

Troisième édition
2012-12-01

Version corrigée
2015-06-15

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

*Metallic materials — Calibration of extensometer systems used in
uniaxial testing*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9513:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>



Numéro de référence
ISO 9513:2012(F)

© ISO 2012

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 9513:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

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.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Symboles et désignations	1
4 Principe	2
5 Équipement d'étalonnage	2
5.1 Appareil d'étalonnage.....	2
5.2 Traçabilité de l'étalonnage.....	2
6 Contrôle préalable à l'étalonnage	2
6.1 Objectif.....	2
6.2 Enregistrements du contrôle.....	3
6.3 Identification des éléments de la chaîne extensométrique.....	3
7 Mesurage de la longueur de base de l'extensomètre	3
7.1 Extensométrie à longueur de base fixe.....	3
7.2 Extensométrie à longueur de base variable.....	3
7.3 Extensométrie sans contact.....	4
7.4 Longueurs de base d'extensomètre établies au moyen de capteurs de réglage.....	4
8 Processus d'étalonnage	4
8.1 Considérations environnementales.....	4
8.2 Position de l'extensomètre.....	5
8.3 Incréments d'étalonnage.....	5
8.4 Processus d'étalonnage.....	6
8.5 Détermination des caractéristiques de la chaîne extensométrique.....	7
8.5.1 Résolution.....	7
8.5.2 Erreur de justesse.....	7
9 Classification de la chaîne extensométrique	7
9.1 Données d'entrée.....	7
9.2 Analyse des données.....	8
9.3 Critères de classification.....	8
9.4 Évaluation des résultats.....	8
10 Détermination de l'incertitude	9
10.1 Incertitude de l'étalonnage.....	9
10.2 Détermination du budget d'incertitude.....	9
11 Intervalles entre les étalonnages d'une chaîne extensométrique	9
12 Certificat d'étalonnage	9
12.1 Informations obligatoires.....	9
12.2 Présentation des données.....	10
Annexe A (informative) Incertitude de mesure	11
Annexe B (informative) Étalonnage de l'appareil d'étalonnage	17
Annexe C (informative) Exemple de rapport d'étalonnage d'un appareil d'étalonnage	19
Annexe D (informative) Exemples de configurations de chaînes extensométriques	22
Annexe E (informative) Extensométrie laser	32
Annexe F (informative) Extensométrie vidéo	41
Annexe G (informative) Extensométrie vidéo avec mesure de déformation plein champ	45

Annexe H (informative) Étalonnage d'un système de mesure sur traverses	47
Bibliographie	48

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 9513:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>

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 procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/CEI, 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/CEI, 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](http://www.iso.org/standards). <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 1, *Essais uniaxiaux*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 9513:1999), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également le Rectificatif technique ISO 9513:1999/Cor.1:2000.

Dans cette version corrigée, les chiffres dans le [Tableau B.1](#) ont été corrigés.

Introduction

La présente Norme internationale établit les critères pour l'étalonnage des chaînes extensométriques, couvrant les principes généraux, l'équipement d'étalonnage à utiliser, l'inspection avant étalonnage et la mesure de la longueur de base pour différents types de chaînes extensométriques. Les aspects du processus d'étalonnage sont abordés comme l'évaluation des résultats, les incertitudes, les intervalles entre étalonnages et la manière de rendre compte des résultats. Les critères relatifs à l'appareil d'étalonnage, leur étalonnage et leur classification sont traités, complétés par une bibliographie couvrant un certain nombre d'articles importants se rapportant aux chaînes extensométriques et à leur application [1] à [10]. Des travaux sont en cours pour développer des processus pour l'étalonnage dynamique des extensomètres; toutefois, ceux-ci n'ont pas atteint, à la date de rédaction de la présente Norme internationale, le niveau de développement approprié pour être inclus dans le présent document. Pour plus d'informations, voir la Référence [6].

Des annexes informatives traitent du calcul des incertitudes de mesure pour l'étalonnage d'une chaîne extensométrique ([Annexe A](#)), de l'étalonnage de l'équipement d'étalonnage ([Annexe B](#)) et d'un exemple de rapport d'étalonnage ([Annexe C](#)). D'autres annexes traitent d'exemples de configurations de chaînes extensométriques ([Annexe D](#)), de l'extensométrie laser ([Annexe E](#)), de l'extensométrie vidéo ([Annexe F](#)), de l'extensométrie plein champ ([Annexe G](#)) et de l'étalonnage d'un système de mesure sur traverses ([Annexe H](#)).

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 9513:2012](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>

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

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode pour l'étalonnage statique des chaînes extensométriques utilisées lors d'essais uniaxiaux, y compris les chaînes extensométriques axiales et diamétrales, avec contact ou sans contact.

2 Termes et définitions

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

2.1

chaîne extensométrique

équipement utilisé pour mesurer le déplacement ou la déformation à la surface d'une éprouvette

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente Norme internationale, le terme «chaîne extensométrique» inclut l'indicateur. Certains extensomètres indiquent la déformation directement (par exemple extensomètres laser ou techniques numériques de corrélation d'images), alors que d'autres extensomètres indiquent l'évolution de la longueur de base d'une éprouvette qui est convertie en déformation en la divisant par la longueur de base concernée.

2.2

longueur de base

partie de l'éprouvette sur laquelle l'extension est mesurée

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012>

3 Symboles et désignations

Les symboles utilisés dans la présente Norme internationale et leur désignation sont donnés dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles et désignations

Symbole	Désignation	Unité
L_e	Valeur nominale de la longueur de base de l'extensomètre	mm
L'_e	Valeur mesurée de la longueur de base de l'extensomètre	mm
l_{max}	Limite maximale du domaine d'étalonnage	mm
l_{min}	Limite minimale du domaine d'étalonnage	mm
l_i	Déplacement indiqué par l'extensomètre	μm
l_t	Déplacement donné par l'appareil d'étalonnage	μm
q_{L_e}	Erreur relative sur la longueur de base de la chaîne extensométrique	%
q_{rb}	Erreur relative de justesse de la chaîne extensométrique	%
q_b	Erreur absolue de justesse de la chaîne extensométrique	μm
r	Résolution de la chaîne extensométrique	μm

4 Principe

L'étalonnage des chaînes extensométriques consiste à comparer les indications données par l'extensomètre à des variations de longueurs connues imposées par un appareil d'étalonnage.

NOTE 1 L'utilisateur peut définir la(les) gamme(s) de déplacement sur la(les)quelle(s) l'étalonnage est à réaliser. Ainsi, la performance de la chaîne extensométrique peut être optimisée. Par exemple, pour la fatigue olygocyclique avec contrôle de la déformation, seule une petite partie de la gamme opérationnelle de l'extensomètre est typiquement utilisée. Par suite, il serait approprié, dans ce cas, de concentrer l'étalonnage sur la partie centrale de la gamme opérationnelle.

Le processus d'étalonnage compare le déplacement connu à partir du dispositif d'étalonnage avec la sortie de la chaîne extensométrique. Cette sortie peut provenir de lectures manuelles de comparateurs à haute précision, jusqu'à l'indication de déplacement d'un capteur/une électronique/un système de stockage de données. Dans le dernier cas, la sortie de la chaîne extensométrique inclurait tout lissage de courbes de données appliqué par l'électronique/le système de stockage de données.

NOTE 2 Pour certains types de chaînes extensométriques, l'étalonnage et la classification dépendront également de la capacité de la chaîne extensométrique à définir la longueur de base.

5 Équipement d'étalonnage

5.1 Appareil d'étalonnage

L'appareil d'étalonnage qui permet d'appliquer un déplacement connu, l_0 , à l'extensomètre peut être constitué d'un cadre rigide, avec des tiges coaxiales appropriées ou d'autres dispositifs, sur lequel l'extensomètre peut être fixé. L'appareil d'étalonnage doit comporter un mécanisme permettant de déplacer au moins l'une des tiges axiales et un dispositif de mesure permettant de mesurer avec précision le changement de longueur produit. Ces variations de longueur peuvent être mesurées, par exemple, à l'aide d'un interféromètre, d'un encodeur incrémental linéaire ou de cales-étalons et d'un comparateur ou d'un micromètre.

NOTE Des dispositifs spéciaux de fixation aux tiges de l'appareil d'étalonnage sont utilisés pour l'étalonnage des extensomètres diamétraux.

Il convient que l'appareil d'étalonnage soit étalonné conformément à l'Annexe B et satisfasse aux exigences de performance données dans le Tableau B.1.

L'Annexe B donne une procédure d'étalonnage recommandée pour l'équipement d'étalonnage et détaille les critères de performance qui indiquent que l'équipement convient pour l'étalonnage des chaînes extensométriques conformément à la présente Norme internationale.

5.2 Traçabilité de l'étalonnage

L'appareil d'étalonnage et les équipements connexes utilisés (tels que micromètres, pieds à coulisse, microscopes optiques) doivent être étalonnés au moyen d'étalons qui peuvent être raccordés au système international d'unités (SI). L'incertitude associée à toutes mesures réalisées au moyen des équipements connexes ne doit pas dépasser un tiers de l'erreur admissible de la chaîne extensométrique qui est étalonnée (voir Tableau 2). L'instrument de mesure de la température doit avoir une résolution de 0,1 °C.

6 Contrôle préalable à l'étalonnage

6.1 Objectif

Avant étalonnage, la chaîne extensométrique doit faire l'objet d'un contrôle. Celui-ci doit comporter, de façon non limitative, un contrôle des éléments mécaniques pour ce qui est, par exemple, du libre mouvement, des pièces endommagées, des arêtes de couteaux usées et des pattes/dispositifs de fixation établissant une

longueur de base détériorée. Pour les chaînes extensométriques comportant des capteurs électroniques, le câblage et les connections doivent être examinés pour vérifier s'ils sont endommagés, usés, etc.

La chaîne extensométrique doit être étalonnée dans l'état où elle se trouve pour autant que cela soit possible. Les résultats doivent être évalués et, si nécessaire, la chaîne doit être réglée et ré-étalonnée. Dans ce cas, les deux séries de données doivent être consignées.

6.2 Enregistrements du contrôle

Les enregistrements du contrôle préalable à l'étalonnage doivent être conservés, en identifiant l'état dans lequel la chaîne extensométrique a été trouvée, quand la vérification a été réalisée et qui l'a réalisée. Ces enregistrements du contrôle préalable à l'étalonnage peuvent prendre la forme d'un rapport écrit ou d'une check-list «pro-forma» complétée.

6.3 Identification des éléments de la chaîne extensométrique

L'extensomètre doit avoir une identification unique. Les pièces qui peuvent être changées par l'utilisateur pendant l'utilisation normale de l'extensomètre qui ont une influence sur l'étalonnage de l'extensomètre doivent également avoir une identification unique lorsque cela est possible. Toutefois, cette exigence ne s'étend pas aux dispositifs d'attache utilisés pour fixer l'extensomètre sur l'éprouvette. Ces identifications uniques font partie des enregistrements pour la chaîne extensométrique.

7 Mesurage de la longueur de base de l'extensomètre

7.1 Extensométrie à longueur de base fixe

7.1.1 La longueur de base mesurée, L'_e , d'un extensomètre de longueur de base fixe doit être déterminée par des moyens directs ou indirects. Dans les deux cas, la patte de réglage ou la partie fixe de l'extensomètre est utilisée pour régler les points de contact de l'extensomètre à leur déplacement préréglé.

NOTE On peut observer une variabilité de la longueur de base mesurée du fait d'un jeu/d'une usure excessif/ive du mécanisme de réglage de la longueur de base.

7.1.1.1 Un mesurage direct de la longueur de base, L'_e , est réalisé entre les points de contact de l'extensomètre, au moyen d'un instrument de mesure étalonné tel qu'un pied à coulisse ou un projecteur de profil.

7.1.1.2 Un mesurage indirect de la longueur de base, L'_e , est réalisé en plaçant l'extensomètre sur une éprouvette de métal doux de façon que les couteaux ou les pointes de l'extensomètre laissent leurs marques. Une fois que l'extensomètre est retiré, la distance entre les marques sur l'éprouvette doit être mesurée, au moyen d'un équipement d'une exactitude compatible avec la classe requise de l'extensomètre.

7.1.2 L'erreur relative sur la longueur de base, q_{L_e} , calculée à partir de la Formule (1), ne doit pas dépasser les valeurs données dans le [Tableau 2](#).

$$q_{L_e} = \frac{L'_e - L_e}{L_e} \times 100 \quad (1)$$

7.2 Extensométrie à longueur de base variable

7.2.1 La longueur de base d'un extensomètre à longueur de base variable doit être mesurée directement ou indirectement.

7.2.1.1 Un mesurage direct de la longueur de base est réalisé en réglant l'extensomètre à la longueur de base requise au moyen de gabarits, appareils fixes ou d'autres outils, puis en mesurant la longueur entre

les points de contact de l'extensomètre, au moyen d'un instrument de mesure étalonné tel qu'un pied à coulisse ou un projecteur de profil.

7.2.1.2 Un mesurage indirect de la longueur de base, L'_e , est réalisé en fixant l'extensomètre sur une éprouvette de métal doux de façon que les lames ou les pointes de l'extensomètre laissent leurs marques. Une fois que l'extensomètre est retiré, la distance entre les marques sur l'éprouvette est mesurée, au moyen d'un équipement d'une exactitude compatible avec la classe requise de l'extensomètre.

7.2.2 Les extensomètres communément utilisés pour les essais de fluage, les essais de traction à température élevée ou les essais de relaxation ont leur longueur de base définie par de petites collerettes usinées sur la longueur calibrée de l'éprouvette, sur lesquelles l'extensomètre est fixé. La longueur de base de tels extensomètres doit être déterminée directement à partir de l'éprouvette et doit être d'une exactitude compatible avec la classe requise d'extensomètre.

7.2.3 L'erreur relative sur la longueur de base, q_{L_e} , calculée à partir de la Formule (1), ne doit pas dépasser les valeurs données dans le [Tableau 2](#).

7.2.4 Lorsqu'un extensomètre fixe ou mesure la longueur de base, l'erreur relative sur la longueur de base doit être déterminée. Si des reliefs sur l'éprouvette définissent la longueur de base, il n'est pas nécessaire de déterminer l'erreur relative sur la longueur de base.

7.2.5 Lorsqu'un extensomètre fixe automatiquement la longueur de base, les longueurs de base maximale et minimale utilisées, plus trois longueurs de base supplémentaires entre le minimum et le maximum doivent être mesurées. Lorsque moins de cinq longueurs de base sont utilisées, toutes les longueurs de base doivent être mesurées.

7.3 Extensométrie sans contact ISO 9513:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7->

La longueur de base pour une extensométrie sans contact est fixée conformément aux instructions du fabricant.

7.4 Longueurs de base d'extensomètre établies au moyen de capteurs de réglage

Lorsqu'une longueur de base d'extensomètre est fixée au moyen d'un capteur amovible, l'erreur relative sur la longueur de base, q_{L_e} , calculée à partir de la Formule (1), ne doit pas dépasser les valeurs données dans le [Tableau 2](#).

L'incertitude de mesure pour la longueur de base doit être trois fois meilleure que l'erreur permise pour la longueur de base.

8 Processus d'étalonnage

8.1 Considérations environnementales

8.1.1 La température ambiante, pendant l'étalonnage de la chaîne extensométrique, doit être enregistrée.

En général, il convient de réaliser l'étalonnage de la chaîne extensométrique à une température stable à ± 2 °C près, la température cible se situant dans l'intervalle de 18 °C à 28 °C. Les changements de température pendant le processus d'étalonnage peuvent ajouter une composante à l'incertitude d'étalonnage et dans certains cas peuvent affecter la possibilité d'étalonner correctement l'extensomètre.

8.1.2 Pour les extensomètres utilisés pour les essais uniaxiaux à des températures en dehors de l'intervalle de 10 °C à 35 °C, il convient de réaliser l'étalonnage à la température d'essai ou à une température proche de celle-ci, si les installations existent.

8.1.3 L'extensomètre doit être placé près de l'appareil d'étalonnage ou monté sur celui-ci pendant un temps suffisant avant son étalonnage de façon que les pièces de la chaîne extensométrique et de l'appareil d'étalonnage qui sont en contact se stabilisent à la température d'étalonnage.

8.2 Position de l'extensomètre

L'extensomètre doit être placé, lorsque cela est faisable, dans l'appareil d'étalonnage selon une orientation similaire à celle dans laquelle il sera utilisé pendant les essais uniaxiaux de façon à éviter des erreurs dues à une perte d'équilibre ou une déformation d'une partie quelconque de l'extensomètre.

L'extensomètre doit être fixé d'une manière similaire à celle utilisée pendant les essais uniaxiaux.

8.3 Incréments d'étalonnage

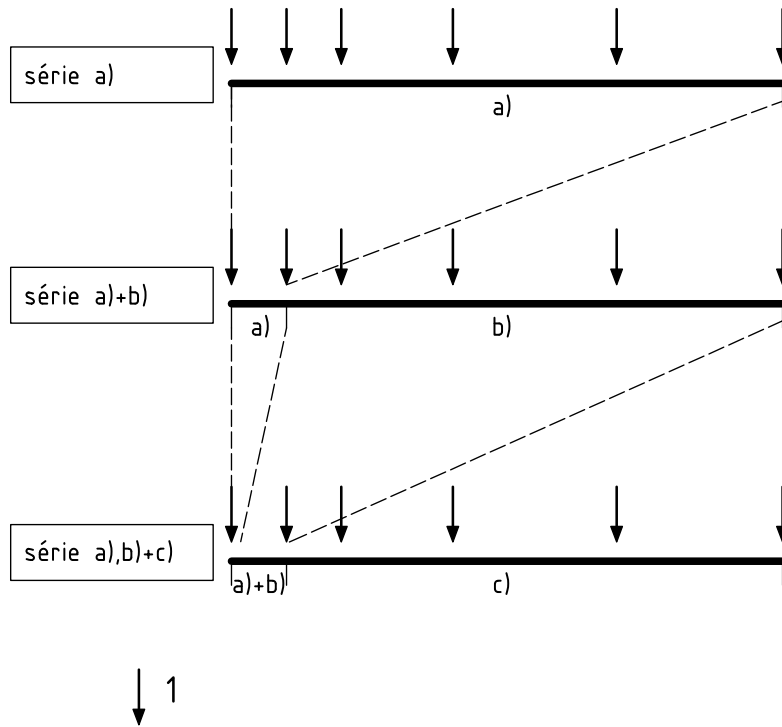
8.3.1 L'utilisateur doit établir la gamme des déplacements sur laquelle la chaîne extensométrique doit être étalonnée.

8.3.2 Le nombre de points d'étalonnage et le nombre d'intervalles pour lesquels l'étalonnage est réalisé doivent être basés sur la relation entre le déplacement minimal pour lequel une caractéristique est déterminée, l_{\min} , et le déplacement maximal pour lequel une caractéristique est déterminée, l_{\max} .

8.3.3 Pour des essais monotones, la série suivante de lectures doit être réalisée.

- a) Si (l_{\max}/l_{\min}) est inférieur ou égal à 10, un intervalle d'au moins cinq incréments doit être enregistré.
- b) Si (l_{\max}/l_{\min}) est supérieur à 10 mais inférieur ou égal à 100, deux intervalles (l_{\min} à $10l_{\min}$ et $10l_{\min}$ à l_{\max}), ou (l_{\min} à $0,1l_{\max}$ et $0,1l_{\max}$ à l_{\max}), chacun d'au moins cinq incréments, doivent être enregistrés.
- c) Si (l_{\max}/l_{\min}) est supérieur à 100, trois intervalles (l_{\min} à $10l_{\min}$, $10l_{\min}$ à $100l_{\min}$, $100l_{\min}$ à l_{\max}), ou (l_{\min} à $0,01l_{\max}$, $0,01l_{\max}$ à $0,1l_{\max}$, $0,1l_{\max}$ à l_{\max}), chacun d'au moins cinq incréments, doivent être enregistrés.

Pour chacune des trois catégories [a), b), c) ci-dessus], l'incrément entre deux points adjacents quelconques ne doit pas dépasser un tiers de l'intervalle. Des exemples de ces incréments sont présentés à la [Figure 1](#).



Légende

1 point d'étalonnage

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Figure 1 — Diagramme schématique montrant la répartition des points d'étalonnage

ISO 9513:2012

NOTE 1 Un essai de traction avec mesure, à partir de l'extensomètre du module d'élasticité et des limites conventionnelles d'élasticité seulement, tomberait dans la catégorie a). Un essai de traction, avec détermination des limites conventionnelles d'élasticité et de l'allongement à la rupture à partir de l'extensomètre, ou un essai de rupture par fluage, tomberait dans la catégorie b) ou la catégorie c).

NOTE 2 Pour les essais de fatigue, un intervalle d'au moins cinq incréments (avec l'incrément entre deux points adjacents quelconques ne dépassant pas un tiers de l'intervalle entre l_{min} et l_{max}) est utilisé.

NOTE 3 Les valeurs déduites à partir des calculs ci-avant peuvent être ajustées aux incréments les plus proches et convenant le mieux pour correspondre à ceux de l'appareil d'étalonnage.

8.3.4 En établissant l_{max} et l_{min} , les facteurs opérationnels tels que la dilatation thermique pour les essais à température élevée et les contingences supplémentaires relatives au déplacement pour couvrir des sujets comme la variabilité du montage d'un essai à l'autre doivent être pris en compte.

8.4 Processus d'étalonnage

8.4.1 L'étalonnage doit être entrepris dans l'état de réception sans nettoyage spécial.

8.4.2 Lorsque la température est stabilisée, il est recommandé que, avant l'étalonnage et au moyen de l'appareil d'étalonnage, l'extensomètre soit actionné deux fois sur l'intervalle d'étalonnage de la chaîne extensométrique. Si possible, le déplacement est pris égal à une valeur légèrement négative et remis à zéro. Lorsque cela est approprié, la chaîne extensométrique est réglée à zéro.

8.4.3 L'étalonnage consiste en deux séries de mesures, les incréments étant comme définis en 8.3.

- La première série de mesures est réalisée et enregistrée; l'extensomètre est retiré puis placé à nouveau sur l'appareil d'étalonnage.

- Une deuxième série de mesures est alors réalisée de la même manière que la première.

En fonction de l'utilisation escomptée de l'extensomètre, les deux séries de mesures sont réalisées pour des longueurs croissantes ou pour des longueurs décroissantes, ou pour les deux.

8.5 Détermination des caractéristiques de la chaîne extensométrique

8.5.1 Résolution

8.5.1.1 La résolution, r , est la plus petite quantité qui peut être lue sur l'instrument.

8.5.1.2 Pour les extensomètres avec des échelles analogiques, la résolution de l'indicateur doit être obtenue à partir du rapport entre la largeur de l'aiguille et la distance centre-à-centre entre deux graduations adjacentes de l'échelle (intervalle de l'échelle), multiplié par la dimension physique que représente un incrément de l'échelle. La résolution ne doit pas être inférieure au cinquième de la dimension physique représentée par un intervalle de l'échelle à moins que la distance entre deux marques adjacentes soit supérieure ou égale à 2,5 mm; dans ce cas, la résolution peut être aussi petite qu'un dixième de l'intervalle de l'échelle.

8.5.1.3 Pour les chaînes extensométriques munies d'un affichage électronique, la sortie doit être observée pendant 10 s et les valeurs maximale et minimale doivent être enregistrées. La moitié de la différence entre valeurs maximale et minimale observées doit être établie et enregistrée comme la résolution, r . Lorsque les valeurs minimale et maximale sont égales, la résolution doit être un digit sur l'affichage.

8.5.2 Erreur de justesse (standards.iteh.ai)

8.5.2.1 Erreur relative de justesse ISO 9513:2012

L'erreur relative de justesse, q_{rb} , pour un déplacement donné, l_t , est calculée à partir de la Formule (2):

$$q_{rb} = \frac{l_i - l_t}{l_t} \times 100 \quad (2)$$

8.5.2.2 Erreur absolue de justesse

L'erreur absolue de justesse, q_b , pour un déplacement donné, l_t , est calculée à partir de la Formule (3):

$$q_b = (l_i - l_t) \quad (3)$$

9 Classification de la chaîne extensométrique

9.1 Données d'entrée

Les données d'entrée requises pour la classification de la chaîne extensométrique sont:

- l'erreur relative de la longueur de base (voir [7.2.5](#));
- la résolution (absolue et/ou relative) de la chaîne extensométrique (voir [8.5.1](#));
- pour chaque point de données d'étalonnage, l'erreur de justesse (absolue et/ou relative) (voir [8.5.2](#));
- la confirmation que l'appareil d'étalonnage a rempli les exigences de la présente Norme internationale pour chaque point de données d'étalonnage.

9.2 Analyse des données

Les données collectées sont évaluées comme suit:

- a) l'erreur relative de la longueur de base est comparée aux limites du [Tableau 2](#) et une classification est obtenue;
- b) la résolution de la chaîne extensométrique pour chaque point de données d'étalonnage est comparée aux limites du [Tableau 2](#) et une classification est obtenue;
- c) pour chaque point de données d'étalonnage, l'erreur de justesse est comparée aux limites du [Tableau 2](#) et une classification est obtenue.

9.3 Critères de classification

Le [Tableau 2](#) donne les valeurs maximales admissibles pour l'erreur relative de la longueur de base, la résolution et l'erreur de justesse.

Tableau 2 — Classification de la chaîne extensométrique

Classe de la chaîne extensométrique	Erreur relative de la longueur de base	Résolution ^a		Erreur de justesse ^a	
		Pourcentage de lecture	Valeur absolue	Valeur relative	Valeur absolue
		q_{Le} %	$(r/l_i) \cdot 100$ %	r μm	q_{rb} %
0,2	±0,2	0,1	0,2	±0,2	±0,6
0,5	±0,5	0,25	0,5	±0,5	±1,5
1	±1,0	0,5	1,0	±1,0	±3,0
2	±2,0	1,0	2,0	±2,0	±6,0

^a La valeur la plus grande étant retenue.

9.4 Évaluation des résultats

9.4.1 Les données spécifiées en [9.2](#) sont collectées et la valeur maximale de classification pour chaque élément suivant est déterminée:

- a) l'erreur relative de la longueur de base;
- b) pour chaque point de données d'étalonnage, la résolution de la chaîne extensométrique;
- c) pour chaque point de données d'étalonnage, l'erreur de justesse;
- d) pour chaque point de données d'étalonnage, la classification de l'appareil d'étalonnage.

La valeur maximale des quatre paramètres ci-dessus est définie comme la classification selon ISO 9513 pour la chaîne extensométrique.

9.4.2 Lorsque des réglages sont nécessaires pour que l'extensomètre satisfasse aux exigences de la classe pour son usage prévu, le prestataire d'étalonnage peut, en accord avec le laboratoire, procéder à de tels réglages pour accroître la performance de la chaîne extensométrique. Les enregistrements obtenus lors de l'étalonnage initial doivent être conservés et fournis, comme faisant partie de la documentation d'étalonnage. Les résultats après réglages doivent être consignés sur le certificat d'étalonnage.

10 Détermination de l'incertitude

10.1 Incertitude de l'étalonnage

De nombreux éléments contribuent à l'incertitude du processus d'étalonnage. Ce qui suit doit être évalué et pris en compte dans le calcul du budget d'incertitude:

- a) incertitude d'étalonnage du dispositif d'étalonnage;
- b) fluctuations de la température ambiante pendant l'étalonnage;
- c) variabilité inter-opérateur lorsque plus d'une personne réalise des étalonnages dans un laboratoire;
- d) réglage de la longueur de base;
- e) équipement de mesure de la longueur de base.

Pour plus d'informations, se reporter à l'[Annexe A](#).

10.2 Détermination du budget d'incertitude

L'incertitude doit être déterminée. Un exemple de calcul, montrant comment on réalise une évaluation de l'incertitude pour une chaîne extensométrique, est présenté en [Annexe A](#).

NOTE Les exigences de la présente Norme internationale limitent les principales composantes d'incertitude lors de l'étalonnage des extensomètres. En satisfaisant cette norme métrologique, l'incertitude est explicitement prise en compte comme cela est requis par certaines normes d'accréditation. Réduire le biais admissible de la valeur de l'incertitude conduirait à un double comptage de l'incertitude. La classification d'un extensomètre étalonné et certifié répondre à une classe spécifique ne garantit pas que l'exactitude incluant l'incertitude soit inférieure à une valeur donnée. Par exemple, un extensomètre répondant à la Classe 0,5 ne présente pas nécessairement un biais incluant l'incertitude de moins de 0,5 %.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012)

[131b52896e49/iso-9513-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/67124378-c83d-4195-b6e7-131b52896e49/iso-9513-2012)

11 Intervalles entre les étalonnages d'une chaîne extensométrique

11.1 Le temps entre deux étalonnages dépend du type de chaîne extensométrique, de la norme de maintenance et le nombre d'utilisations de la chaîne extensométrique. Dans des conditions normales, il est recommandé que l'étalonnage soit réalisé à des intervalles d'approximativement 12 mois. Cet intervalle ne doit pas dépasser 18 mois sauf s'il est prévu que l'essai dure plus de 18 mois; dans un tel cas, la chaîne extensométrique doit être étalonnée avant et après l'essai. Lorsque les essais de fluage à long terme sont réalisés conformément à l'ISO 204, l'intervalle entre étalonnages pour leurs chaînes extensométriques, sur la base d'une solide expérience pratique, est de trois ans; il en est de même pour les essais de relaxation à long terme. Dans ces cas, les exigences des normes d'essais doivent prévaloir sur les intervalles d'étalonnage définis dans le présent article.

11.2 La chaîne extensométrique doit être étalonnée après chaque réparation ou réglage qui affecte l'exactitude des mesures.

12 Certificat d'étalonnage

12.1 Informations obligatoires

Le certificat d'étalonnage doit contenir au moins les informations suivantes:

- a) référence à la présente Norme internationale, c'est-à-dire ISO 9513;
- b) nom et adresse du propriétaire de la chaîne extensométrique;