

NORME
INTERNATIONALE

ISO
12737

Première édition
1996-11-15

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

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
Metallic materials — Determination of plane-strain fracture toughness

ISO 12737:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98434d40-6695-4ffc-8d87-1e28fe0e9e1c/iso-12737-1996>



Numéro de référence
ISO 12737:1996(F)

Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Définitions	1
4	Symboles et leurs significations	2
5	Principe	2
6	Appareillage	4
7	Dimensions, configuration et préparation de l'éprouvette	5
8	Mode opératoire	7
9	Mode opératoire d'essai	8
10	Calcul et interprétation des résultats	8
11	Rapport d'essai	8

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12737:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98434d40-6695-4ffc-8d87-1e28f0e9e1c/iso-12737-1996>

1e28f0e9e1c/iso-12737-1996

Annexes

A	Préfissuration par fatigue d'éprouvettes pour la détermination de K_{Ic}	10
B	Éprouvette de flexion	11
C	Éprouvette compacte	13
D	Dispositifs d'essai	15
E	Bibliographie	17

© ISO 1996

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'éditeur.

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

Imprimé en Suisse

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 vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 12737 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 4, *Essais de ténacité*.

Les annexes A à C font partie intégrante de la présente Norme internationale. Les annexes D et E sont données uniquement à titre d'information.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 12737:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98434d40-6695-4ffc-8d87-1e28fe0e9e1c/iso-12737-1996>

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale prescrit une méthode pour la détermination du facteur d'intensité de contrainte critique des matériaux homogènes métalliques sur une éprouvette entaillée et préfissurée par fatigue, soumise à une force faiblement 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 Norme internationale. 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 Norme internationale 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 7500-1:1986, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction.*

ISO 9513:1989, *Matériaux métalliques — Vérification des extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux.*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 facteur d'intensité de contrainte, K_I : Grandeur du champ de contrainte élastique à l'extrémité de la fissure soumise à un chargement en mode d'ouverture (mode I), dont la valeur dépend de la force appliquée, des dimensions et de la forme de l'éprouvette, ainsi que de la longueur de la fissure, et a les dimensions d'une force multipliée par une longueur à la puissance moins trois demis.

3.2 facteur d'intensité de contrainte critique, K_{Ic} : Mesure, par le mode opératoire de la présente méthode, de la résistance à la propagation d'une fissure d'un matériau lorsqu'il y a un état plan de déformation à proximité du front de celle-ci et que la déformation plastique est limitée.

NOTE — C'est la valeur critique de K_I pour laquelle se produit une propagation significative de la fissure sous l'effet d'une forte contrainte croissante en régime plastique.

3.3 orientation du plan de la fissure: Méthode permettant de lier le plan et la direction de propagation de la fissure aux caractéristiques d'anisotropie du matériau.

NOTE — Le code utilisé comporte un trait d'union. La ou les lettres qui précèdent ce trait d'union représentent la direction perpendiculaire au plan de la fissure, celle ou celles qui le suivent représentent la direction prévue de la propagation de la fissure (voir figure 1). En ce qui concerne les métaux corroyés, la lettre X indique toujours la direction principale d'écoulement des grains, Z indique la direction de la force appliquée, et Y indique la direction perpendiculaire au plan X-Z. Lorsque l'orientation de l'éprouvette ne coïncide pas avec les directions caractéristiques du produit, on utilise deux lettres pour indiquer la normale au plan de la fissure et/ou à la direction prévue de sa propagation [voir figure 1 b)]. En l'absence de fibrage (cas d'une pièce moulée), les axes de référence peuvent être arbitraires mais doivent être clairement identifiés.

3.4 variation de l'ouverture de l'entaille, V: Variation mesurée sur ou à proximité des lèvres de l'entaille.

4 Symboles et leurs significations

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les symboles suivants s'appliquent (voir également figures 1, 2 et 4).

Symbole	Unité	Signification
a	mm	Longueur de la fissure
B	mm	Épaisseur de l'éprouvette
E	MPa	Module d'Young
F	kN	Charge 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} *)	Facteur d'intensité de contrainte maximal au cours du stade final de la fissuration par fatigue
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 charge maximale à la charge minimale appliquées en fissuration par fatigue pendant un cycle de contrainte
$R_{p0,2}$	MPa	Limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 %
S	mm	Portée entre les points d'application de la charge
V	mm	Variation de l'ouverture de l'entaille
W	mm	Largeur de l'éprouvette de flexion ou largeur utile de l'éprouvette compacte
ΔK_I	MPa·m ^{1/2}	Différence entre les valeurs maximale et minimale de K_I pendant un cycle de fatigue

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

5 Principe

L'essai porte sur la détermination de la valeur critique du facteur d'intensité de contrainte (K_{Ic}) de matériaux métalliques par augmentation de la charge sur des éprouvettes préfissurées en fatigue. Les détails concernant les éprouvettes et le mode opératoire sont donnés dans les annexes B et C. La courbe charge/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 charge correspondant à un accroissement apparent de 2 % de la dimension de la fissure est déterminée par un écart spécifié par rapport à la portion 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 charge.

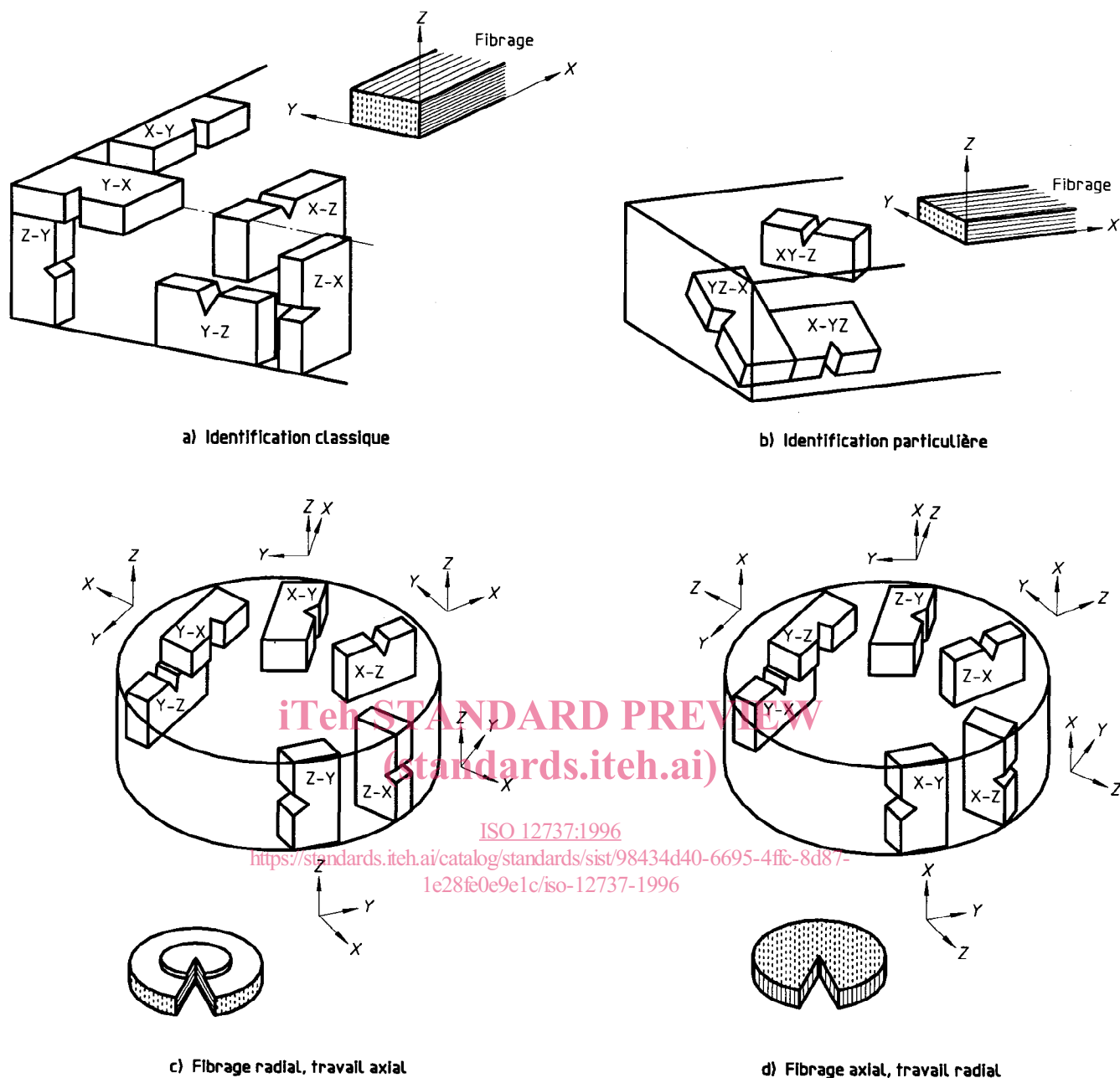


Figure 1 — Identification du plan de la fissure

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

- a) l'état de la contrainte à proximité du front de fissure soit proche d'une déformation plane; et que
- b) la zone plastique de l'extrémité de la fissure soit petite par rapport à la dimension de la fissure, à l'épaisseur de l'éprouvette et au ligament situé à l'avant de la fissure.

La valeur de K_{Ic} représente la valeur inférieure limite de la ténacité de rupture correspondant aux conditions de la température et de l'environnement de l'essai.

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

On ne peut pas, lors des essais de détermination du facteur d'intensité critique, être assuré à l'avance qu'une mesure valable de K_{Ic} sera toujours obtenue.

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai et mesure de la charge

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

6.2 Machine de fissuration par fatigue

La machine de fissuration par fatigue et le dispositif indicateur de charge doivent, si possible, être étalonnés conformément à l'ISO 7500-1 et doivent être au moins de la classe 2. Si la machine de fissuration ne peut pas être étalonnée en statique, la charge appliquée doit être connue avec une précision 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 soit uniforme dans toute l'épaisseur de l'éprouvette et symétrique par rapport au plan de l'entaille.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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'entaille. Sa conception, ainsi que celle des lames, doit permettre une libre rotation des points de contact entre le capteur et les lames.

Le capteur de déplacement doit être étalonné conformément à l'ISO 9513, pertinente à cette technique, et doit être au moins de la classe 1; néanmoins, cet étalonnage doit être renouvelé au moins une fois par semaine pendant la période d'utilisation du capteur. Des étalonnages plus fréquents peuvent être requis en fonction de la fréquence d'utilisation du capteur et des accords contractuels.

La vérification du capteur doit être exécutée à la température de l'essai avec une précision absolue de $\pm 5^\circ\text{C}$. L'étalonnage du capteur doit correspondre à la même mesure de l'appareil d'étalonnage avec une précision absolue de $\pm 0,003 \text{ mm}$ jusqu'à $0,3 \text{ mm}$ de déplacement et une précision relative de $\pm 1 \%$ pour les déplacements plus grands.

La détermination d'une valeur absolue du déplacement n'est pas nécessaire étant donné qu'on ne mesure que des variations relatives de déplacement. Deux conceptions de capteurs ayant fait leur preuve sont décrites dans les références bibliographiques [1] et [2] (voir annexe E) 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 minimiser les forces de frottement en permettant aux rouleaux supports de tourner et de se déplacer légèrement transversalement lorsque l'éprouvette est chargée, ce qui assure le maintien d'un contact par roulement. Un appareillage adapté à l'essai 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 de l'éprouvette

7.1 Dimensions de l'éprouvette

Pour que le résultat du facteur d'intensité de contrainte critique soit considéré valable, l'épaisseur (B) de l'éprouvette, la longueur de la fissure (a) et celle du ligament ($W-a$) doivent être supérieures à $2,5(K_{Ic}/R_{p0,2})^2$, où $R_{p0,2}$ est la contrainte limite conventionnelle d'élasticité à 0,2 % correspondant aux conditions de la température et de l'environnement de l'essai. Le respect de ces exigences ne peut pas être garanti à l'avance. Aussi est-il conseillé, pour le premier essai d'une série, de sélectionner une éprouvette de dimensions supérieures. Si la forme du matériau disponible est telle qu'il n'est pas possible d'obtenir une éprouvette dont l'épaisseur, la longueur de la fissure et celle du ligament soient supérieures à $2,5(K_{Ic}/R_{p0,2})^2$, une mesure valable de K_{Ic} selon cette méthode est impossible.

7.2 Proportions recommandées pour les éprouvettes

7.2.1 Éprouvettes recommandées

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

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

7.2.2 Autres proportions

ISO 12737:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98434d40-6695-4ffc-8d87-1e28f6090516/iso-12737-1996>

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 appropriée B ou C). Toutefois, le rapport longueur de fissure/largeur des éprouvettes (a/W) doit être identique à celui des éprouvettes recommandées.

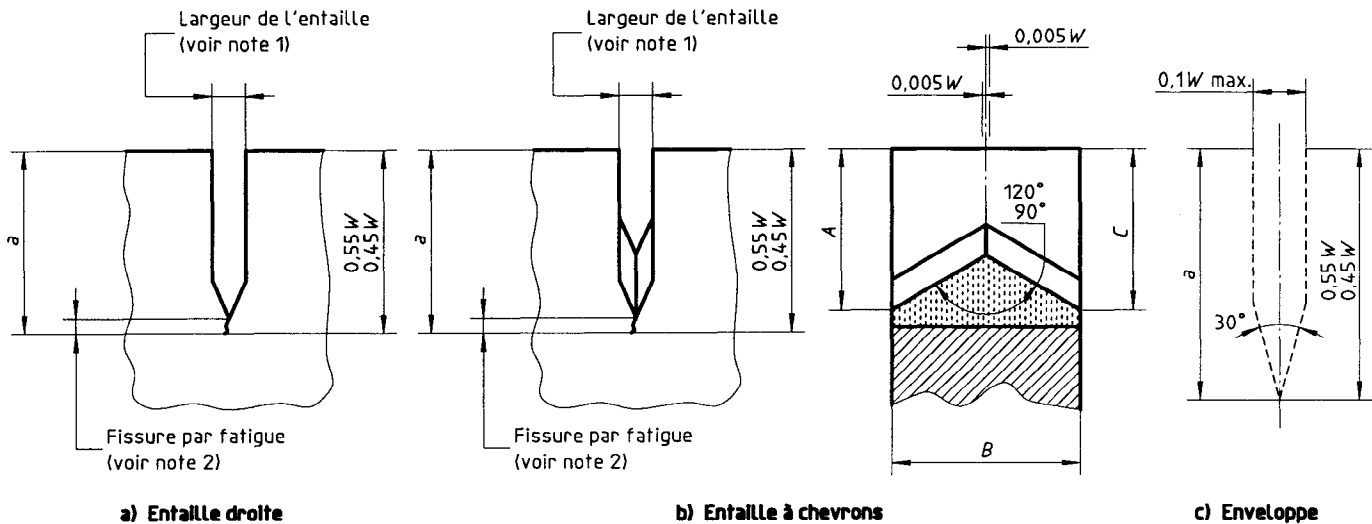
7.2.3 Autres configurations des éprouvettes (uniquement à titre d'information)

Après accord préalable, il est possible, pour les mesures de K_{Ic} , d'utiliser des éprouvettes de configurations différentes et d'appliquer les méthodes d'analyse associées. Toutefois, ces méthodes, y compris les normes appliquées pour mesurer K_{Ic} ainsi que les valeurs critiques de J et/ou du CTOD (crack tip opening displacement), doivent avoir été approuvées en tant que normes nationales par un comité membre de l'ISO.

7.2.4 Entaille pour l'amorçage de la fissure de fatigue

Deux configurations d'entaille pour l'amorçage des fissures de fatigue sont représentées aux figures 2 a) et 2 b). Il est conseillé, pour une entaille droite terminée par un V, de sélectionner un rayon à fond d'entaille égal ou inférieur à 0,10 mm alors que, pour une entaille à chevrons, ce même rayon peut être égal ou inférieur à 0,25 mm. La méthode de réalisation de l'entaille est laissée au choix de l'utilisateur. L'entaille et la fissure de fatigue doivent se trouver à l'intérieur de l'enveloppe représentée à la figure 2 c) (voir annexe A).

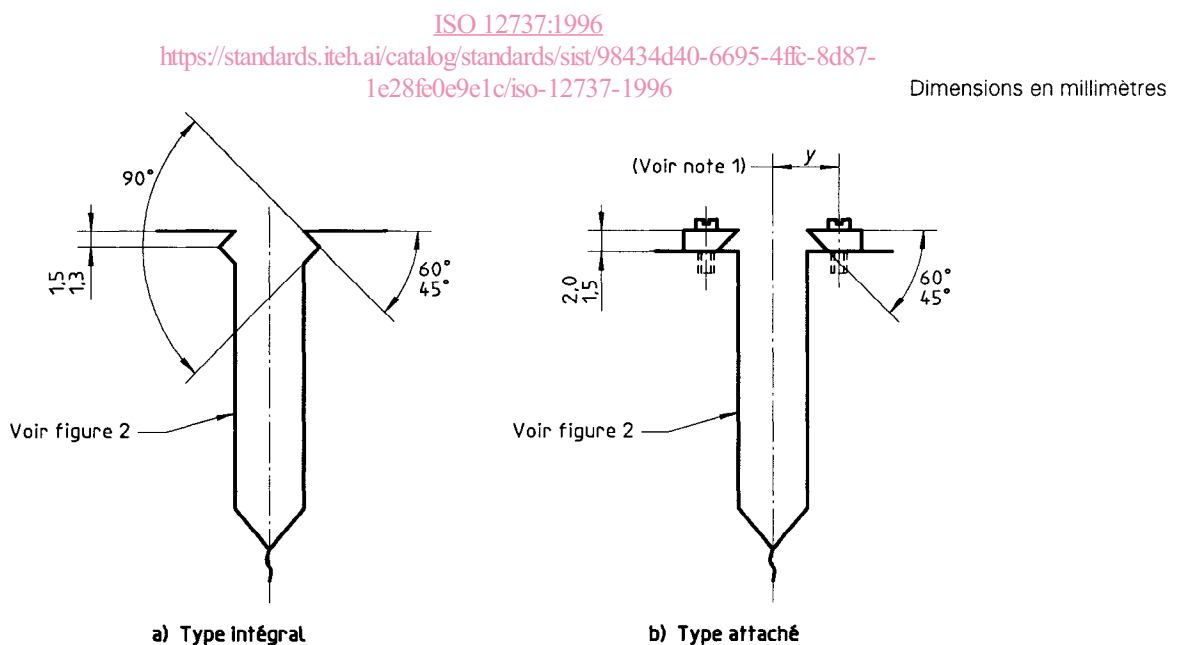
Deux types de lames de couteau pour la fixation du capteur de déplacement sont représentés à la figure 3.



NOTES

- 1 L'entaille d'amorçage de fissure doit être perpendiculaire aux surfaces de l'éprouvette à $\pm 2^\circ$. La largeur de l'entaille ne doit pas dépasser $0,1W$, mais elle ne doit pas être inférieure à 1,6 mm.
- 2 Pour les entailles droites, le rayon à fond d'entaille conseillé est de 0,10 mm max., l'angle des lames des couteaux doit être de 90° max. et l'extension des criques de fatigue sur chacune des surfaces de l'éprouvette doit avoir au moins la plus grande des deux valeurs suivantes $0,025W$ ou 1,3 mm.
- 3 Pour les entailles à chevrons, le rayon à fond d'entaille conseillé est de 0,25 mm max., l'angle des lames des couteaux doit être de 90° max. et $A = C \pm 0,01W$. Les fissures de fatigue doivent apparaître sur les deux faces de l'éprouvette.

Figure 2 — Entailles d'amorçage de fissure et enveloppe entaille/fissure maximale autorisée



NOTES

- 1 La valeur de la somme de $2y$ et du diamètre de la vis doit rester inférieure à $W/2$. Si les lames des couteaux sont collées ou attachées de manière similaire sur les bords de l'éprouvette, la valeur $2y$ doit correspondre à la distance entre les points extrêmes de fixation.
- 2 Les lames des couteaux doivent être perpendiculaires aux faces de l'éprouvette et parallèles entre elles à $\pm 0,5^\circ$.

Figure 3 — Détail des lames des couteaux

7.3 Préparation de l'éprouvette et préfissuration par fatigue

7.3.1 État du matériau

Tous les essais doivent être effectués sur des éprouvettes ayant subi le traitement thermique final, préparées et stabilisées dans les conditions d'environnement prévues. Ces éprouvettes doivent aussi, en principe, être usinées dans ces conditions. Cependant, pour les matériaux ne pouvant pas être usinés dans l'état final, le traitement final peut être réalisé après l'usinage, à condition que les dimensions de l'éprouvette, sa forme et son état de surface restent dans les tolérances (voir figures B.1 et C.1) et que les effets induits sur les dimensions de l'éprouvette par certains traitements thermiques, par exemple trempe à l'eau des aciers, soient pris en considération.

7.3.2 Orientation du plan de la fissure

La ténacité d'un matériau dépend en général de l'orientation et de la direction de propagation de la fissure, qui dépendent elles-mêmes des directions principales de 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 prescrit (voir 3.3) et enregistrée (voir article 11).

7.3.3 Usinage

La taille, la forme, les dimensions 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 des éprouvettes ayant subi le traitement thermique final, préparées et stabilisées dans les conditions d'environnement prévues pour l'essai. Les différentes températures de préfissuration et les traitements intermédiaires thermique, mécanique et d'environnement ne doivent être appliqués entre les préfissurations en fatigue que s'ils sont nécessaires pour simuler des conditions d'une application structurelle requises et si les dimensions et les tolérances sur la forme de l'éprouvette peuvent être maintenues. Tout essai de préfissuration par fatigue doit être conduit selon les exigences de l'annexe A.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/98434d40-6695-4ffc-8d87-1e28fe0e9e1c/iso-12737-1996>

8 Mode opératoire

8.1 Mesurage des dimensions de l'éprouvette

Mesurer l'épaisseur (B) de l'éprouvette avec une précision de 0,025 mm ou 0,1 % (la plus grande de ces deux valeurs étant déterminante), en trois emplacements au moins, équidistants et situés sur la ligne de propagation prévue de la fissuration. Prendre la moyenne arithmétique de ces mesures comme épaisseur de l'éprouvette.

Mesurer la largeur (W) de l'éprouvette avec une précision de 0,025 mm ou 0,1 % (la plus grande de ces deux valeurs étant déterminante), en trois emplacements au moins, à proximité de l'entaille. Prendre la moyenne arithmétique de ces mesures comme largeur de l'éprouvette. Pour une éprouvette compacte, mesurer la largeur à partir du plan médian au segment formé par les trous d'application de la charge.

Après la rupture, mesurer la longueur (a) de la fissure avec une précision de 0,05 mm ou 0,5 % (la plus grande de ces deux valeurs étant déterminante), aux points situés à mi-épaisseur et aux deux-quarts de l'épaisseur. Prendre la moyenne arithmétique de ces mesures comme longueur de la fissure. La différence entre deux quelconques de ces trois mesures ne doit pas dépasser 10 % de leur valeur moyenne.

Mesurer aussi la longueur de la fissure sur chacune des faces. Lorsque l'entaille d'amorçage est droite, une partie quelconque du front de la fissure ne doit pas se trouver à moins de 1,3 mm ou 0,025 W (la plus grande de ces deux valeurs étant déterminante) de l'entaille. En outre, aucune des traces en surface de la fissure ne doit différer de la longueur moyenne de plus de 15 % et leur différence ne doit pas dépasser 10 % de la longueur moyenne de la fissure. Lorsque l'entaille d'amorçage est à chevrons, la fissure doit apparaître sur les deux faces; en outre, aucune des traces en surface de la fissure ne doit différer de la longueur moyenne de plus de 15 % et leur différence ne doit pas dépasser 10 % de la longueur moyenne de la fissure.