale du facteur d'intensité de contrainte au stade final de la fissuration sous contrainte
K_Q	MPa·m ^{1/2}	Valeur provisoire de K_{Ic}
K_I	MPa·m ^{1/2}	Facteur d'intensité de contrainte en mode d'ouverture (mode I)
K_{Ic}	MPa·m ^{1/2}	Valeur critique de K_I (facteur d'intensité de contrainte critique)
R	—	Rapport de la force minimale à la force maximale de fissuration par fatigue pendant un cycle quelconque en fatigue
$R_{p0,2}$	MPa	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %
S	mm	Distance entre points de chargement extérieurs
V	mm	Ouverture des lèvres de la fissure
W	mm	Largeur d'une éprouvette de flexion ou largeur utile d'une éprouvette compacte
ΔK_I	MPa·m ^{1/2}	Différence entre les valeurs maximale et minimale de K_I pendant un cycle quelconque en fatigue

^a 0,031 6 MPa·m^{1/2} = 1 N·mm^{-3/2} = 0,031 6 MN·m^{-3/2}.

5 Principe

La présente méthode porte sur la détermination de la valeur du facteur d'intensité de contrainte critique, K_{Ic} , des matériaux métalliques par augmentation de la force sur des éprouvettes pré-fissurées en fatigue. Les précisions concernant les éprouvettes et les modes opératoires expérimentaux sont donnés dans les Annexes B et C. La courbe force-déplacement des bords de l'entaille est enregistrée automatiquement sur un graphique ou convertie sous forme numérique et mise en mémoire dans un ordinateur pour traitement

ultérieur. La force correspondant à un allongement apparent de 2 % de la dimension de la fissure est déterminée par un écart spécifié par rapport à la partie linéaire de la courbe enregistrée. Lorsque certaines exigences de validité ont été établies, la valeur de K_{Ic} peut être calculée à partir de cette force.



a Fibrage.

Figure 1 — Identification du plan de fissuration

La propriété K_{Ic} caractérise la résistance à la rupture d'un matériau présentant une fissure aiguë de fatigue sous forte contrainte de traction, de manière que:

- a) l'état de la contrainte à proximité du front de fissure soit proche de celui d'une déformation plane;

- b) la zone plastique au fond de la fissure soit petite par rapport à la dimension de la fissure, à l'épaisseur de l'éprouvette et au ligament en avant de la fissure.

K_{IC} est censé représenter la valeur inférieure limite de ténacité à la rupture correspondant aux conditions d'environnement et de température de l'essai.

Des charges cycliques ou statiques peuvent provoquer une propagation des fissures pour des valeurs de K_I inférieures à K_{IC} . L'allongement de la fissure soumise à une charge cyclique ou statique peut être affecté par la température et l'environnement de l'essai. En conséquence, avant d'appliquer K_{IC} au calcul des éléments, il convient de savoir si les conditions d'utilisation réelles sont différentes de celles des essais en laboratoire.

Lors des essais de détermination du facteur d'intensité critique, il n'est pas possible d'être assuré à l'avance qu'une mesure valable de K_{IC} sera toujours obtenue.

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai et mesurage de la force

La machine d'essai doit être étalonnée conformément à l'ISO 7500-1 et doit être au minimum de la classe 1. Elle doit pouvoir donner un enregistrement graphique automatique de la force appliquée à l'éprouvette ou être raccordée à un système informatique d'acquisition des données permettant d'enregistrer les forces et les déplacements pour une analyse ultérieure. La combinaison d'un capteur de force et d'un enregistreur doit permettre de déterminer la force F_Q (définie à l'Article 10), à partir de l'enregistrement de l'essai, avec une exactitude de $\pm 1\%$.

iTeh STANDARD PREVIEW

6.2 Machine de fissuration par fatigue (standards.iteh.ai)

La machine de fissuration par fatigue et le dispositif indicateur de force doivent, si possible, être étalonnés en statique conformément à l'ISO 7500-1 et doivent au minimum être de classe 2. Si la machine de fissuration ne peut pas être étalonnée en statique, la force appliquée doit être connue avec une exactitude de $\pm 2,5\%$. Un alignement soigneux de l'éprouvette et du montage est nécessaire pour promouvoir des fissures de fatigue droites. Le montage doit être tel que la contrainte est répartie uniformément dans toute l'épaisseur de l'éprouvette et symétrique par rapport au plan prévisible de l'entaille.

6.3 Capteur de déplacement

Le capteur de déplacement doit indiquer le déplacement relatif (V) de deux points disposés avec précision de part et d'autre de l'ouverture de l'entaille. Sa conception, ainsi que celle des lames, doit permettre une libre rotation des points de contact entre le capteur et l'éprouvette.

Le capteur de déplacement doit être étalonné conformément à l'ISO 9513 (interprétée en fonction de la présente méthode) et doit au minimum être de classe 1. Cet étalonnage doit toutefois être renouvelé au moins une fois par semaine pendant toute la période d'utilisation du capteur. Des vérifications périodiques, à fréquence plus grande, peuvent être requises en fonction de l'utilisation et des accords contractuels.

La vérification du capteur doit être faite à la température de l'essai à $\pm 5^\circ\text{C}$. La réponse du capteur doit correspondre à celle de l'appareil d'étalonnage à $\pm 0,003\text{ mm}$, si le déplacement est inférieur ou égal à $0,3\text{ mm}$ et à $\pm 1\%$ pour des valeurs supérieures.

La détermination d'une valeur de déplacement absolue n'est pas nécessaire étant donné que la méthode ne mesure que les variations du déplacement. Deux modèles de capteurs ayant fait leurs preuves sont donnés comme exemples en [1] et en [2] (voir la Bibliographie) et des capteurs similaires sont disponibles dans le commerce.

6.4 Dispositifs d'essai

L'essai de flexion doit être effectué à l'aide d'un dispositif conçu pour réduire le plus possible les frottements tout en permettant aux rouleaux supports de tourner et de se déplacer légèrement en translation lorsque l'éprouvette est chargée, ce qui assure un maintien du contact pendant le roulement. Un dispositif adapté à l'essai des éprouvettes en flexion est représenté à la Figure D.1.

Un dispositif de chargement à étriers adapté aux éprouvettes compactes est représenté à la Figure D.2.

7 Dimensions, configuration et préparation des éprouvettes

7.1 Dimensions des éprouvettes

Pour qu'un résultat puisse être considéré comme valide conformément à la présente méthode, l'épaisseur de l'éprouvette (B), la longueur de la fissure (a) et la longueur du ligament ($W - a$) doivent chacun être au moins égaux à $2,5 (K_{Ic}/R_{p0,2})^2$, où $R_{p0,2}$ est la limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % du matériau dans l'environnement et à la température de l'essai. Le respect de cette exigence ne peut pas être garanti à l'avance. Il convient donc, pour le premier essai de la série, de sélectionner une éprouvette de dimensions supérieures. Si la forme du matériau disponible ne permet pas d'obtenir une éprouvette d'épaisseur, de longueur de fissure et de longueur de ligament égales ou supérieures à $2,5 (K_{Ic}/R_{p0,2})^2$, la méthode ne permet pas d'effectuer une mesure valable de K_{Ic} .

7.2 Proportions recommandées des éprouvettes

7.2.1 Éprouvettes recommandées

Les éprouvettes recommandées sont représentées aux Figures B.1 et C.1. Leur largeur nominale (W) est le double de l'épaisseur (B), et la longueur de fissure (a) est comprise entre 0,45 fois et 0,55 fois la largeur.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/065449db-759e-491b-a3a6-b1e648422033/iso-12737-2005>

7.2.2 Autres proportions

Dans certains cas, il peut être nécessaire ou souhaitable d'utiliser des éprouvettes présentant un rapport W/B différent de 2. D'autres proportions sont donc admises (voir l'Annexe B ou l'Annexe C). Les éprouvettes de proportions différentes doivent néanmoins avoir le même rapport longueur de fissure/largeur (a/W) que les éprouvettes recommandées.

7.2.3 Autres configurations d'éprouvette (pour information uniquement)

Par accord préalable, il est possible d'utiliser d'autres configurations d'éprouvettes et les méthodes d'analyse associées, pourvu qu'elles soient normalisées par un Comité membre ISO dans ses normes nationales de mesurage de K_{Ic} , y compris les normes ayant pour objectif de mesurer à la fois K_{Ic} et J ou K_{Ic} et l'écartement à fond de fissure (CTOD, *crack tip opening displacement*), par exemple [2] et [3].

7.2.4 Entaille pour l'amorçage de la fissure de fatigue

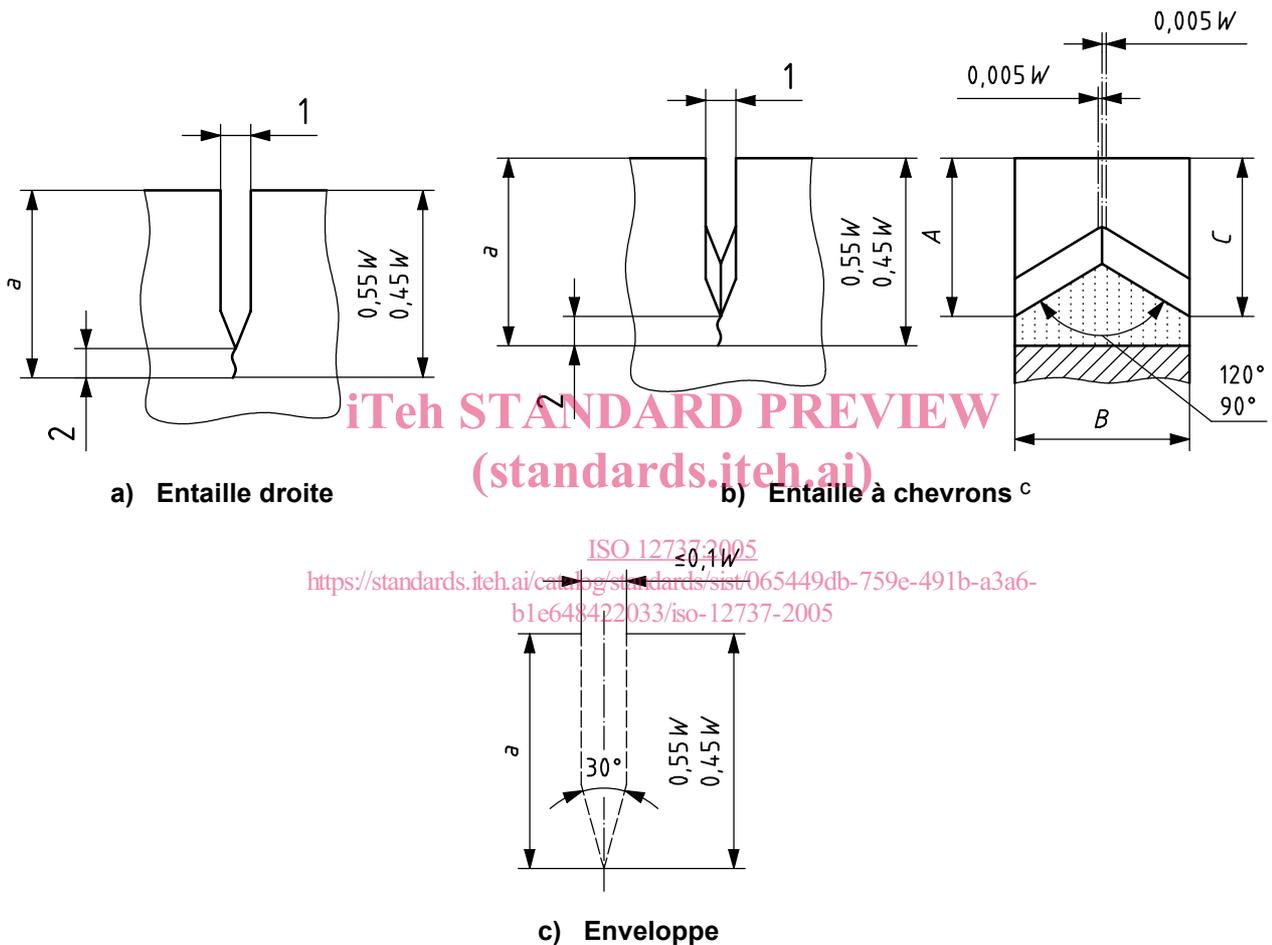
Deux configurations d'entaille pour l'amorçage de la fissure de fatigue sont représentées à la Figure 2, a) et b). Le rayon préconisé à fond d'entaille pour une entaille droite terminée par un V est de 0,10 mm ou moins. Pour les entailles à chevrons, le rayon préconisé à fond d'entaille est de 0,25 mm ou moins. La méthode de préparation de l'entaille est laissée à la discrétion de l'utilisateur. L'entaille d'amorçage de fissure (et la fissure de fatigue) doivent se trouver à l'intérieur de l'enveloppe représentée à la Figure 2 c) (voir l'Annexe A).

Deux types de lames pour la fixation du capteur de déplacement sont illustrés à la Figure 3.

7.3 Préparation des éprouvettes et amorçage de la fissuration par fatigue

7.3.1 État du matériau

Toutes les éprouvettes doivent être soumises à l'essai à l'état final de traitement thermique d'écroissage mécanique et de conditionnement d'environnement. Elles doivent aussi normalement être usinées dans ces conditions. Cependant, si le matériau ne peut pas être usiné à son état final, le traitement final peut être effectué après usinage dans la mesure où l'éprouvette respecte les exigences requises de dimensions et de tolérances, de forme et d'état de surface (voir Figures B.1 et C.1), et qu'il soit tenu compte de l'influence des dimensions de l'éprouvette sur l'état métallurgique lors de l'application de certains traitements thermiques (par exemple la trempe à l'eau des aciers).



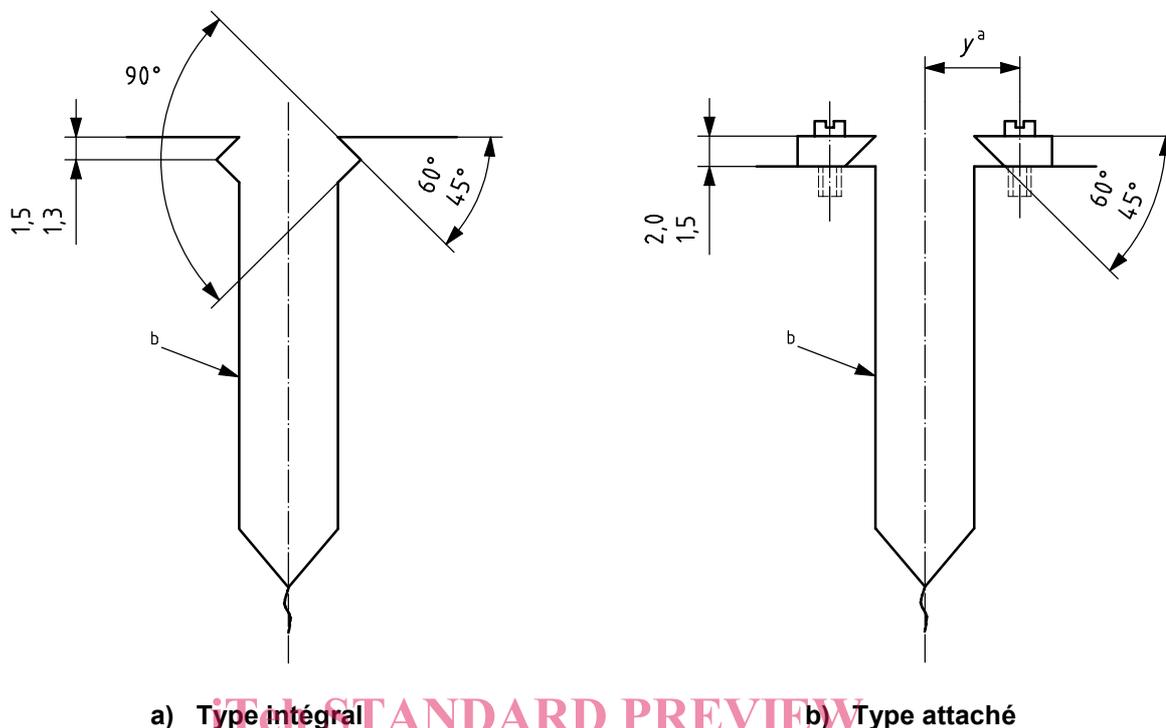
Légende

- 1 largeur d'entaille^a
- 2 fissure de fatigue^b

- ^a L'entaille d'amorçage de fissure doit être perpendiculaire aux surfaces de l'éprouvette à $\pm 2^\circ$. La largeur de l'éprouvette ne doit pas dépasser $0,1W$, mais ne doit pas être inférieure à 1,6 mm.
- ^b Pour les entailles droites: rayon préconisé à fond d'entaille de 0,10 mm au maximum; angle des lames de 90° au maximum. La longueur des criques de fatigue sur chacune des faces de l'éprouvette doit être au moins égale à $0,025W$ ou à 1,3 mm, la valeur la plus grande étant retenue.
- ^c Pour les entailles à chevrons: rayon préconisé à fond d'entaille de 0,25 mm au maximum; angle des lames de 90° au maximum; $A = C$ à $\pm 0,01W$. La fissure de fatigue doit apparaître des deux côtés de l'éprouvette.

Figure 2 — Entailles d'amorçage de fissure et enveloppe maximale de l'entaille et de la fissure

Dimensions en millimètres



a) Type intégral

b) Type attaché

Les lames doivent être perpendiculaires aux faces de l'éprouvette et parallèles entre elles à $\pm 0,5^\circ$.

- a La valeur de la somme de $2y^a$ et du diamètre de filetage ne doit pas dépasser $W/2$. Si les lames sont collées ou fixées de manière similaire sur les bords de l'éprouvette, la valeur $2y^a$ doit correspondre à la distance entre les points extrêmes de fixation.
- b Voir Figure 2.

Figure 3 — Détail des lames

7.3.2 Orientation du plan de la fissure

La ténacité à la rupture d'un matériau dépend en général de l'orientation et de la direction de propagation de la fissure, lesquelles dépendent à leur tour des directions principales de la déformation, du fibrage ou de toute autre forme de texture. L'orientation du plan de la fissure doit être définie avant l'usinage (voir 7.3.3), identifiée dans le système de coordonnées spécifié (voir 3.3) et enregistrée (voir Article 11).

7.3.3 Usinage

La taille, la forme, les tolérances dimensionnelles et l'état de surface des éprouvettes doivent être conformes aux exigences fixées dans les Figures B.1 et C.1.

7.3.4 Préfissuration par fatigue

La préfissuration par fatigue doit, en principe, être réalisée à température ambiante sur une éprouvette ayant subi le traitement thermique final, dans son état d'érouissage final et stabilisée dans les conditions d'environnement prévues pour l'essai. Les différentes températures de préfissuration et les traitements thermique, mécanique et environnemental, ne doivent être appliqués entre la préfissuration en fatigue et l'essai que s'ils sont nécessaires pour simuler les conditions d'une application structurelle particulière et si les dimensions et les tolérances sur la forme de l'éprouvette peuvent être respectées. Tout essai de préfissuration par fatigue doit être conduit conformément aux exigences de l'Annexe A.