
**Céramiques techniques — Propriétés
mécaniques des céramiques
composites à haute température
sous air à pression atmosphérique
— Détermination des propriétés de
fatigue à amplitude constante**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standard in progress)

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —
Mechanical properties of ceramic composites at high temperature in
air at atmospheric pressure — Determination of fatigue properties at
constant amplitude*

ISO 17142:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5b40390e-2656-47f0-bb86-a2143bad3f9a/iso-17142-2014>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17142:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5b40390e-2656-47f0-bbf6-a2143bad3f9a/iso-17142-2014>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2014

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées 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 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
3.1 Généralités.....	2
3.2 Phénomènes de fatigue cyclique.....	3
4 Principe	5
5 Signification et usage	5
6 Appareillage	6
6.1 Machine d'essai de fatigue.....	6
6.2 Système d'application d'effort.....	6
6.3 Dispositif de chauffage.....	7
6.4 Extensomètre.....	7
6.5 Mesurage de la température.....	7
6.6 Système d'enregistrement des données.....	7
6.7 Micromètres.....	7
7 Éprouvettes	8
8 Préparation des éprouvettes	9
8.1 Usinage et préparation.....	9
8.2 Nombre d'éprouvettes.....	9
9 Mode opératoire d'essai	9
9.1 Configuration d'essai: considérations sur la température.....	9
9.2 Mesurage des dimensions des éprouvettes.....	10
9.3 Technique de l'essai.....	10
9.4 Validité de l'essai.....	11
10 Calcul des résultats	11
10.1 Temps à rupture, t_f	11
10.2 Paramètres d'endommagement.....	12
10.3 Propriétés résiduelles.....	12
11 Rapport d'essai	14
Annexe A (informative) Évolution schématique de E	15

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 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. 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: Avant-propos — Informations supplémentaires

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à haute température sous air à pression atmosphérique — Détermination des propriétés de fatigue à amplitude constante

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les conditions de détermination des propriétés de fatigue cyclique à amplitude constante de contrainte ou de déformation en traction/traction ou traction/compression uniaxiale des matériaux composites à matrice céramique (CMC) avec renfort des fibres pour une température jusqu'à 1 700 °C dans l'air à la pression atmosphérique.

La présente Norme internationale s'applique à tous les composites à matrice céramique avec renfort de fibres, unidirectionnel (1D), bidirectionnel (2D) ou tridirectionnel (xD, ou $2 < x \leq 3$).

La présente Norme internationale a pour objet de déterminer le comportement des composites à matrice céramique lorsqu'ils sont soumis à la fatigue mécanique dans une ambiance oxydante. Les essais de détermination des propriétés de fatigue à haute température dans des atmosphères inertes sont différents de ceux effectués dans des atmosphères oxydantes. Contrairement à une atmosphère inerte, l'endommagement dans une atmosphère oxydante s'accroît du fait de l'influence de la fatigue mécanique mais aussi des effets chimiques de l'oxydation des matériaux.

2 Références normatives

ISO 17142:2014

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives indispensables à 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 3611, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Équipement de mesurage dimensionnel: Micromètres d'extérieur — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

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

ISO 14544, *Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à haute température — Détermination des caractéristiques en compression*

ISO 14574, *Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à haute température — Détermination des caractéristiques en traction*

ISO 15733, *Céramiques techniques — Méthode d'essai de comportement à la contrainte en traction des composites renforcés de fibres continues, à température ambiante*

CEI 60584-1, *Couples thermoélectriques — Partie 1: Spécifications et tolérances en matière de FEM*

CEI 60584-2, *Couples thermoélectriques — Partie 2: Tolérances*

CEN/TR 13233, *Céramiques techniques avancées — Notations et symboles*

3 Termes et définitions

3.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans le CEN/TR 13233 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1.1 température d'essai

T

température de l'éprouvette au centre de la longueur de jauge

3.1.2 longueur utile

l

partie de l'éprouvette où la section est la plus faible et est uniforme

3.1.3 longueur de jauge

L_0

distance initiale entre les points de référence dans la longueur utile de l'éprouvette

3.1.4 zone en température contrôlée

partie de la longueur utile, incluant la longueur de jauge, où l'écart de température par rapport à la température d'essai est inférieur à 50 °C

3.1.5 aire initiale de la section

S_0

aire initiale de la section de l'éprouvette dans la longueur utile, à la température d'essai

Note 1 à l'article: Deux aires initiales de la section de l'éprouvette peuvent être définies:

- aire apparente de la section: aire totale de la section de l'éprouvette $S_{0\text{ app}}$;
- aire effective de la section: aire totale de la section corrigée d'un facteur, prenant en compte la présence d'un revêtement, $S_{0\text{ eff}}$.

3.1.6 allongement

A

modification sous une sollicitation uniaxiale de la longueur de jauge entre les points de référence

3.1.7 déformation

ε

modification relative de la longueur de jauge définie par le rapport A/L_0

3.1.8 contrainte

σ

force supportée par l'éprouvette à tout instant de l'essai, divisée par l'aire initiale de la section

Note 1 à l'article: Deux contraintes peuvent être différenciées:

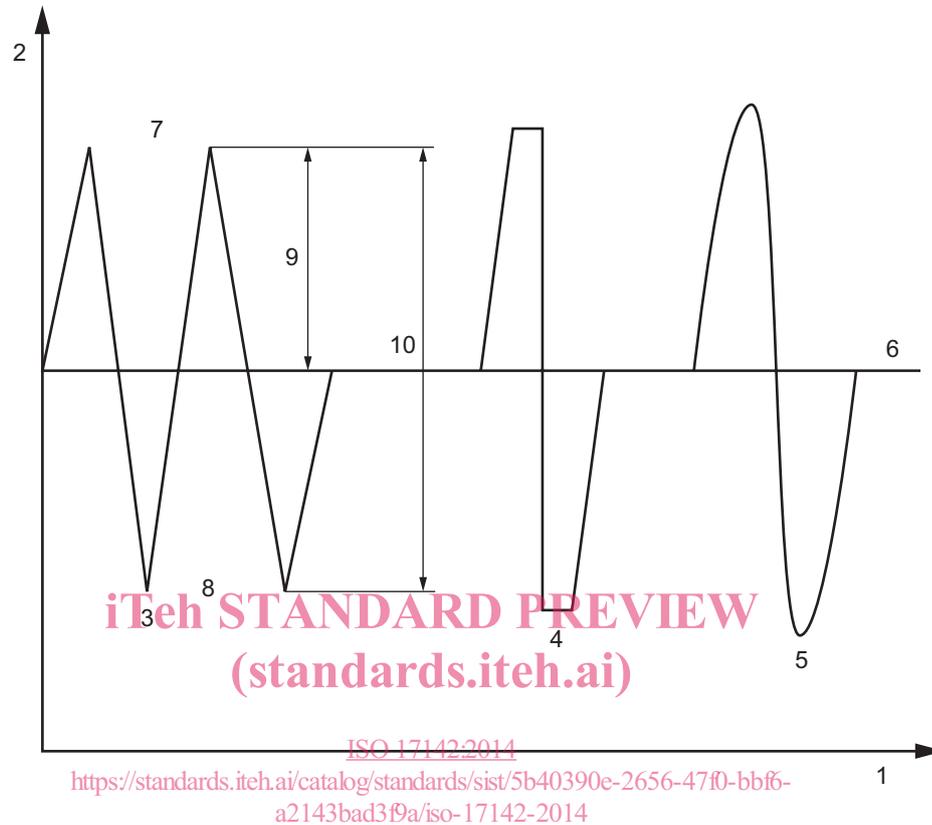
- contrainte apparente, σ_{app} , lorsque l'aire apparente (ou totale) de la section est utilisée;
- contrainte effective, σ_{eff} , lorsque l'aire effective de la section est utilisée.

Note 2 à l'article: La contrainte peut être une contrainte de traction ou de compression.

3.1.9

chargement à amplitude constante

dans le cas de chargement de fatigue cyclique, de forme d'onde constante dont le maximum et le minimum demeurent constants au cours de l'essai (voir la [Figure 1](#) pour la nomenclature relative aux essais de fatigue cyclique)



Légende

1	temps	6	moyenne
2	paramètre contrôlé (mode de l'essai)	7	maximum (valeur maximale)
3	forme triangulaire	8	minimum (valeur minimale)
4	forme trapézoïdale	9	amplitude
5	forme sinusoïdale	10	étendue

Figure 1 — Nomenclature des essais de fatigue cyclique et formes d'onde

3.2 Phénomènes de fatigue cyclique

NOTE Les paramètres de la courbe contrainte-déformation sont définis comme indiqué à la [Figure 2](#).

3.2.1 Rapport de charge

3.2.1.1

rapport de charge

R

dans le cas de la fatigue cyclique, rapport algébrique des deux paramètres de charges d'un cycle

Note 1 à l'article: Le rapport le plus couramment utilisé est:

— $R = (\text{charge minimale}/\text{charge maximale})$

3.2.2 Fatigue cyclique en contrainte

3.2.2.1

contrainte maximale

σ_{\max}

contrainte maximale appliquée au cours de la fatigue cyclique

3.2.2.2

contrainte minimale

σ_{\min}

contrainte minimale appliquée au cours de la fatigue cyclique

3.2.2.3

contrainte moyenne

σ_m

contrainte moyenne appliquée au cours de la fatigue cyclique

Note 1 à l'article: $\sigma_m = \frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2}$

3.2.2.4

amplitude de contrainte

σ_a

différence entre la contrainte maximale et la contrainte minimale

Note 1 à l'article: $\sigma_a = \frac{\sigma_{\max} - \sigma_{\min}}{2} = \sigma_{\max} - \sigma_m = \sigma_m - \sigma_{\min}$

3.2.3 Fatigue cyclique en déformation

3.2.3.1

déformation maximale

ε_{\max}

déformation maximale appliquée au cours de la fatigue cyclique

ISO 17142:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5b40390e-2656-47f0-bbfb-a2143bad3f9a/iso-17142-2014>

3.2.3.2

déformation minimale

ε_{\min}

déformation minimale appliquée au cours de la fatigue cyclique

3.2.3.3

déformation moyenne

ε_m

déformation moyenne appliquée au cours de la fatigue cyclique

Note 1 à l'article: $\varepsilon_m = \frac{\varepsilon_{\max} + \varepsilon_{\min}}{2}$

3.2.3.4

amplitude de déformation

ε_a

différence entre la déformation maximale et la déformation minimale

Note 1 à l'article: $\varepsilon_a = \frac{\varepsilon_{\max} - \varepsilon_{\min}}{2} = \varepsilon_{\max} - \varepsilon_m = \varepsilon_m - \varepsilon_{\min}$

3.2.4 Paramètres de fatigue

3.2.4.1

nombre de cycles

N

nombre total de cycles de charges appliqué à l'éprouvette au cours de l'essai

3.2.4.2**durée de vie en fatigue cyclique** N_f

nombre total de cycles de charges appliqué à l'éprouvette jusqu'à la rupture

3.2.4.3**temps à rupture** t_f durée requise pour obtenir le nombre de cycles, N_f **4 Principe**

Une éprouvette de dimensions spécifiées est portée à la température d'essai et soumise à la fatigue cyclique comme suit:

- méthode A: à chaque cycle, l'éprouvette est soumise à une contrainte variant entre deux niveaux constants à une fréquence spécifiée;
- méthode B: à chaque cycle, l'éprouvette est soumise à une déformation variant entre deux niveaux constants à une fréquence spécifiée.

Le nombre total de cycles est enregistré. Si la déformation n'est pas mesurée, seule la durée du cycle de vie ou les propriétés mécaniques résiduelles peuvent être déterminées. Si la déformation est mesurée, un certain nombre de cycles contrainte-déformation sont enregistrés à des intervalles spécifiés afin de déterminer les paramètres d'endommagement, outre la durée du cycle de vie et les propriétés mécaniques résiduelles.

NOTE Les propriétés résiduelles peuvent être déterminées sur les éprouvettes qui n'ont pas rompu au cours de l'essai, à l'aide des méthodes décrites dans les Normes internationales appropriées.

ISO 17142:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5b40390e-2656-47f0-bb8f-a2143bad3f9a/iso-17142-2014>

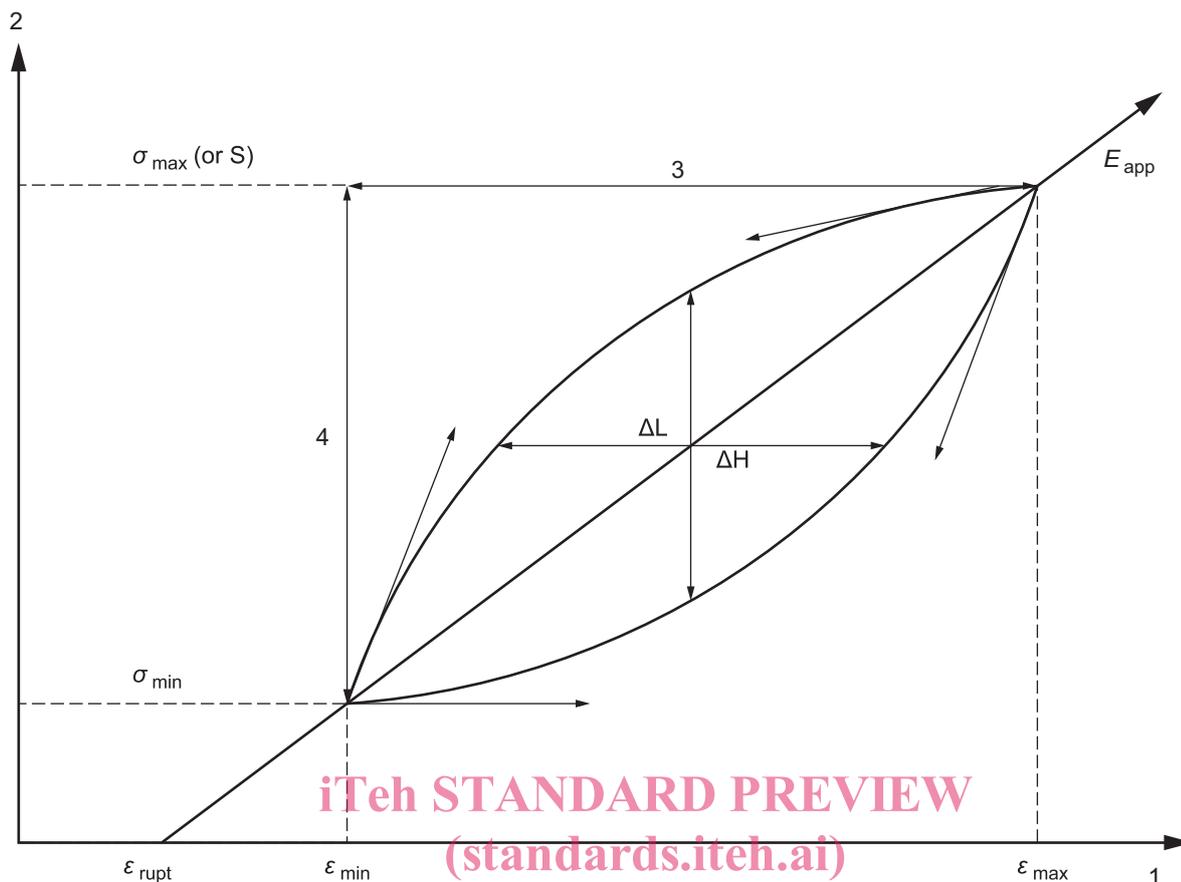
5 Signification et usage

La présente méthode d'essai permet de caractériser le comportement à la fatigue cyclique à amplitude constante des composites à matrice céramique soumis à des chargements de longue durée. La méthode la plus simple pour déterminer les propriétés de fatigue d'un matériau consiste à établir des diagrammes de durée de vie. Ces diagrammes représentent le temps à rupture (ou la durée de vie en fatigue cyclique) en fonction de l'amplitude de contrainte (ou de déformation).

Le diagramme complet du cycle de vie requiert un grand nombre d'éprouvettes, ce qui est coûteux et chronophage. Ainsi, il est suffisant de connaître la fatigue cyclique dans des conditions de contrainte (ou déformation) spécifiées, ou de mesurer la limite de fatigue. Dans tous les cas, l'essai de fatigue type est défini par le chargement cyclique, l'amplitude constante, l'environnement, la température et la fréquence de l'essai.

Il est possible, afin de mieux caractériser le comportement mécanique au cours d'un essai de fatigue, de déterminer plusieurs paramètres mécaniques à partir des courbes contrainte-déformation. Ces paramètres peuvent être représentés dans un graphique en fonction du temps ou du nombre de cycles. Ce graphique décrit l'évolution de l'endommagement sous l'action du chargement cyclique. Les paramètres suivants peuvent être pris en considération (voir [Figure 2](#)):

- la déformation résiduelle à charge nulle;
- le module élastique sécant ou les paramètres relatifs d'endommagement;
- l'aire de la boucle d'hystérésis contrainte-déformation, ou le frottement interne;
- les déformations maximale et minimale, ou la différence entre les deux pour un cycle choisi;
- certains modules élastiques tangents spécifiques, par exemple au sommet ou au bas de la boucle contrainte-déformation.



Légende

- 1 déformation (ϵ)
- 2 contrainte (σ)
- 3 largeur (L)
- 4 hauteur (H)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5b40390e-2656-47f0-bbf6-a2143bad3f9a/iso-17142-2014>
 ISO 17142:2014

Figure 2 — Paramètres pouvant être pris en considération pour évaluer le comportement à la fatigue cyclique

6 Appareillage

6.1 Machine d'essai de fatigue

Une machine d'essai de type hydraulique ou entraînée par un actionneur électrique doit être utilisée. Elle doit être pilotée en charge ou en déformation.

Le système de mesure de la force appliquée à l'éprouvette doit être spécialement conçu pour les essais de fatigue et doit être de classe égale ou inférieure à 1 conformément à l'ISO 7500-1. Ceci doit s'appliquer dans les conditions réelles d'essai. La machine doit être équipée d'un compteur de cycles pour la fréquence d'essai choisie.

6.2 Système d'application d'effort

Le système d'application d'effort doit être tel que la charge indiquée par la cellule d'effort et la charge supportée par l'éprouvette soient les mêmes.

La performance de ce système, incluant le système d'alignement et le système de transmission d'effort, ne doit pas être modifiée du fait du chauffage.

Les dispositifs d'attache doivent permettre l'alignement de l'axe de l'éprouvette avec la direction de la force appliquée.

Les mors doivent permettre d'éviter tout glissement de l'éprouvette.

L'utilisation de mors hydrauliques est recommandée. Dans ce cas, la technique des mors refroidis dans laquelle ces derniers sont à l'extérieur de la zone chaude, est utilisée.

NOTE Dans cette technique, il existe un gradient de température entre le centre de l'éprouvette qui est à la température prescrite et ses extrémités qui sont à la même température que les mors.

6.3 Dispositif de chauffage

Le dispositif de chauffage doit être conçu de telle manière que l'écart entre la température dans la zone en température contrôlée et la température d'essai ne soit pas supérieur à 50 °C.

6.4 Extensomètre

Le cas échéant, l'extensomètre doit être capable d'enregistrer en continu l'allongement à la température d'essai et être compatible avec la fréquence d'essai choisie. L'extensomètre doit être de classe égale ou inférieure à 1 conformément à l'ISO 9513.

Le type d'extensomètre couramment utilisé est l'extensomètre de type mécanique.

Dans ce cas, la longueur de jauge est la distance entre les deux points où les tiges de l'extensomètre touchent l'éprouvette. Les tiges peuvent être exposées à des températures supérieures à la température de l'éprouvette. La précision de la mesure de l'allongement ne doit pas être perturbée par des modifications structurales des matériaux dont sont constituées les tiges dues à la température et/ou l'environnement. Le matériau utilisé pour les tiges doit être compatible avec le matériau des éprouvettes.

Il convient de veiller à la correction des modifications d'étalonnage de l'extensomètre lorsque celui-ci est utilisé dans des conditions différentes de celles de l'étalonnage.

La durée de l'essai ne doit pas affecter les performances de l'extensomètre.

La pression des tiges de l'extensomètre sur l'éprouvette doit être réglée au niveau minimum nécessaire pour éviter qu'elles ne glissent.

6.5 Mesurage de la température

Pour le mesurage de la température, soit des thermocouples conformes à l'IEC 60584-1 et l'IEC 60584-2 doivent être utilisés, soit, lorsque des thermocouples non conformes à la IEC 60584 ou des pyromètres sont utilisés, ils doivent être étalonnés de manière appropriée et les données d'étalonnage doivent être jointes au rapport d'essai.

6.6 Système d'enregistrement des données

Un enregistreur étalonné peut être utilisé pour enregistrer une courbe force-allongement. L'utilisation d'une chaîne d'enregistrement de données numériques est recommandée.

6.7 Micromètres

Les micromètres utilisés pour le mesurage des dimensions de l'éprouvette doivent être conformes à la norme ISO 3611.