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

*Metallic materials — Fatigue testing — Axial-strain-controlled
method*

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



Numéro de référence
ISO 12106:2017(F)

© ISO 2017

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai



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	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	3
4.1 Éprouvettes	3
4.2 Essai de fatigue	4
4.2.1 Symboles	4
4.2.2 Indices	5
4.3 Expression des résultats	5
5 Appareillage	5
5.1 Machine d'essai	5
5.1.1 Généralités	5
5.1.2 Capteur de force	6
5.1.3 Amarrage de l'éprouvette	6
5.1.4 Contrôle d'alignement	6
5.2 Mesure de la déformation	7
5.3 Dispositif de chauffage et mesure de la température	8
5.4 Instruments de surveillance des essais	8
5.4.1 Systèmes d'enregistrement	8
5.4.2 Compteur de cycles	9
5.5 Contrôle et vérification	9
6 Éprouvettes	9
6.1 Géométrie	9
6.1.1 Barres rondes	9
6.1.2 Produits plats	10
6.2 Préparation des éprouvettes	15
6.2.1 Généralités	15
6.2.2 Procédure d'usinage	15
6.2.3 Échantillonnage et marquage	16
6.2.4 État de surface de l'éprouvette	17
6.2.5 Contrôle dimensionnel	17
6.2.6 Stockage et manutention	17
7 Mode opératoire	18
7.1 Environnement de laboratoire	18
7.2 Contrôle de la machine d'essai	18
7.3 Montage de l'éprouvette	18
7.4 Forme du cycle — Vitesse de déformation ou fréquence de cyclage	19
7.5 Début de l'essai	20
7.5.1 Mesures préliminaires	20
7.5.2 Démarrage de l'essai	20
7.6 Nombre d'éprouvettes	21
7.7 Enregistrement de données	21
7.7.1 Boucles d'hystérésis contrainte-déformation	21
7.7.2 Acquisition des données	21
7.8 Fin de l'essai	21
7.9 Critères de rupture	22
8 Essai de fluage-fatigue par déformation contrôlée à haute température	24
9 Expression des résultats	25
9.1 Données de base (données consignées (voir 7.7))	25

9.2	Analyse des résultats de fatigue oligocyclique à $R_e = -1$	25
9.2.1	Distinction entre différents types de valeurs de contrainte.....	25
9.2.2	Détermination de la durée de vie en fatigue (voir 7.9).....	26
9.2.3	Relations entre contrainte-déformation et déformation-durée de vie en fatigue.....	26
9.3	Analyse des résultats de fatigue-fluage.....	28
10	Rapport d'essai.....	28
10.1	Généralités.....	28
10.2	Objectif de l'essai.....	28
10.3	Matériau.....	28
10.4	Éprouvette.....	28
10.5	Méthodes d'essai.....	28
10.6	Conditions d'essai.....	29
10.7	Présentation des résultats.....	29
10.7.1	Présentation des résultats d'essai simples.....	29
10.7.2	Présentation des résultats de la série d'essais.....	30
10.8	Valeurs à stocker dans une base de données de fatigue oligocyclique.....	31
	Annexe A (informative) Incertitude de mesure.....	33
	Annexe B (informative) Exemples de présentation graphique des résultats.....	35
	Bibliographie.....	39

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

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 <https://www.iso.org/fr/directives-and-policies.html>).

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 <https://www.iso.org/fr/iso-standards-and-patents.html>).

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

Pour une explication de la nature volontaire des normes, 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 d'études ISO/TC 164 *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 5, *Essais de fatigue*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 12106:2003), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Introduction

Les matériaux et leur microstructure peuvent changer lorsqu'ils sont soumis à des déformations cycliques, leurs propriétés mécaniques pouvant être altérées de manière significative comparées à celles résultant de déformations monotones, par exemple réponse contrainte-déformation uniaxiale. La conception des composants mécaniques soumis à des charges de fatigue et à des déformations cycliques exige, dans un certain nombre de secteurs industriels (c'est-à-dire nucléaire, aérospatial, véhicules terrestres, appareils médicaux, etc.), une connaissance du comportement cyclique des matériaux dans des conditions de contrôle des déformations alternées (appelées fatigue oligocyclique) en présence de plasticité cyclique.

Pour assurer la fiabilité et la cohérence des résultats provenant de différents laboratoires, il est nécessaire de collecter toutes les données à l'aide de méthodologies d'essai satisfaisant à un certain nombre de points essentiels.

Le présent document porte tant sur la génération de ce type de données de fatigue par déformation contrôlée aux températures ambiantes ou élevées aux rapports R (déformation) fixes, que sur la présentation des résultats concernant les propriétés de fatigue, le comportement déformation-durée de vie et les réponses contrainte-déformation des matériaux métalliques déterminés à un rapport $R_e = -1$. Étant donné qu'il existe une relation étroite avec les essais de déformation contrôlée à haute température, une section est également consacrée à la méthodologie d'essai en fatigue-fluage.

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, et de déterminer l'applicabilité des limitations réglementaires nationales ou locales eu égard à l'utilisation du présent document.

Sample Document

get full document from standards.iteh.ai

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

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode d'essai des éprouvettes déformées de manière uniaxiale sous contrôle de déformation à amplitude constante, température uniforme et rapport de déformation fixe, notamment à $R_e = -1$, pour la détermination des propriétés de fatigue. Il peut également être utilisé comme guide pour les essais réalisés sous d'autres rapports R , ainsi qu'à des températures élevées où la déformation par fluage peut avoir des conséquences.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 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 9513, *Matériaux métalliques — Étalonnage des chaînes extensométriques utilisées lors d'essais uniaxiaux*

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

3.1

contrainte conventionnelle

force instantanée divisée par l'aire initiale de la section transversale de la partie calibrée

$$S = F / A_0$$

3.2

contrainte vraie

force instantanée divisée par l'aire instantanée de la section transversale de la partie calibrée

$$\sigma = F / A$$

Note 1 à l'article: À des déformations d'environ 10 %, la contrainte vraie est approchée par la contrainte conventionnelle, F/A_0 . Il est également important de noter qu'à des déformations jusqu'à environ 10 %, la déformation réellement mesurée par l'extensomètre et utilisée comme paramètre de contrôle dans un essai est la déformation conventionnelle.

3.3
longueur initiale
longueur entre repères

L_0
longueur initiale entre les points de mesure de l'extensomètre à la température d'essai

3.4
longueur parallèle

L_p
longueur entre les congés de raccordement de l'éprouvette

3.5
déformation
déformation conventionnelle

$$e = \frac{\Delta L}{L_p} = \frac{L_i - L_0}{L_0}$$

déformation totale vraie

$$\varepsilon = \int_{L_0}^L \frac{dL}{L}$$

où

L_i est la longueur instantanée de la partie calibrée;

L_0 est la longueur initiale ou la longueur entre repères.

Note 1 à l'article: À des valeurs de déformation vraie d'environ 10 %, ε est approché par la déformation conventionnelle $e = \Delta L/L$. Il est également important de noter qu'à des déformations d'environ 10 %, la déformation conventionnelle est la grandeur mesurée par l'extensomètre et le paramètre contrôlé dans un essai de fatigue par déformation contrôlée.

3.6
cycle
plus petit segment de la fonction déformation-temps qui est répété de façon périodique

3.7
maximum
plus grande valeur algébrique d'une variable à l'intérieur d'un cycle

3.8
minimum
plus petite valeur algébrique d'une variable à l'intérieur d'un cycle

3.9
moyenne
moitié de la somme algébrique des valeurs maximum et minimum d'une variable

3.10
étendue
différence algébrique entre les valeurs maximum et minimum d'une variable

3.11**amplitude**

moitié de l'étendue d'une variable

3.12**durée de vie en fatigue** N_f

nombre de cycles qui doivent être appliqués pour atteindre une rupture

Note 1 à l'article: Des critères de défaillance sont définis, par exemple, en 7.8. Le critère de rupture utilisé doit être consigné avec les résultats et être cohérent sur toute une série d'essais de fatigue.

3.13**boucle d'hystérésis**

courbe fermée de la réponse contrainte-déformation pendant un cycle

Note 1 à l'article: Il est assez fréquent que les premières boucles d'hystérésis d'une séquence d'essais puissent ne pas être totalement "fermées" en raison d'un adoucissement cyclique, d'un durcissement cyclique, d'une relaxation de contrainte cyclique, d'une "accommodation" de contrainte ou d'un rochet.

4 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles définis de 4.1 à 4.3 s'appliquent.

4.1 Éprouvettes

Voir le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles et désignations concernant les éprouvettes

Éprouvette	Symbole	Désignation	Unité
	L_0	Longueur initiale ou longueur entre repères	mm
	L_i	Longueur instantanée entre repères	mm
	A_0	Aire initiale de la section calibrée	mm ²
	A	Aire instantanée de la section calibrée avec $AL = A_0L_0$	mm ²
	A_f	Aire minimale à la rupture	mm ²
	r	Congé de raccordement (à partir de la longueur parallèle dans l'extrémité de tête d'amarrage de l'éprouvette)	mm
	L_z	Longueur totale de l'éprouvette	mm
Cylindrique			
	d	Diamètre de la section calibrée cylindrique	mm
	D	Diamètre de la tête d'amarrage de l'éprouvette	mm
Feuille plane			
	t	Épaisseur	mm
	W	Largeur de la tête d'amarrage	mm
	w	Largeur de la section calibrée	mm

4.2 Essai de fatigue

4.2.1 Symboles

Tableau 2 — Symboles et désignations des variables et propriétés

Symbole	Définition	Unités
E	Module d'élasticité valeur moyenne de la pente de la partie linéaire initiale d'une courbe contrainte-déformation	Gigapascals (GPa)
E_T	module de déchargement après une contrainte maximale (voir Figure 1),	Gigapascals (GPa)
E_C	module de déchargement après une contrainte minimale (voir Figure 1)	Gigapascals (GPa)
N_f	nombre de cycles avant rupture	
t_f	temps avant rupture; $t_f = T \cdot N_f$, où T est la période du signal (durée de la longueur d'onde)	Secondes (s)
σ	contrainte vraie	Mégapascals (MPa)
S	contrainte conventionnelle	Mégapascals (MPa)
e	déformation conventionnelle	
	vitesse de déformation	Secondes à la puissance moins un (s^{-1}) où t = temps
ε	déformation vraie	
Δ	étendue d'une variable	
R_z	rugosité moyenne de surface	Micromètres (μm)
R_e	Rapport de déformation = (e_{min}/e_{max})	

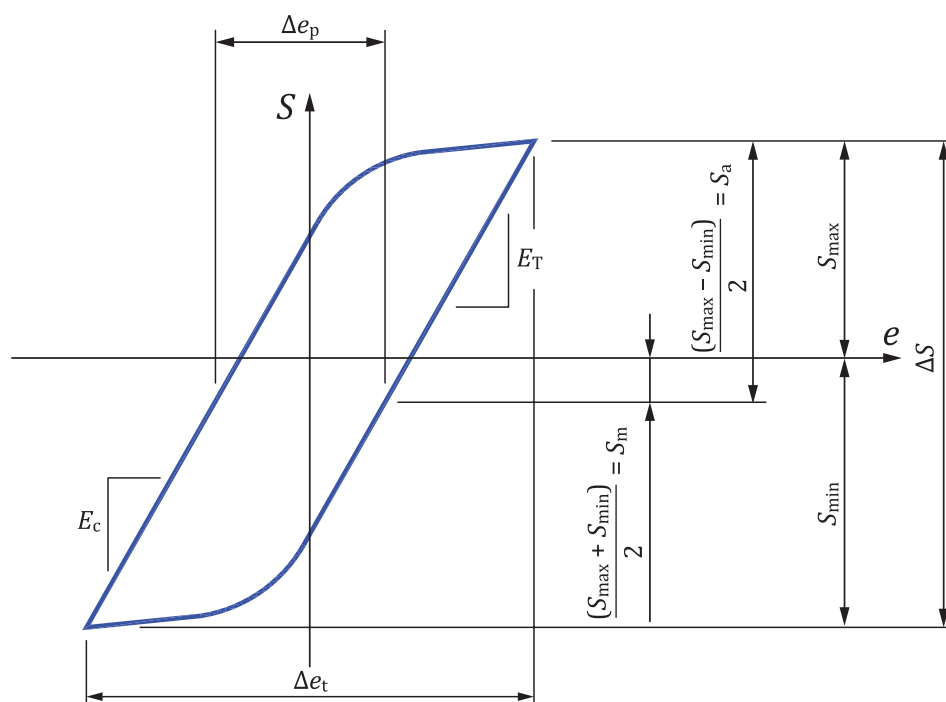


Figure 1 — Boucle d'hystérésis contrainte-déformation à $R_e = -1$

NOTE La déformation plastique à partir d'une boucle d'hystérésis stabilisée contrainte-déformation est définie comme étant de la déformation non réversible à la contrainte moyenne définie par $(S_{\max} + S_{\min})/2$ pour caractériser la réponse en contrainte, en régime établi, dans le cadre d'un essai de déformation contrôlée. Souvent, il s'agit de la largeur de la boucle d'hystérésis à contrainte nulle, mais cela peut ne pas être le cas dans certains métaux.

4.2.2 Indices

Tableau 3 — Indices et signification

Indice	Signification
t	total
p	plastique
e	élastique
a	amplitude
m	moyenne
min	minimum
max	maximum

4.3 Expression des résultats

Voir le [Tableau 4](#).

Tableau 4 — Symboles et désignations concernant l'expression des propriétés de fatigue pour les essais avec $R_e = -1$

Symbole	Désignation	Unité
$\sigma_{y'}$	Limite d'élasticité cyclique ^a	MPa
n	Exposant d'écrouissage monotone	—
n'	Exposant d'écrouissage cyclique	—
K	Coefficient de résistance monotone	MPa
K'	Coefficient de résistance cyclique	MPa
$\sigma_{f'}$	Coefficient de résistance à la fatigue	MPa
b	Exposant de résistance en fatigue	—
$\varepsilon_{f'}$	Coefficient de ductilité en fatigue	—
c	Exposant de ductilité en fatigue	—

^a Un décalage de 0,2 % est en général utilisé.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

5.1.1 Généralités

Les essais doivent être réalisés sur une machine de traction-compression uniaxiale conçue pour démarrer sans à-coup et sans jeu mécanique lors du passage à zéro de la contrainte. La machine doit pouvoir contrôler la déformation et mesurer la force lors de l'application de la forme d'onde recommandée. Il convient qu'elle soit axialement rigide et bien alignée. Il convient que l'ensemble machine-système de chargement, y compris le capteur de force et les têtes d'amarrage, présente une

rigidité latérale suffisante pour éviter le flambage de l'éprouvette aux valeurs extrêmes de la contrainte de compression.

NOTE Voir l'ISO 23788:2012, Annexe C pour une méthode de détermination de la rigidité latérale d'une machine d'essai.

5.1.2 Capteur de force

Le capteur de force doit être conçu pour les essais de fatigue en traction-compression, et il convient qu'il présente une importante rigidité axiale et latérale. Sa capacité doit être adaptée aux forces appliquées pendant l'essai. Le capteur de force doit satisfaire à l'ISO 7500-1:2015, Classe 1.

La force indiquée telle qu'elle est enregistrée à la sortie d'un ordinateur dans un système automatisé ou du dispositif d'enregistrement d'un système non automatisé doit être dans les limites de la variation admise spécifiée par rapport à la force réelle. La capacité du capteur de force doit être suffisante pour couvrir l'étendue de forces *dynamiques* mesurées pendant un essai. Le système de mesure de la force doit satisfaire à l'ISO 7500-1:2015, Classe 1.

Le capteur de force doit être stabilisé en température avec un coefficient de température à zéro, et l'étendue ne doit pas dépasser 0,002 % de la pleine échelle par degré Celsius. De plus, il convient d'éviter les gradients de température dans le capteur de force.

Lors d'essais à haute température ou cryogéniques, un blindage/une compensation adapté(e) peut être prévu(e) pour la cellule, de manière à la maintenir dans les limites de son étendue de compensation.

5.1.3 Amarrage de l'éprouvette

Le système d'amarrage doit transmettre les forces cycliques à l'éprouvette sans jeu mécanique le long de son axe longitudinal. Il convient de réduire le plus possible la longueur totale de l'axe de chargement afin d'éviter toute tendance au flambage de l'éprouvette. Les qualités géométriques du dispositif doivent permettre un alignement correct afin de satisfaire aux exigences spécifiées en 5.1.4. Il est donc nécessaire de limiter le nombre de composants dont ces systèmes d'amarrage sont constitués et de réduire au minimum le nombre d'interfaces mécaniques.

Le système d'amarrage doit assurer le caractère reproductible de la manière dont l'éprouvette est montée. Ses caractéristiques géométriques doivent assurer le bon alignement de l'éprouvette et avoir des surfaces *préchargées* permettant la transmission des forces de traction et de compression sans jeu mécanique sur toute la durée de l'essai. Les matériaux doivent être choisis de manière à assurer le bon fonctionnement sur l'étendue de températures d'essai.

5.1.4 Contrôle d'alignement

En général, dans une machine d'essai avec des systèmes de têtes d'amarrage rigides, la flexion due au mauvais alignement est provoquée par des décalages angulaires et/ou latéraux des têtes d'amarrage (voir [Figure 2](#)).

L'alignement de la machine d'essai doit être vérifié avant chaque série d'essais et à chaque modification apportée au système de mise en charge conformément à l'ISO 23788. L'alignement de la machine doit être au maximum de Classe 5 selon l'ISO 23788.