
**Matériaux métalliques — Essais de
fatigue — Méthode par force axiale
contrôlée**

Metallic materials — Fatigue testing — Axial force-controlled method

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 1099:2017](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 1099:2017

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017

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
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Plan d'essai	3
4.1 Présentation générale.....	3
4.2 Présentation des résultats de fatigue.....	4
4.2.1 Généralités.....	4
4.2.2 Courbe de Wöhler ou courbe <i>S-N</i>	4
4.2.3 Diagrammes de contrainte moyenne.....	4
5 Forme et dimension de l'éprouvette	5
5.1 Forme des éprouvettes.....	5
5.2 Mesure de la température de l'éprouvette.....	5
6 Géométrie	5
6.1 Barreaux et produits plats >5 mm d'épaisseur.....	5
6.2 Éprouvettes plates.....	6
6.2.1 Généralités.....	6
6.2.2 Épaisseur entre 2,5 mm et 5 mm.....	7
6.2.3 Épaisseur <2,5 mm.....	7
6.3 Préparation des éprouvettes.....	7
6.3.1 Procédure d'usinage.....	7
6.3.2 Échantillonnage et marquage.....	8
6.3.3 État de surface de l'éprouvette.....	8
6.3.4 Contrôles dimensionnels.....	9
6.3.5 Stockage et manutention.....	9
7 Appareillage	9
7.1 Machine d'essai.....	9
7.2 Contrôle d'alignement.....	9
7.3 Capteur de force.....	10
7.4 Amarrage de l'éprouvette.....	10
8 Instruments de surveillance des essais	10
8.1 Systèmes d'enregistrement.....	10
8.2 Compteur de cycles.....	10
9 Contrôle et vérification	11
10 Montage de l'éprouvette	11
11 Vitesse de l'essai	11
12 Application de la force	11
13 Consignation de la température et de l'humidité	11
14 Critère de rupture et fin de l'essai	12
14.1 Critère de rupture.....	12
14.2 Fin de l'essai.....	12
15 Rapport d'essai	12
Bibliographie	23

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 attirée 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/brevets).

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 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 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 5, *Essais de fatigue*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 1099:2006), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Il doit être noté que le présent document n'aborde pas les problèmes de sécurité et de santé, si de tels problèmes existent, qui peuvent être liés à son utilisation ou son application. Il relève de la responsabilité de l'utilisateur du présent document d'établir toutes les questions appropriées en matière de sécurité et de santé, ainsi que de déterminer l'applicabilité des limitations réglementaires nationales ou locales eu égard à l'utilisation du présent document.

Introduction

Le présent document est destiné à fournir des recommandations relatives à la réalisation des essais de fatigue axiale, à amplitude constante, par force contrôlée et cyclique sur des éprouvettes en métal, en vue de fournir des données sur la durée de vie en fatigue (c'est-à-dire la contrainte en fonction du nombre de cycles avant rupture) pour la caractérisation d'un matériau.

Les éprouvettes identiques sont montées dans une machine d'essai de fatigue en force et soumises aux conditions de force cyclique exigées introduisant l'un des types de contraintes cycliques présentés à la [Figure 1](#). Sauf spécification contraire, il convient que la forme d'onde d'essai présente une amplitude constante et soit sinusoïdale.

La force appliquée à l'éprouvette est exercée le long de l'axe longitudinal passant par le centroïde de chaque section transversale. L'essai se poursuit tant que l'éprouvette ne fait pas l'objet d'une rupture ou qu'un nombre prédéterminé de cycles de contrainte n'a pas été dépassé (voir les [Articles 4](#) et [13](#)). Les essais sont en général réalisés à température ambiante (dans l'idéal entre 10 °C et 35 °C).

NOTE Les résultats d'un essai de fatigue peuvent être affectés par les conditions atmosphériques et, lorsque des conditions contrôlées sont requises, l'ISO 554:1976, 2.1 s'applique.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 1099:2017](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 1099:2017](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>

Matériaux métalliques — Essais de fatigue — Méthode par force axiale contrôlée

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les conditions de réalisation d'essais de fatigue par force contrôlée à amplitude constante et à température ambiante sur des éprouvettes métalliques, sans introduire délibérément des concentrations de contrainte. Ces essais ont pour objet, à l'aide du présent document, de donner des informations telles que la relation entre la contrainte appliquée et le nombre de cycles avant rupture pour un état de matériau donné, telle que la dureté et la microstructure, à différents rapports de contrainte.

Même si la forme, la préparation et les essais des éprouvettes de section transversale circulaire et rectangulaire sont décrits, les essais de composants et les essais spéciaux ne sont pas inclus dans le présent document.

NOTE 1 Les essais de fatigue réalisés sur des éprouvettes entaillées ne sont pas couverts par le présent document étant donné que leur forme et leur taille n'ont pas été normalisées. Toutefois, les procédures d'essai de fatigue décrites dans le présent document peuvent être appliquées aux essais de fatigue sur des éprouvettes entaillées.

NOTE 2 Tout au long du présent document, la contrainte conventionnelle est utilisée. La contrainte conventionnelle est définie comme étant le quotient de la force appliquée de manière axiale sur l'aire de la section transversale de l'éprouvette, $S = \text{Force}/\text{Aire}$, à la température de l'essai.

2 Références normatives

[ISO 1099:2017](#)

<http://www.iso.org/standards/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>

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 4965-1, *Matériaux métalliques — Étalonnage de la force dynamique uniaxiale pour les essais de fatigue — Partie 1: Systèmes d'essai*

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

ISO 23788, *Matériaux métalliques — Vérification de l'alignement axial des machines d'essai de fatigue*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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
diamètre de l'éprouvette

d
diamètre ou largeur de l'éprouvette ou de la pièce d'essai où la contrainte est maximale

3.2
diamètre de tête d'amarrage

D
diamètre de l'éprouvette au niveau de la tête d'amarrage

3.3
épaisseur de la section d'essai

t
épaisseur de la section réduite d'une éprouvette rectangulaire

3.4
largeur de la section d'essai

w
largeur de la section réduite d'une l'éprouvette rectangulaire

3.5
longueur parallèle

L_p
longueur de la section calibrée d'un échantillon ou d'une éprouvette, égale au diamètre d'essai ou à la largeur d'essai et qui est parallèle

3.6
longueur d'éprouvette

L_z
longueur totale de l'éprouvette

3.7
rayon du congé

r
rayon entre la longueur parallèle et la tête d'amarrage de l'éprouvette d'essai

Note 1 à l'article: La courbe peut ne pas être un véritable arc de cercle sur toute la distance entre l'extrémité de la longueur parallèle et le début de la tête d'amarrage.

3.8
contrainte maximale

S_{\max}
plus grande valeur algébrique de la contrainte dans un cycle de contrainte

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.9
contrainte moyenne

S_m
demi-somme algébrique de la contrainte maximale et de la contrainte minimale dans un cycle de contrainte

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.10
contrainte minimale

S_{\min}
plus petite valeur algébrique de la contrainte dans un cycle de contrainte

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 1099:2017](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>

3.11 amplitude de contrainte

S_a
moitié de la différence algébrique entre la contrainte maximale et la contrainte minimale

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.12 étendue de contrainte

ΔS
différence algébrique entre les contraintes maximale et minimale

$$\Delta S = S_{\max} - S_{\min}$$

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.13 rapport de contrainte

R_s
rapport de la contrainte minimale sur la contrainte maximale dans un cycle de contrainte

$$R_s = S_{\min}/S_{\max}$$

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.14 cycle de contrainte

variation de la contrainte dans le temps, répétée périodiquement et de manière identique

Note 1 à l'article: Voir la [Figure 2](#).

3.15 nombre de cycles

N
nombre de plus petits segments de la fonction force-temps, contrainte-temps, etc., répétés régulièrement

3.16 durée de vie en fatigue

N_f
nombre de cycles appliqués pour atteindre un critère de rupture défini

3.17 résistance à la fatigue à N cycles

S_N
valeur de l'amplitude de contrainte à un rapport de contrainte établi, à laquelle l'éprouvette présente une durée de vie de N cycles

4 Plan d'essai

4.1 Présentation générale

Avant de commencer les essais, les éléments suivants doivent faire l'objet d'un accord entre les parties concernées, sauf spécification contraire dans la norme de produits correspondante:

- a) la forme de l'éprouvette à utiliser (voir [5.1](#));
- b) le/les rapport(s) R à utiliser;

- c) l'objectif de l'essai, c'est-à-dire lesquels des éléments suivants doivent être déterminés:
 - la durée de vie en fatigue à amplitude de contrainte spécifiée;
 - la résistance à la fatigue pour une durée de vie spécifiée;
 - une courbe de Wöhler ou courbe *S-N* complète.
- d) le nombre d'éprouvettes à soumettre à essai et la séquence des essais;
- e) le nombre de cycles auquel un essai réalisé sur une éprouvette considérée comme non-rompue doit être terminé;
- f) la température d'essai, si elle est différente des exigences données en [5.2](#).

À la lumière des récentes recherches, il est important de noter qu'en général, les métaux ne présentent *en soi* aucune "limite d'endurance" ou "limite de fatigue", à savoir une contrainte en deçà de laquelle le métal va endurer un "nombre infini de cycles". En règle générale, le/les "plateau(x)" de durée de vie en contrainte sont appelés "limite(s) de fatigue" ou "limites d'endurance" conventionnelles, mais des ruptures en deçà de ces niveaux ont été signalées et se produisent. Voir, par exemple, les Références [6] à [9].

4.2 Présentation des résultats de fatigue

4.2.1 Généralités

Les études et l'utilisation des résultats obtenus orientent le choix de la méthode la plus adaptée de présentation des résultats parmi les plus courantes, sous forme graphique ou autre. Les résultats des essais de fatigue sont en général présentés sous forme graphique. Lors de la consignation des données de fatigue, il convient de définir clairement les conditions d'essai. Outre les présentations graphiques, des données numériques tabulées sont souhaitables si le format de présentation le permet.

4.2.2 Courbe de Wöhler ou courbe *S-N*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-4f24a08f088b/iso-1099-2017>

La méthode la plus générale de présentation graphique des résultats consiste à tracer en abscisse le nombre de cycles avant rupture, *N*, et en ordonnée, les valeurs d'amplitude de contrainte ou, selon le type de cycles de contrainte, celles d'une autre contrainte définie à partir du cycle de contrainte. La courbe ainsi tracée sous la forme d'une ligne médiane approximée passant par les points expérimentaux, est appelée courbe de Wöhler ou courbe *S-N*. Une échelle logarithmique est utilisée pour le nombre de cycles, et il revient à l'expérimentateur de choisir d'utiliser une échelle linéaire ou logarithmique pour l'axe de contrainte. Des courbes individuelles sont tracées pour chaque ensemble d'essais correspondant à chaque rapport *R*. Les résultats expérimentaux sont en général tracés sur la même figure. Un exemple de ces représentations graphiques est présenté à la [Figure 3](#), dans laquelle une échelle de contrainte linéaire est utilisée.

4.2.3 Diagrammes de contrainte moyenne

Les résistances à la fatigue déduites de la courbe de Wöhler ou courbe *S-N* sont tracées dans des diagrammes de résistance à la fatigue sous la forme de courbes pour une durée de vie constante. Les résultats peuvent être représentés par un graphique donnant directement, pour des "endurances" particulières, l'amplitude de contrainte par rapport à la contrainte moyenne, comme le montre la [Figure 4](#), en traçant les contraintes maximale et minimale par rapport à la contrainte moyenne, comme le montre la [Figure 5](#); ou en traçant la contrainte maximale par rapport à la contrainte minimale, comme le montre la [Figure 6](#). Les résultats expérimentaux peuvent être tracés sur la même figure.

5 Forme et dimension de l'éprouvette

5.1 Forme des éprouvettes

En règle générale, une éprouvette dont la section d'essai est totalement usinée correspond au type présenté à la [Figure 7](#) pour une section calibrée cylindrique lisse.

Les éprouvettes peuvent être:

- à section circulaire avec des congés se raccordant tangentiellement entre la section d'essai et les extrémités, ou avec un rayon continu entre les extrémités (c'est-à-dire une éprouvette toroïdale dite "en sablier");
- à section rectangulaire d'épaisseur uniforme sur toute la section d'essai avec des congés se raccordant tangentiellement entre la section d'essai et les têtes d'amarrage (voir [Figure 8](#)).

Les éprouvettes toroïdales dites "en sablier" peuvent être utilisées pour les essais mais avec précaution. Dans ce type d'éprouvettes, un rayon continu entre les extrémités de tête d'amarrage avec un diamètre ou une largeur minimale de la section d'essai est situé au centre de ces extrémités pour les éprouvettes cylindriques et plates, respectivement. À l'inverse d'une section calibrée de diamètre ou de largeur constant(e), dont l'ensemble du volume de matériau est soumis à la même contrainte, l'éprouvette toroïdale permet de n'échantillonner qu'un mince élément planaire de matériau au niveau de la section transversale minimale. Ainsi, les résultats de fatigue produits peuvent ne pas représenter la réponse du matériau de base où, en particulier pour le régime de fatigue de longue durée, les inclusions gouvernent le comportement des métaux de dureté élevée, et pour lesquels il existe une dualité dans l'amorçage de fissuration entre la surface et sous la surface^[9]. En réalité, ces résultats peuvent être non conservateurs, en particulier en régime de durée de vie plus longue, lorsque la plus grande micro-discontinuité peut ne pas se trouver dans la section planaire présentant la contrainte la plus élevée.

Il est important de noter que, pour des éprouvettes de section rectangulaire, il peut s'avérer nécessaire de réduire la section d'essai tant en largeur qu'en épaisseur. Si c'est en effet le cas, des congés de raccordement sont exigés dans le sens de la largeur et de l'épaisseur. De même, pour une éprouvette de section rectangulaire, pour laquelle il est souhaitable de tenir compte de l'état de surface dans lequel le métal est utilisé dans l'application réelle, il convient qu'au moins une surface de la section d'essai de l'éprouvette ne soit pas usinée. Il arrive souvent, pour des essais de fatigue réalisés sur un élément de section rectangulaire, que les résultats ne soient pas toujours comparables à ceux déterminés sur des éprouvettes cylindriques, compte tenu de la difficulté à obtenir un fini de surface adapté ou en raison d'amorçage de fissuration en fatigue dans le/les angle(s) de l'éprouvette rectangulaire.

5.2 Mesure de la température de l'éprouvette

Les essais sont en général réalisés à température ambiante (dans l'idéal entre 10 °C et 35 °C). Pour des essais réalisés à des températures différentes de l'ambiante, la température de l'éprouvette doit être totalement documentée et mesurée à l'aide de thermocouples ou d'autres dispositifs appropriés en contact avec la surface de l'éprouvette, et sa précision doit être dans les limites de ± 2 °C.

6 Géométrie

6.1 Barreaux et produits plats >5 mm d'épaisseur

La partie calibrée de l'éprouvette dans un essai de fatigue représente un élément de volume du matériau à l'étude. Cela implique que la géométrie de l'éprouvette ne doit pas affecter l'utilisation des résultats d'essai.

Cette géométrie doit satisfaire aux conditions suivantes:

- avoir une partie calibrée cylindrique uniforme;

- réduire le plus possible le risque de flambage en compression afin d'éviter un amorçage de fissuration au congé de raccordement;
- assurer une répartition uniforme des contraintes (déformations) sur l'ensemble de la partie calibrée;

Il ne doit y avoir aucun caniveau dû à l'usinage entre la longueur parallèle et le congé de raccordement ni ailleurs sur la section calibrée. Pour s'en assurer, cette caractéristique peut être contrôlée avec un dispositif optique proposant un grossissement raisonnable (c'est-à-dire environ 10 à 25 ×).

Compte tenu de ces exigences, de l'expérience acquise par un grand nombre de laboratoires et des résultats de calculs de différents types d'éprouvettes (voir les Références [10] à [19]), les dimensions géométriques suivantes (voir la [Figure 7](#)) sont recommandées:

- | | |
|---|--|
| a) diamètre de la longueur parallèle: | $5 \text{ mm} \leq d \leq 10 \text{ mm}$ |
| b) longueur parallèle: | $L_p \geq 2d$ |
| c) congé de raccordement (entre la longueur parallèle et la tête d'amarrage): | $r \geq 2d$ |
| d) diamètre de la tête d'amarrage: | $D \geq 2d$ |
| e) longueur de la section réduite: | $L_r \leq 8d$ |

D'autres géométries de sections et longueurs parallèles peuvent être utilisées sous réserve d'assurer une répartition uniforme des contraintes dans la longueur entre repères.

Les extrémités recommandées sont les suivantes:

— cylindrique lisse (pour mors hydrauliques);

— avec épaulement. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8144f609-af8d-460e-a515-424a08f088b/iso-1099-2017>

Il convient que le montage d'essai positionne l'éprouvette, assure l'alignement axial et exclue tout jeu mécanique. La conception du montage d'essai dépend des têtes de l'éprouvette. Un certain nombre d'exemples sont donnés à la [Figure 9](#).

Les conceptions d'éprouvette de fatigue dont l'alignement peut dépendre de filetages ne sont pas recommandées.

6.2 Éprouvettes plates

6.2.1 Généralités

En règle générale, les considérations présentées dans les alinéas précédents s'appliquent également aux essais réalisés sur des éprouvettes plates. Toutefois, ces essais exigent des géométries spécifiques et des montages particuliers pour éviter les problèmes de flambage.

De faibles forces étant en général appliquées, des capteurs de force plus sensibles que d'habitude peuvent être exigés. Le système d'amarrage peut nécessiter l'utilisation de mors mécaniques ou hydrauliques plats. Toutefois, avec ce dernier type d'assemblages, il est difficile d'assurer un alignement correct.

En général, la largeur de l'éprouvette est réduite dans la longueur entre repères afin d'éviter les ruptures à l'interface éprouvette/tête d'amarrage ou à l'intérieur des têtes d'amarrage. Dans certaines applications, il peut s'avérer nécessaire d'ajouter des cales d'extrémité pour augmenter l'épaisseur de la tête d'amarrage et éviter une rupture dans les têtes d'amarrage (voir [Figure 10](#)).

Dans le cas d'éprouvettes plates placées dans des mâchoires parallèles, il convient de vérifier qu'elles sont centrées dans les mâchoires. Des repères ou des butées peuvent faciliter cette opération.