

Version Française

Plastiques - Détermination des propriétés en traction - Partie 1: Principes généraux (ISO 527-1:2012)

Kunststoffe - Bestimmung der Zugeigenschaften - Teil 1:
Allgemeine Grundsätze (ISO 527-1:2012)

Plastics - Determination of tensile properties - Part 1:
General principles (ISO 527-1:2012)

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 14 février 2012.

Les membres du CEN sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN-CENELEC ou auprès des membres du CEN.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN-CENELEC, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN sont les organismes nationaux de normalisation des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION

Management Centre: Avenue Marnix 17, B-1000 Bruxelles

Sommaire	Page
Avant-propos.....	3

Avant-propos

Le présent document (EN ISO 527-1:2012) a été élaboré par le Comité Technique ISO/TC 61 "Plastiques" en collaboration avec le Comité Technique CEN/TC 249 "Plastiques", dont le secrétariat est tenu par NBN.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en août 2012, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en août 2012.

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. Le CEN et/ou le CENELEC ne saurait [sauraient] être tenu[s] pour responsable[s] de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document remplace l'EN ISO 527-1:1996.

Selon le Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.

Notice d'entérinement

Le texte de l'ISO 527-1:2012 a été approuvé par le CEN comme EN ISO 527-1:2012 sans aucune modification.

**Plastiques — Détermination des
propriétés en traction —**

**Partie 1:
Principes généraux**

*Plastics — Determination of tensile properties —
Part 1: General principles*





DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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
4 Principe et méthodes	6
4.1 Principe	6
4.2 Méthode	6
5 Appareillage	6
5.1 Machine d'essai	6
5.2 Appareils pour le mesurage de la largeur et de l'épaisseur des éprouvettes	10
6 Éprouvettes	10
6.1 Forme et dimensions	10
6.2 Préparation des éprouvettes	10
6.3 Repères	11
6.4 Contrôle des éprouvettes	11
6.5 Anisotropie	11
7 Nombre d'éprouvettes	12
8 Conditionnement	12
9 Mode opératoire	12
9.1 Atmosphère d'essai	12
9.2 Dimensions des éprouvettes	12
9.3 Serrage	13
9.4 Précontraintes	13
9.5 Réglages des extensomètres	13
9.6 Vitesse d'essai	14
9.7 Enregistrement des résultats	14
10 Calcul et expression des résultats	14
10.1 Contrainte	14
10.2 Déformation	15
10.3 Module d'élasticité en traction	16
10.4 Coefficient de Poisson	17
10.5 Paramètres statistiques	17
10.6 Chiffres significatifs	17
11 Fidélité	17
12 Rapport d'essai	18
Annexe A (informative) Détermination de la déformation au seuil d'écoulement	19
Annexe B (informative) Exactitude d'un extensomètre pour la détermination du coefficient de Poisson	22
Annexe C (normative) Exigences en termes d'étalonnage pour la détermination du module d'élasticité en traction	23
Bibliographie	25

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 527-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 2, *Propriétés mécaniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 527-1:1993), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également l'ISO 527-1:1993/Cor.1:1994 et l'ISO 527-1:1993/Amd.1:2005. Les principales modifications sont les suivantes.

- Une méthode de détermination du coefficient de Poisson a été introduite. Elle est similaire à celle utilisée dans l'ASTM D638. Cependant, de manière à surmonter les difficultés concernant la fidélité de la détermination de la contraction latérale à de faibles valeurs de la déformation longitudinale, l'intervalle de déformation est prolongé bien au-delà de la zone de déformation pour la détermination du module.
- Les définitions et les méthodes ont été optimisées pour les machines d'essai de traction commandées par ordinateur.
- La longueur de référence préférée destinée à être utilisée sur l'éprouvette à usages multiples a été augmentée de 50 mm à 75 mm. Elle est surtout utilisée dans l'ISO 527-2.
- La déformation nominale et particulièrement la déformation nominale à la rupture seront déterminées relativement à la distance de serrage. La déformation nominale est en générale calculée comme étant le déplacement de la traverse à partir du début de l'essai, relativement à la distance de serrage, ou comme méthode préférée si des éprouvettes à usages multiples sont utilisées, lorsque les déformations jusqu'au seuil d'écoulement sont déterminées avec un extensomètre, comme étant la somme de la déformation au seuil d'écoulement et de l'incrément de déformation nominale après le seuil d'écoulement, ce dernier étant aussi relatif à la distance de serrage.

L'ISO 527 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Plastiques — Détermination des propriétés en traction*:

- *Partie 1: Principes généraux*
- *Partie 2: Conditions d'essai des plastiques pour moulage et extrusion*
- *Partie 3: Conditions d'essai pour films et feuilles*
- *Partie 4: Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres isotropes et orthotropes*
- *Partie 5: Conditions d'essai pour les composites plastiques renforcés de fibres unidirectionnelles*

Plastiques — Détermination des propriétés en traction —

Partie 1: Principes généraux

1 Domaine d'application

1.1 La présente partie de l'ISO 527 spécifie les principes généraux pour la détermination des propriétés en traction des plastiques et des composites en plastique dans des conditions définies. Plusieurs types différents d'éprouvettes sont définis en fonction des différents types de matériaux qui sont énumérés dans les parties suivantes de l'ISO 527.

1.2 Les méthodes sont utilisées pour étudier le comportement en traction des éprouvettes par la détermination de la résistance en traction, du module d'élasticité en traction et d'autres aspects de la relation contrainte/déformation en traction dans des conditions définies.

1.3 Les méthodes conviennent sélectivement aux matériaux suivants:

- matières thermoplastiques rigides et semi-rigides (voir 3.12 et 3.13, respectivement) pour moulage, extrusion et coulée, y compris les compositions chargées et renforcées en plus des types non chargés; feuilles et films en thermoplastiques rigides et semi-rigides;
- matières thermodurcissables rigides et semi-rigides pour moulage, y compris les compositions chargées et renforcées; feuilles thermodurcissables rigides et semi-rigides, y compris les stratifiés;
- composites thermoplastiques et thermodurcissables renforcés de fibres comportant des renforts unidirectionnels et multidirectionnels tels que mats, tissus, tissus stratifiés, fils coupés, combinaisons de renforcements et hybrides, stratifiés et fibres broyées; feuilles réalisées à partir de matières préimprégnées (préimprégnés);
- polymères à cristaux liquides thermotropes.

En principe, les méthodes ne peuvent pas être appliquées aux matériaux alvéolaires rigides, pour lesquels l'ISO 1926 est utilisée, ou aux structures sandwichs contenant des matériaux alvéolaires.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont 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 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 2602, *Interprétation statistique de résultats d'essais — Estimation de la moyenne — Intervalle de confiance*

ISO 7500-1:2004, *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 9513:1999, *Matériaux métalliques — Étalonnage des extensomètres utilisés lors d'essais uniaxiaux*

ISO 16012, *Plastiques — Détermination des dimensions linéaires des éprouvettes*

ISO 20753, *Plastiques — Éprouvettes*

ISO 23529, *Caoutchouc — Procédures générales pour la préparation et le conditionnement des éprouvettes pour les méthodes d'essais physiques*

3 Termes et définitions

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

3.1

longueur de référence

longueur de jauge

L_0

distance initiale entre les repères sur la partie centrale de l'éprouvette

NOTE 1 Elle est exprimée en millimètres (mm).

NOTE 2 Les valeurs de la longueur de référence qui sont indiquées pour les types d'éprouvettes dans les différentes parties de l'ISO 527 représentent la longueur de référence maximale correspondante.

3.2

épaisseur

h

plus petite dimension initiale de la section transversale rectangulaire dans la partie centrale d'une éprouvette

NOTE Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.3

largeur

b

plus grande dimension initiale de la section transversale rectangulaire dans la partie centrale d'une éprouvette

NOTE Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.4

section transversale

A

produit de la largeur et de l'épaisseur initiale, $A = b h$, d'une éprouvette

NOTE Elle est exprimée en millimètres carrés (mm²).

3.5

vitesse d'essai

v

vitesse de séparation des mâchoires de serrage

NOTE Elle est exprimée en millimètres par minute (mm/min).

3.6

contrainte

σ

force par unité de surface de la section transversale initiale de la longueur de référence

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Pour faire la distinction avec la contrainte réelle associée à la section transversale réelle de l'éprouvette, cette contrainte est fréquemment appelée «contrainte d'ingénierie».

3.6.1**contrainte au seuil d'écoulement** σ_y

contrainte à la déformation au seuil d'écoulement

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Elle peut être inférieure à la contrainte maximale pouvant être atteinte (voir Figure 1, courbes b et c).

3.6.2**résistance** σ_m

contrainte au premier maximum ponctuel observé lors d'un essai de traction

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Il peut également s'agir de la contrainte à laquelle l'éprouvette présente un écoulement ou se rompt (voir Figure 1).

3.6.3**contrainte à x % de déformation** σ_x contrainte pour laquelle la déformation atteint la valeur spécifiée x exprimée en pourcentage

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 La contrainte à x % de déformation peut par exemple être utile si la courbe contrainte/déformation ne présente pas de seuil d'écoulement (voir Figure 1, courbe d).**3.6.4****contrainte à la rupture** σ_b

contrainte à laquelle l'éprouvette se rompt

NOTE 1 Elle est exprimée en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Il s'agit de la valeur la plus élevée sur la courbe contrainte/déformation juste avant la séparation de l'éprouvette, c'est-à-dire juste avant la perte de charge provoquée par un début de fissuration.

3.7**déformation** ε

accroissement de la longueur par unité de longueur initiale de la longueur de référence

NOTE Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

3.7.1**déformation au seuil d'écoulement** ε_y

première occurrence lors d'un essai de traction d'une augmentation de déformation sans augmentation de contrainte

NOTE 1 Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

NOTE 2 Voir Figure 1, courbes b et c.

NOTE 3 Se référer à l'Annexe A (informative) pour une détermination commandée par ordinateur de la déformation au seuil d'écoulement.

3.7.2**déformation à la rupture** ε_b

déformation au dernier point enregistré avant la réduction de la contrainte à une valeur inférieure ou égale à 10 % de la résistance lorsque la rupture se produit avant le seuil d'écoulement

NOTE 1 Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

NOTE 2 Voir Figure 1, courbes a et d.

3.7.3 déformation à la résistance

ε_m
déformation à laquelle la résistance est atteinte

NOTE Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

3.8 déformation nominale

ε_l
déplacement de la traverse divisée par la distance de serrage

NOTE 1 Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

NOTE 2 Elle est utilisée pour les déformations au-delà de la déformation au seuil d'écoulement (voir 3.7.1) ou lorsqu'aucun extensomètre n'est utilisé.

NOTE 3 Elle peut être calculée sur la base du déplacement de la traverse depuis le début de l'essai, ou de l'incrément de déplacement transversal au-delà de la déformation au seuil d'écoulement si cette dernière est déterminée à l'aide d'un extensomètre (de préférence pour des éprouvettes à usages multiples).

3.8.1 déformation nominale à la rupture

ε_b
déformation nominale au dernier point enregistré avant la réduction de la contrainte à une valeur inférieure ou égale à 10 % de la résistance lorsque la rupture se produit après le seuil d'écoulement

NOTE 1 Elle est exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage (%).

NOTE 2 Voir Figure 1, courbes b et c.

3.9 module d'élasticité

E_t
pente de la courbe de contrainte/déformation $\sigma(\varepsilon)$ dans l'intervalle de déformation compris entre $\varepsilon_1 = 0,05$ % et $\varepsilon_2 = 0,25$ %

NOTE 1 Il est exprimé en mégapascals (MPa).

NOTE 2 Il peut être calculé soit comme un module sécant soit comme la pente d'une droite de régression linéaire par la méthode des moindres carrés sur cet intervalle (voir Figure 1, courbe d).

NOTE 3 La présente définition ne s'applique pas aux films.

3.10 coefficient de Poisson

μ
rapport négatif de l'incrément de déformation $\Delta\varepsilon_n$, selon l'un des deux axes perpendiculaires à la direction d'allongement, et de l'incrément de déformation $\Delta\varepsilon_l$ correspondant dans la direction d'allongement, dans la partie linéaire de la courbe de déformation longitudinale en fonction de la déformation normale

NOTE Il est exprimé comme un rapport sans dimension.

3.11 distance de serrage

L
longueur initiale de la partie de l'éprouvette entre les mors

NOTE Elle est exprimée en millimètres (mm).

3.12**matière plastique rigide**

matière plastique qui présente un module d'élasticité en flexion ou, si cela n'est pas applicable, un module d'élasticité en traction, supérieur à 700 MPa dans des conditions établies

3.13**matière plastique semi-rigide**

matière plastique qui présente un module d'élasticité en flexion ou, si cela n'est pas applicable, un module d'élasticité en traction, compris entre 70 MPa et 700 MPa dans des conditions établies

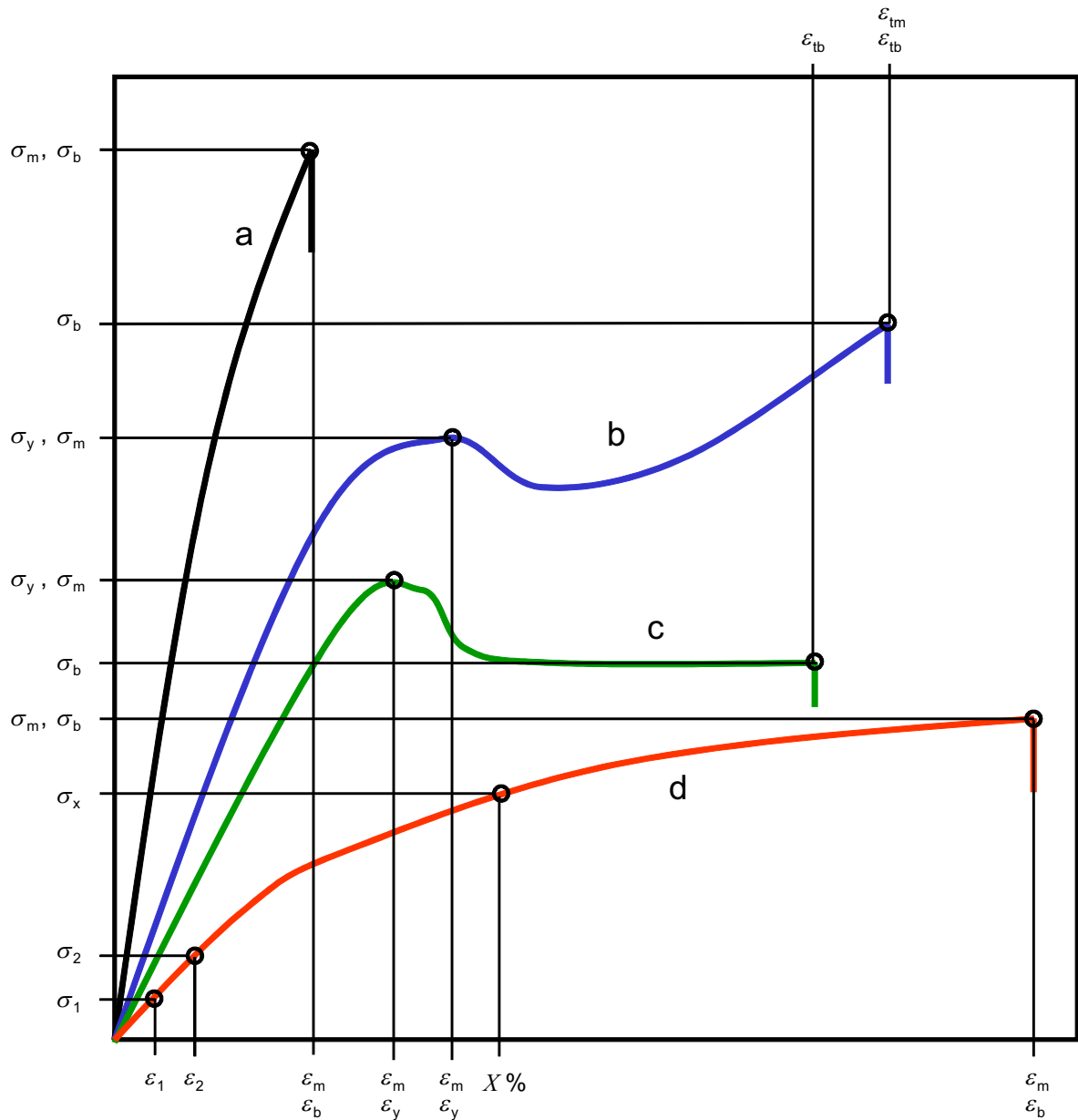


Figure 1 — Courbes types contrainte/déformation

NOTE La courbe (a) représente un matériau fragile, se rompant aux faibles déformations sans présenter de seuil d'écoulement. La courbe (d) représente un matériau mou de type caoutchouc, se brisant à des déformations plus importantes (>50 %).

4 Principe et méthodes

4.1 Principe

L'éprouvette subit une traction le long de son axe longitudinal principal à une vitesse constante jusqu'à ce que l'éprouvette se brise ou jusqu'à ce que la contrainte (charge) ou la déformation (allongement) atteigne une valeur prédéterminée. Au cours de ce mode opératoire, la charge et l'allongement supportés par l'éprouvette sont mesurés.

4.2 Méthode

4.2.1 Les méthodes sont applicables aux éprouvettes qui sont soit moulées aux dimensions choisies, soit usinées, découpées ou poinçonnées à partir de produits finis et semi-finis, tels que pièces moulées, stratifiés, films et feuilles extrudées ou coulées. Les types d'éprouvettes et leurs préparations sont décrits dans la partie concernée de l'ISO 527 caractéristique du matériau. Dans certains cas, une éprouvette à usages multiples peut être utilisée. Les éprouvettes à usages multiples et miniaturisées sont décrites dans l'ISO 20753.

4.2.2 Les méthodes spécifient les dimensions recommandées pour les éprouvettes. Des essais réalisés avec des éprouvettes de dimensions différentes ou avec des éprouvettes préparées dans des conditions différentes peuvent donner des résultats qui ne sont pas comparables. D'autres facteurs, tels que la vitesse d'essai et le conditionnement des éprouvettes, peuvent également avoir une répercussion sur les résultats. Par conséquent, lorsque des résultats comparatifs sont requis, ces facteurs doivent être soigneusement contrôlés et enregistrés.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

5.1.1 Généralités

La machine doit être conforme à l'ISO 7500-1 et à l'ISO 9513 et doit répondre aux spécifications de 5.1.2 à 5.1.6, comme suit.

5.1.2 Vitesses d'essai

La machine d'essai de traction doit être capable de maintenir les vitesses d'essai comme spécifié dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Vitesses d'essai recommandées

Vitesse d'essai v mm/min	Tolérance %
0,125	±20
0,25	
0,5	
1	
2	
5	
10	
20	±10
50	
100	
200	
300	
500	

5.1.3 Mors

Les mors maintenant les éprouvettes doivent être fixés à la machine de façon à faire coïncider l'axe principal de l'éprouvette avec la direction de l'axe central de traction de l'ensemble du système de serrage. L'éprouvette doit être maintenue de façon à éviter tout glissement par rapport aux mâchoires de serrage. Le système de serrage ne doit pas occasionner de rupture prématurée au niveau des mâchoires.

En ce qui concerne les déterminations du module d'élasticité en traction, il est essentiel que le taux de déformation soit constant et ne varie pas, par exemple, en raison du mouvement des mors. Cela est particulièrement important lorsque des mors d'amarrage sont employés.

NOTE En ce qui concerne la précontrainte, qui peut être nécessaire pour déposer et aligner correctement (voir 9.3) une éprouvette et pour éviter une modification de l'allure de la courbe au niveau du début du diagramme de contrainte/déformation, voir 9.4.

5.1.4 Indicateur de force

Le système de mesurage de la force doit être conforme à la classe 1 telle que définie dans l'ISO 7500-1:2004.

5.1.5 Indicateur de contrainte

5.1.5.1 Extensomètres

Les extensomètres doivent être conformes à l'ISO 9513:1999, classe 1. L'exactitude de mesure pour cette classe d'extensomètre doit être obtenue au niveau de la plage de déformation mesurée. Les extensomètres sans contact peuvent également être utilisés à condition qu'ils satisfassent aux mêmes exigences d'exactitude.

L'extensomètre doit être capable de déterminer la variation relative de la longueur de référence de l'éprouvette à chaque instant de l'essai. Il est souhaitable, mais pas essentiel, que cet instrument puisse enregistrer automatiquement cette variation. L'instrument doit en particulier permettre d'obtenir des mesures à la vitesse d'essai spécifiée sans aucun retard dû à l'inertie.

Pour une détermination exacte du module d'élasticité en traction, E_t , l'instrument utilisé doit permettre de mesurer la variation de la longueur de référence avec une exactitude d'au moins 1 % de la valeur concernée. Pour le mesurage des propriétés d'une éprouvette de type 1A et pour une longueur de référence de 75 mm, cela

correspond à une valeur absolue d'exactitude exigée de $\pm 1,5 \mu\text{m}$. Pour des longueurs de référence inférieures, la valeur absolue d'exactitude exigée est différente (voir Figure 2).

NOTE Selon la longueur de référence utilisée, l'exigence d'exactitude de 1 % se traduit par différentes exactitudes absolues pour la détermination de l'allongement pour la longueur de référence. Pour une éprouvette miniaturisée, ces exactitudes supérieures peuvent ne pas être atteintes en raison de l'absence d'extensomètres appropriés (voir Figure 2).

Les extensomètres optiques couramment utilisés enregistrent la déformation relevée au niveau d'une large surface de l'éprouvette. Dans le cas d'un mode opératoire d'essai où les déformations sont enregistrées sur un seul côté de l'éprouvette, s'assurer que de faibles déformations ne sont pas faussées par un phénomène de flexion, qui peut résulter d'un décalage d'alignement même minime et d'un gauchissement initial de l'éprouvette et qui induit des différences de déformation entre les surfaces opposées de l'éprouvette. Il est recommandé d'utiliser des méthodes de mesurage de déformation qui calculent la moyenne des déformations des côtés opposés de l'éprouvette. Cela est pertinent pour la détermination d'un module, mais l'est moins pour le mesurage de déformations plus importante.

5.1.5.2 Jauges de déformation

Les éprouvettes peuvent également être équipées de jauges de déformation longitudinale. L'exactitude doit être d'au moins 1 % de la valeur concernée. Cela correspond à une exactitude pour la déformation de 20×10^{-6} (20 microdéformations) pour le mesurage du module. Il est recommandé de choisir les jauges, la méthode de préparation des surfaces et les adhésifs de manière à obtenir une performance adéquate par rapport au matériau soumis à essai.

5.1.6 Enregistrement des données

5.1.6.1 Généralités

La fréquence d'acquisition de données nécessaire pour l'enregistrement des données (force, déformation, allongement) doit être suffisamment élevée de manière à satisfaire aux exigences d'exactitude.

5.1.6.2 Enregistrement des données de déformation

La fréquence d'acquisition de données pour l'enregistrement des données de déformation dépend de:

- v , la vitesse d'essai en millimètres par minute (mm/min);
- L_0/L , le rapport entre la longueur de référence et la distance initiale de séparation des mors;
- r , la résolution minimale, en millimètres (mm), du signal de déformation requis pour obtenir des données exactes; habituellement, il s'agit de la moitié de la valeur d'exactitude au moins.

La fréquence minimale d'acquisition de données, f_{\min} , en hertz (Hz), nécessaire pour permettre la transmission intégrale des données acquises du capteur vers l'indicateur, peut être calculée comme suit:

$$f_{\min} = \frac{v}{60} \times \frac{L_0}{L \cdot r} \quad (1)$$

La fréquence de l'enregistrement de la machine d'essai doit être supérieure ou égale à cette fréquence d'acquisition de données, f_{\min} .

5.1.6.3 Enregistrement des données de force

La vitesse d'enregistrement requise dépend de la vitesse d'essai, de la gamme de déformation et de la distance de serrage. Le module d'élasticité, la vitesse d'essai et la distance de serrage déterminent la vitesse d'augmentation de la force. Le rapport de la vitesse d'augmentation de la force à l'exactitude nécessaire détermine la fréquence d'enregistrement. Se référer à l'exemple ci-dessous.

La vitesse d'augmentation de la force est donnée par:

$$\dot{F} = \frac{E \cdot A \cdot v}{60 L} \quad (2)$$

où

E est le module d'élasticité en traction, exprimé en mégapascals (MPa);

A est l'aire de la section transversale de l'éprouvette, exprimée en millimètres carrés (mm²);

v est la vitesse d'essai, exprimée en millimètres par minutes (mm/min);

L est la distance de serrage, exprimée en millimètres (mm).

Les équations suivantes s'appliquent, en supposant que la force mesurée soit déterminée dans une plage d'exactitude de 1 %, en utilisant la différence de force dans la plage de module pour définir l'exigence d'exactitude de la même manière que pour l'extensomètre:

Différence de force dans la plage de module:

$$\Delta F = E \cdot A \cdot (\varepsilon_2 - \varepsilon_1) = E \cdot A \cdot \Delta \varepsilon \quad (3)$$

Exactitude (moitié de 1 %):

$$r = 5 \times 10^{-3} \times \Delta F = 5 \times 10^{-3} \times E \cdot A \cdot \Delta \varepsilon \quad (4)$$

Fréquence d'enregistrement:

$$f_{\text{force}} = \frac{\dot{F}}{r} = \frac{E \cdot A \cdot v}{E \cdot A \cdot \Delta \varepsilon \times 60 \times L \times 5 \times 10^{-3}} \quad (5)$$

EXEMPLE:

Avec $v = 1$ mm/min, $\Delta \varepsilon = 2 \times 10^{-3}$ et $L = 115$ mm, une fréquence d'enregistrement de $f_{\text{force}} = 14,5$ Hz est trouvée.

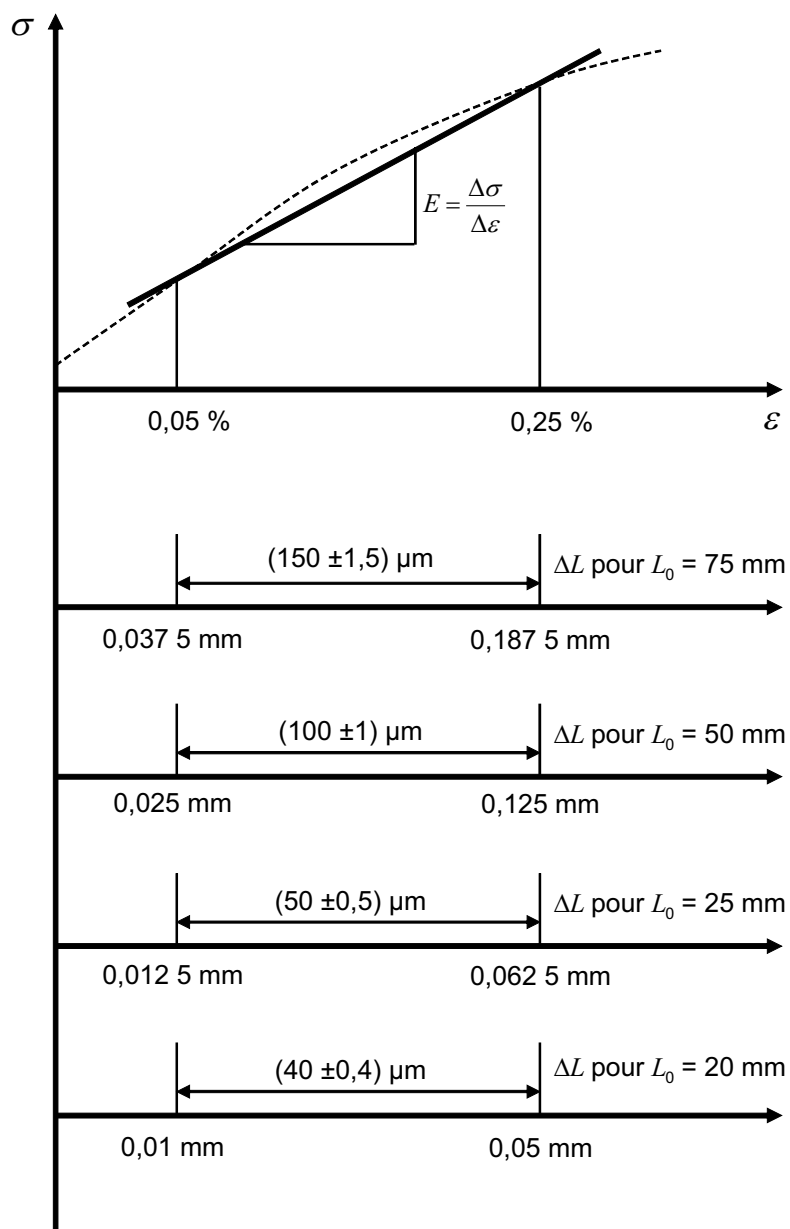


Figure 2 — Exigences d'exactitude pour les extensomètres pour la détermination du module à différentes longueurs de référence, supposant une exactitude de 1 %

5.2 Appareils pour le mesurage de la largeur et de l'épaisseur des éprouvettes

Voir l'ISO 16012 et l'ISO 23529, le cas échéant.

6 Éprouvettes

6.1 Forme et dimensions

Voir la partie de l'ISO 527 concernée pour le matériau soumis à essai.

6.2 Préparation des éprouvettes

Voir la partie de l'ISO 527 concernée pour le matériau soumis à essai.

6.3 Repères

Voir la partie appropriée de l'ISO 527 portant sur les conditions appropriées de la longueur de référence.

Lorsque des extensomètres optiques sont utilisés, il peut s'avérer nécessaire, en particulier pour les feuilles minces et les films, d'apposer les repères sur l'éprouvette afin de définir la longueur de référence. Ceux-ci doivent être approximativement équidistants du centre (± 1 mm) et la distance entre les repères doit être mesurée avec une exactitude de 1 % ou meilleure.

Les repères ne doivent pas être griffés, poinçonnés ou imprimés sur l'éprouvette de façon à causer un dommage au matériau soumis à essai. Il faut s'assurer que le moyen de marquage n'a pas d'effet néfaste sur le matériau soumis à essai, et dans le cas de lignes parallèles, elles doivent être aussi étroites que possible.

6.4 Contrôle des éprouvettes

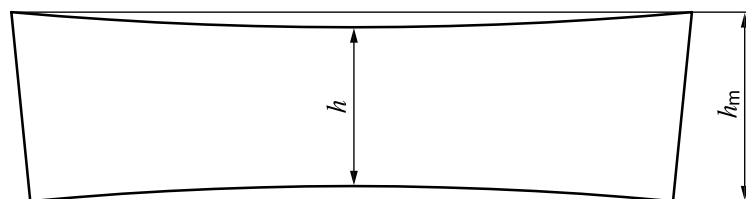
Idéalement, les éprouvettes doivent être exemptes de torsion et doivent avoir des surfaces parallèles mutuellement perpendiculaires (voir Note ci-dessous). Les surfaces et les bords doivent être exempts de rayures, creux, retassures et bavures.

Les éprouvettes doivent être contrôlées pour la conformité avec ces exigences par observation visuelle de la rectitude des bords, de la perpendicularité, de la planéité et avec des comparateurs micrométriques.

Utiliser des tranchants/lames de couteau de mesure de dimensions et d'orientations appropriées pour permettre la détermination fidèle de la dimension à l'endroit souhaité.

Des éprouvettes montrant tout manquement observable ou mesurable pour une ou plusieurs de ces exigences doivent être éliminées. Si des essais sur des éprouvettes non conformes s'imposent, en signaler les motifs dans le rapport d'essai.

Les éprouvettes moulées par injection nécessitent des angles de dépouille de 1° à 2° afin de faciliter le démoulage. De même, les éprouvettes moulées par injection ne sont jamais totalement dépourvues de retassures. En raison de différences dans l'historique de refroidissement, l'épaisseur au centre de l'éprouvette est en général inférieure à celle au niveau du bord. Une différence d'épaisseur de $\Delta h \leq 0,1$ mm est considérée comme admissible (voir Figure 3).



Légende

h_m épaisseur la plus grande de l'éprouvette dans cette section transversale

h épaisseur la plus petite de l'éprouvette dans cette section transversale

$\Delta h = h_m - h \leq 0,1$ mm

Figure 3 — Section transversale d'une éprouvette moulée par injection comportant des retassures et un angle de dépouille (exagéré)

NOTE L'ISO 294-1:1996, Annexe D, fournit des lignes directrices sur la façon de réduire les retassures dans les éprouvettes moulées par injection.

6.5 Anisotropie

Voir la partie concernée de l'ISO 527 pour le matériau soumis à essai.

7 Nombre d'éprouvettes

7.1 Un nombre minimal de cinq éprouvettes doit être soumis à essai pour chacune des directions requises. Le nombre de mesurages peut être supérieur à cinq si une fidélité plus grande sur la valeur moyenne est requise. Il est possible d'évaluer cela au moyen de l'intervalle de confiance (probabilité à 95 %, voir l'ISO 2602).

7.2 Les éprouvettes haltères qui se rompent ou glissent sous l'action des mors doivent être éliminées et des éprouvettes supplémentaires doivent être soumises à essai.

Des résultats, même dispersés, ne doivent pas être exclus de l'analyse pour quelque autre raison, car cette dispersion peut être fonction de la nature hétérogène du matériau soumis à essai.

8 Conditionnement

L'éprouvette doit être conditionnée comme spécifié dans la norme du matériau concerné. En l'absence de cette information, l'ensemble de conditions le plus approprié doit être sélectionné à partir de l'ISO 291 et la durée du conditionnement doit être d'au moins 16 h, sauf accord contraire entre les parties intéressées, par exemple des essais à haute ou à basse température.

L'atmosphère de conditionnement préférentielle est une température de $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et une humidité relative de $(50 \pm 10) \%$, excepté lorsque les propriétés du matériau sont connues comme étant insensibles à l'humidité, auquel cas le contrôle de l'humidité est inutile.

9 Mode opératoire

9.1 Atmosphère d'essai

Effectuer l'essai dans la même atmosphère que celle utilisée pour le conditionnement, sauf accord contraire entre les parties intéressées, par exemple pour des essais à haute ou à basse température.

9.2 Dimensions des éprouvettes

Déterminer les dimensions des éprouvettes conformément à l'ISO 16012 ou à l'ISO 23529, le cas échéant.

Enregistrer les valeurs minimales et maximales pour la largeur et l'épaisseur de chaque éprouvette au centre de l'éprouvette et à moins de 5 mm de chaque extrémité de la longueur de référence et s'assurer qu'elles restent dans les tolérances indiquées par la norme du matériau concerné. Utiliser les moyennes des largeurs et épaisseurs mesurées pour calculer la section transversale de l'éprouvette.

Pour les éprouvettes moulées par injection, il suffit de déterminer la largeur et l'épaisseur à moins de 5 mm du centre de l'éprouvette.

Dans le cas d'éprouvettes moulées par injection, il n'est pas nécessaire de mesurer les dimensions de chaque éprouvette. Il suffit de mesurer les propriétés d'une seule éprouvette par lot pour s'assurer que les dimensions correspondent au type d'éprouvette choisi (voir la partie concernée de l'ISO 527). Dans le cas de moules à empreintes multiples, s'assurer que les dimensions des éprouvettes ne diffèrent pas de plus de $\pm 0,25 \%$ entre les empreintes.

Dans le cas d'éprouvettes découpées à partir de matériaux sous forme de feuille ou de film, il est permis d'admettre que la largeur moyenne de la partie centrale parallèle de la matière est équivalente à la largeur de l'éprouvette. Il convient de s'appuyer sur des mesurages comparatifs effectués périodiquement pour adopter une telle procédure.

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 527, les dimensions des éprouvettes utilisées pour calculer les propriétés de traction sont mesurées à température ambiante uniquement. Pour le mesurage des propriétés à d'autres températures, les effets de la dilatation thermique ne sont donc pas pris en compte.

9.3 Serrage

Placer l'éprouvette dans les mors en prenant soin d'aligner l'axe longitudinal de l'éprouvette avec l'axe de la machine d'essai. Serrer les mors progressivement et fermement pour éviter tout glissement de l'éprouvette et tout déplacement des mors pendant l'essai. La pression de serrage ne doit pas provoquer de cassure ou d'écrasement de l'éprouvette (voir Note 2).

NOTE 1 Il est possible d'utiliser des butées pour faciliter l'alignement de l'éprouvette, en particulier dans le cadre d'une opération manuelle.

Pour le serrage des éprouvettes dans une chambre à température, il est recommandé de fermer initialement un seul mors et de serrer le deuxième mors uniquement après l'équilibrage en température de l'éprouvette, à moins que la machine ne soit en mesure de diminuer continuellement la contrainte thermique si elle se produit.

NOTE 2 Une cassure dans les mors peut arriver, par exemple lorsque des éprouvettes sont soumises à essai après un vieillissement thermique. Un écrasement peut se produire au cours d'essais à des températures élevées.

9.4 Précontraintes

L'éprouvette ne doit pas être soumise à une forte contrainte avant l'essai. De telles précontraintes peuvent être générées au cours du centrage d'une éprouvette sous forme de film ou peuvent être causées par la pression de serrage, tout particulièrement avec des matériaux peu rigides. Cependant, elles sont nécessaires pour éviter une modification de l'allure de la courbe au niveau du début du diagramme contrainte/déformation (voir 5.1.3). La précontrainte σ_0 au début d'un essai doit être positive mais ne doit pas excéder la valeur suivante,

pour un mesurage de module:

$$0 < \sigma_0 \leq E_t / 2\,000 \quad (6)$$

ce qui correspond à une pré-déformation de $\varepsilon_0 \leq 0,05 \%$, et

pour le mesurage de contraintes correspondantes σ^* , par exemple $\sigma^* = \sigma_y$ ou σ_m :

$$0 < \sigma_0 \leq \sigma^* / 100 \quad (7)$$

Si, après serrage, des contraintes en dehors des intervalles donnés par les Équations (6) et (7) existent dans l'éprouvette, il est nécessaire de les éliminer par un mouvement lent de la traverse, par exemple à une vitesse de 1 mm/min, jusqu'à ce que la précontrainte se situe dans la plage admise.

Si le module ou la valeur de contrainte nécessaire pour ajuster la précontrainte n'est pas connu(e), réaliser un essai préliminaire pour obtenir une estimation de ces valeurs.

9.5 Réglages des extensomètres

Après réglage des précontraintes, monter et régler un extensomètre étalonné sur la longueur de référence de l'éprouvette ou utiliser des jauges de contraintes longitudinales conformément à 5.1.5. Mesurer la distance initiale (longueur de référence) si nécessaire. Pour le mesurage du coefficient de Poisson, deux dispositifs de mesure doivent être mis en œuvre simultanément pour mesurer l'allongement ou la déformation dans les directions longitudinale et perpendiculaire.

Pour des mesurages optiques de l'allongement, placer des repères sur l'éprouvette conformément à 6.3, si cela est requis par le système utilisé.

Les extensomètres doivent être positionnés de façon symétrique par rapport au milieu de la partie parallèle et sur la médiane de l'éprouvette. Des jauges de déformation doivent être placées au milieu de la partie parallèle et sur la médiane de l'éprouvette.

9.6 Vitesse d'essai

Régler la vitesse d'essai conformément à la norme appropriée du matériau concerné. En l'absence de cette information, la vitesse d'essai doit être sélectionnée à partir du Tableau 1 ou doit faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

Pour le mesurage du module d'élasticité en traction, la vitesse d'essai sélectionnée doit donner un taux de déformation le plus proche possible de 1 % de la longueur de référence par minute. Les vitesses d'essai résultantes pour les différents types d'éprouvettes sont données dans les parties concernées de l'ISO 527.

Il peut être nécessaire ou souhaitable d'adopter différentes vitesses pour la détermination du module d'élasticité en traction, du diagramme de contrainte/déformation jusqu'au seuil d'écoulement et des propriétés au-delà du seuil d'écoulement. Dans le cadre de la détermination du module d'élasticité en traction (jusqu'à la déformation $\varepsilon_2 = 0,25 \%$), la même éprouvette peut être utilisée pour poursuivre l'essai.

Il est préférable d'éliminer la contrainte résiduelle subie par l'éprouvette avant de la soumettre à un essai à une vitesse différente, mais il est également admissible de modifier la vitesse sans avoir à l'éliminer après la détermination du module d'élasticité en traction. Lors de la modification de la vitesse au cours de l'essai, s'assurer que la variation de vitesse se produit à des déformations $\varepsilon \leq 0,3 \%$.

Pour tout autre essai, différentes éprouvettes doivent être utilisées pour différentes vitesses d'essai.

9.7 Enregistrement des résultats

Enregistrer de préférence la force et les valeurs correspondantes de l'accroissement de la longueur de référence et de la distance entre les mâchoires pendant l'essai. Trois canaux de données sont requis pour l'acquisition de données. Si seuls deux canaux sont disponibles, enregistrer le signal de force et le signal d'extensomètre. Il est préférable d'utiliser un système d'enregistrement automatique.

10 Calcul et expression des résultats

10.1 Contrainte

Calculer toutes les valeurs de contraintes définies en 3.6, à l'aide de l'équation suivante:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (8)$$

où

σ est la valeur de contrainte concernée, exprimée en mégapascals (MPa);

F est la force mesurée concernée, exprimée en newtons (N);

A est l'aire de la section transversale initiale de l'éprouvette, exprimée en millimètres carrés (mm²).

Lors de la détermination de la contrainte à $x \%$ de déformation, x doit être déterminé à partir de la norme de produit concerné ou faire l'objet d'un accord entre les parties intéressées.

10.2 Déformation

10.2.1 Déformations déterminées avec un extensomètre

Concernant les matériaux et/ou les conditions d'essai pour lesquels une répartition de déformation homogène prévaut dans la section parallèle de l'éprouvette, c'est-à-dire pour les déformations avant et jusqu'au seuil d'écoulement, calculer toutes les valeurs des déformations définies en 3.7, à l'aide de l'équation suivante:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L_0}{L_0} \quad (9)$$

où

ε est la valeur de déformation concernée, exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage;

L_0 est la longueur de référence de l'éprouvette, exprimée en millimètres (mm);

ΔL_0 est l'accroissement de la longueur de l'éprouvette entre les repères de référence, exprimé en millimètres (mm).

La détermination des valeurs de déformation à l'aide d'un extensomètre moyenne les déformations sur la longueur de référence. Cela est correct et utile tant que la déformation de l'éprouvette sur la longueur de référence est homogène. Si le matériau présente un début de striction, la répartition des déformations devient non homogène et les déformations déterminées avec un extensomètre dépendent fortement de la position et de la taille de la zone de striction. Dans ces cas, utiliser la déformation nominale pour décrire l'évolution de la déformation après le seuil d'écoulement.

10.2.2 Déformation nominale

10.2.2.1 Généralités

La déformation nominale est utilisée lorsque qu'aucun extensomètre n'est employé, par exemple pour les éprouvettes miniaturisées ou lorsque la détermination avec extensomètre devient non significative à cause de la localisation de la déformation (striction) après un seuil d'écoulement. La déformation nominale est basée sur l'augmentation de l'écartement entre les mors relativement à la distance initiale de serrage. Il est admis d'enregistrer le déplacement de la traverse au lieu de mesurer le déplacement des mors. Le déplacement de la traverse doit être corrigé pour tenir compte des effets de la complaisance de la machine.

La déformation nominale peut être déterminée à l'aide des deux méthodes suivantes.

10.2.2.2 Méthode A

Enregistrer le déplacement des mors de la machine à partir du début de l'essai. Calculer la déformation nominale à l'aide de:

$$\varepsilon_t = \frac{L_t}{L} \quad (10)$$

où

ε_t est la déformation nominale, exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage;

L est la distance de serrage, exprimée en millimètres (mm); la distance de serrage est définie dans les parties pertinentes de l'ISO 527;

L_t est l'accroissement de la distance de serrage, exprimée en millimètres (mm), qui se produit à partir du démarrage de l'essai.

10.2.2.3 Méthode B

La méthode B est préférée lorsque sont utilisées des éprouvettes à usages multiples qui présentent un écoulement et une striction et pour lesquelles la déformation au seuil d'écoulement a été précisément déterminée avec un extensomètre. Enregistrer l'écartement entre les mors de la machine à partir du démarrage de l'essai. Calculer la déformation nominale à l'aide de:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_y + \frac{\Delta L_t}{L} \quad (11)$$

où

- ε_t est la déformation nominale, exprimée sous la forme d'un rapport sans dimension ou en pourcentage;
- ε_y est la déformation au seuil d'écoulement, exprimée comme un rapport sans dimension ou en pourcentage;
- L est la longueur de serrage, exprimée en millimètres (mm); la distance de serrage est définie dans les parties pertinentes de l'ISO 527;
- ΔL_t est l'accroissement de la distance de serrage, exprimé en millimètres (mm), qui se produit au-delà du seuil d'écoulement.

10.3 Module d'élasticité en traction

10.3.1 Généralités

Calculer le module d'élasticité en traction, défini en 3.9, à l'aide de l'une des équations suivantes.

10.3.2 Pente sécante

$$E_t = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (12)$$

où

- E_t est le module d'élasticité en traction, exprimé en mégapascals (MPa);
- σ_1 est la contrainte, exprimée en mégapascals (MPa), mesurée à la valeur de déformation $\varepsilon_1 = 0,000\ 5$ (0,05 %);
- σ_2 est la contrainte, exprimée en mégapascals (MPa), mesurée à la valeur de déformation $\varepsilon_2 = 0,002\ 5$ (0,25 %).

10.3.3 Pente d'une droite de régression

Grâce à un équipement assisté par ordinateur, il est possible de remplacer la détermination du module d'élasticité en traction, E_t , basée sur l'emploi de deux points distincts de contrainte/déformation par la méthode de régression linéaire appliquée à la partie de la courbe délimitée par ces deux points.

$$E = \frac{d\sigma}{d\varepsilon} \quad (13)$$

où $\frac{d\sigma}{d\varepsilon}$ est la pente d'une droite de régression des moindres carrés appliquée à la partie de la courbe de contrainte/déformation dans l'intervalle de déformation $0,000\ 5 \leq \varepsilon \leq 0,002\ 5$, exprimée en mégapascals (MPa).

10.4 Coefficient de Poisson

Établir une courbe de la largeur ou de l'épaisseur de l'éprouvette en fonction de la longueur de la section de référence pour la partie de la courbe de contrainte/déformation avant un seuil d'écoulement, s'il existe, et écarter les sections qui peuvent être influencées par les variations de la vitesse d'essai.

Déterminer la pente $\Delta n/\Delta L_0$ de la courbe de variation de largeur (épaisseur) par rapport à la variation de longueur de référence. Cette pente doit être calculée en utilisant une analyse de régression linéaire des moindres carrés entre deux limites, de préférence après la zone du module et une variation de vitesse qui s'en suit, le cas échéant. Le coefficient de Poisson est déterminé d'après l'équation suivante:

$$\mu = -\frac{\Delta \varepsilon_n}{\Delta \varepsilon_l} = -\frac{L_0}{n_0} \frac{\Delta n}{\Delta L_0} \quad (14)$$

où

- μ est le coefficient de Poisson, sans dimension;
- $\Delta \varepsilon_n$ est la diminution de déformation dans la direction transversale choisie, alors que la déformation longitudinale augmente de $\Delta \varepsilon_l$, exprimée sous la forme d'un rapport sans dimension ou d'un pourcentage;
- $\Delta \varepsilon_l$ est l'augmentation de déformation dans la direction longitudinale, exprimée sous la forme d'un rapport sans dimension ou d'un pourcentage;
- L_0, n_0 sont les longueurs de référence initiales, respectivement dans la direction longitudinale et la direction transversale, exprimées en millimètres (mm);
- Δn est la diminution de la longueur de référence de l'éprouvette dans la direction transversale [$n = b$ (largeur) ou $n = h$ (épaisseur)], exprimées en millimètres (mm);
- ΔL_0 est l'augmentation correspondante de la longueur de référence dans la direction longitudinale, exprimées en millimètres (mm).

Le coefficient de Poisson est indiqué par μ_b (direction de la largeur) ou μ_h (direction de l'épaisseur) selon l'axe concerné.

Il est recommandé de déterminer le coefficient de Poisson à des déformations plus importantes, dans une plage de déformation de $0,3 \% \leq \varepsilon < \varepsilon_y$ (voir Annexe B). La validité de la zone d'évaluation peut être déterminée d'après un tracé de Δn en fonction de ΔL_0 (modification de dimension dans la direction transversale en fonction de la modification de dimension dans la direction longitudinale). Le coefficient de Poisson est obtenu en déterminant la valeur de la pente de la partie linéaire de ce tracé.

NOTE Les matières plastiques sont des matières viscoélastiques. En tant que tel, le coefficient de Poisson dépend de la plage de contrainte utilisée pour sa détermination. Par conséquent, il est possible que le tracé de la largeur (épaisseur) en fonction de la longueur ne soit pas une droite.

10.5 Paramètres statistiques

Calculer les moyennes arithmétiques des résultats d'essai et, si requis, les écarts-types et intervalles de confiance à 95 % des valeurs moyennes conformément au mode opératoire donné dans l'ISO 2602.

10.6 Chiffres significatifs

Calculer les contraintes et le module d'élasticité en traction avec trois chiffres significatifs. Calculer les déformations et le coefficient de Poisson avec deux chiffres significatifs.

11 Fidélité

Voir la partie concernée de l'ISO 527 pour le matériau soumis à essai.

12 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations spécifiées aux alinéas a) à q). Ajouter le mot «traction» aux propriétés individuelles et aux propriétés moyennes [alinéas m), n) et o)]:

- a) la référence à la partie concernée de l'ISO 527;
- b) tous les renseignements nécessaires à l'identification du matériau soumis à essai, y compris le type, son origine, sa référence commerciale, sa forme et ses antécédents, pour autant qu'ils soient connus;
- c) la description de la nature et de la forme du matériau, c'est-à-dire s'il s'agit d'un produit, d'un produit semi-fini, d'une plaque ou d'une éprouvette; il est recommandé qu'elle inclue les dimensions principales, le profil, le procédé du fournisseur, la répartition des couches et les traitements préliminaires;
- d) le type d'éprouvette, la largeur et l'épaisseur de la section parallèle, y compris la moyenne, les valeurs minimales et maximales;
- e) la méthode de préparation des éprouvettes et les détails de la méthode de fabrication utilisée;
- f) si le matériau est sous forme d'un produit ou d'un produit semi-fini, l'orientation de l'éprouvette par rapport au produit ou au produit semi-fini dans lequel elle est prélevée;
- g) le nombre d'éprouvettes soumis à essai;
- h) l'atmosphère normale pour le conditionnement et l'essai et tout traitement de conditionnement particulier, si cela est exigé par la norme du matériau ou du produit concerné;
- i) le degré d'exactitude de la machine d'essai et de l'extensomètre (voir l'ISO 7500-1, l'ISO 9513 et 5.1.5);
- j) le type d'indicateur d'allongement ou de déformation et la longueur de référence, L_0 ;
- k) le type de dispositif de serrage, la distance de serrage, L ;
- l) les vitesses d'essai;
- m) les résultats d'essai individuels des propriétés définies à l'Article 3;
- n) la ou les valeur(s) moyenne(s) de la ou des propriété(s) mesurée(s), citée(s) comme valeur(s) indicative(s) pour le matériau soumis à essai;
- o) l'écart-type et/ou le coefficient de variation et/ou les limites de confiance de la moyenne, si cela est requis;
- p) la mention du fait que des éprouvettes ont été éliminées et remplacées, le cas échéant, et les motifs d'un tel rejet ainsi que les raisons justifiant de soumettre à essai des éprouvettes non conformes;
- q) la date du mesurage.

Annexe A (informative)

Détermination de la déformation au seuil d'écoulement

Par le passé, la déformation au seuil d'écoulement était déterminée par le tracé d'une tangente horizontale à une courbe de contrainte/déformation enregistrée en continu. Avec l'avancée des machines commandées par ordinateur, l'évaluation des courbes de contrainte/déformation nécessitait d'utiliser un ensemble de points de données distincts, échantillonnés conformément aux propriétés des dispositifs électroniques d'enregistrement. En raison d'un bruit de signal (à la fois électronique et mécanique), il existe toujours une certaine dispersion dans les ensembles de données disponibles et cela doit être pris en compte lors du calcul des propriétés.

Pour la détermination du seuil d'écoulement, les éléments suivants sont importants.

- Les matières plastiques présentent des comportements de contrainte/déformation très variés. La zone de seuil d'écoulement peut être un pic étroit (par exemple pour de l'ASA) ou un large palier (par exemple pour le POM, le PA6 humide).
- La détermination de la déformation au seuil d'écoulement implique l'identification du point de donnée le plus élevé dans la région du seuil d'écoulement (condition nécessaire).
- Cependant, le point sélectionné doit être significatif d'un point de vue physique: un bruit de signal peut provoquer une sélection de points non appropriés.
- Le point doit permettre de tirer des conclusions significatives en matière de conception. Par exemple, pour un matériau représentant un palier de seuil d'écoulement, une limite de conception utile serait plutôt plus proche de son début que de son centre.

La détermination de tels points à partir de données numériques peut être effectuée par différentes méthodes.

- Comparaison point à point pour une valeur maximale: il s'agit d'un mode opératoire simple, mais il nécessite des vérifications supplémentaires afin d'empêcher la sélection d'un bruit associé à des valeurs maximales de façon erronée. Cela peut impliquer, par exemple, l'emploi d'un intervalle d'évaluation mobile dont la largeur dépendra du système. Le système en ce sens désigne les effets combinés du comportement du matériau et de la configuration expérimentale.
- Méthode de la pente: il s'agit d'une méthode impliquant une quantité plus importante de calculs, pouvant toutefois être utilisée grâce à la puissance de calcul apportée par les ordinateurs actuels. Un critère de pente implique également un intervalle d'évaluation mobile sur lequel la pente de régression de la courbe contrainte/déformation est calculée. Cette méthode a un effet de lissage/filtrage et réduit l'influence du bruit. De plus, un critère doit être défini pour lequel la pente serait l'indication de la découverte d'un seuil d'écoulement, par exemple:
 - Point central de l'intervalle d'évaluation pour lequel la pente devient négative pour la première fois.
 - Point central de l'intervalle d'évaluation pour lequel la pente atteint une certaine valeur positive limite pour la première fois. Le projet de travail pour la précédente révision de la présente partie de l'ISO 527 a proposé le critère suivant, appliqué au point central d'un intervalle mobile, pour lequel la pente devient inférieure ou égale à la valeur de contrainte en ce point:

$$\varepsilon_y = \varepsilon \left[\frac{d\sigma}{d\varepsilon} \leq \sigma \right] \quad (\text{A.1})$$

- L'avantage d'un tel critère serait d'identifier uniquement les déformations au seuil d'écoulement qui sont proches de la première variation de pente majeure de la courbe de contrainte/déformation. Cependant, les valeurs de déformation au seuil d'écoulement seraient inférieures à celles des méthodes actuelles. Cette méthode est moins utile pour de larges pics de seuil d'écoulement.
- De même, pour une méthode basée sur la pente, la largeur correcte de l'intervalle d'évaluation dépend de nouveau du système et son identification requiert de la part de l'utilisateur une connaissance approfondie de la méthode d'essai et du matériau soumis à essai.

Ces exemples révèlent qu'il existe de multiples manières de déterminer une déformation au seuil d'écoulement. Le fait de choisir et d'imposer l'une d'entre elles afin de pouvoir comparer les résultats d'essai serait en principe possible mais, en considérant les machines existantes et les différents logiciels, cela serait une tentative vaine.

Une solution pourrait être un système de vérification utilisée actuellement par un groupe d'experts allemands. Ce système de vérification implique des ensembles de données de référence (courbes de contrainte/déformation) pour lesquels les propriétés concernées font l'objet d'un accord entre les experts. Ces ensembles de données peuvent être envoyés vers tout logiciel d'évaluation et utilisés pour vérifier si le logiciel revient aux «valeurs corrigées» ou bien selon quels paramètres il effectue ce retour. Ce système garantit une comparabilité des résultats d'essai tout en permettant différentes méthodes d'évaluation.

Un système similaire concernant les essais en traction de métaux a été élaboré. Pour plus d'informations, se reporter à l'adresse suivante:

<http://www.npl.co.uk/server.php?show=ConWebDoc.2886>

Pour l'estimation de la largeur des intervalles de déformation, les équations suivantes peuvent être utilisées.

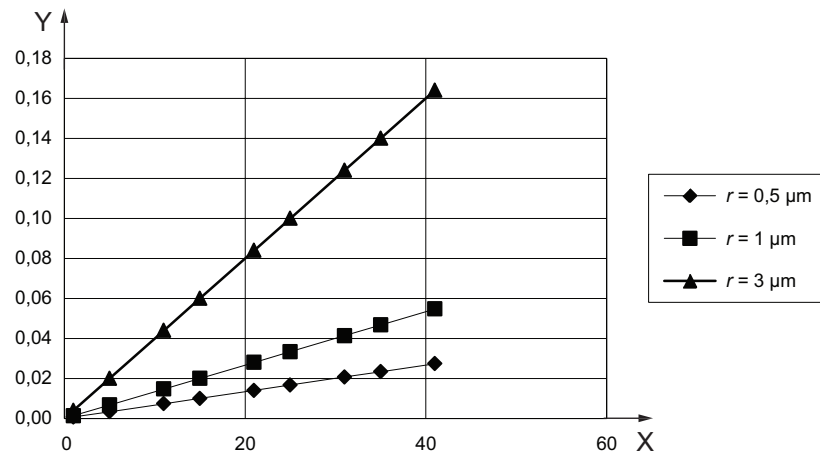
$$n = f \Delta t = f \frac{\Delta \varepsilon}{\dot{\varepsilon}}$$

$$\Delta \varepsilon = \dot{\varepsilon} \frac{n}{f} = \frac{v}{60L} \frac{n}{v} \frac{60L}{L_0} r = \frac{n}{L_0} r \quad (\text{A.2})$$

où

- n est le nombre de points de données;
- f est le débit de données de la machine [voir Équation (1)], en secondes moins un;
- $\Delta \varepsilon$ est l'intervalle de déformation;
- $\dot{\varepsilon}$ est le taux de déformation, en secondes moins un;
- v est la vitesse de la traverse, en millimètres par minute;
- L est la distance de serrage, en millimètres;
- L_0 est la longueur de référence, en millimètres;
- r est la résolution, en millimètres.

L'intervalle de déformation obtenu conformément à l'Équation (A.2) est représenté à la Figure A.1 en fonction du nombre de points de données avec la résolution r en tant que paramètre.



Légende

X nombre de points de données

Y intervalle de déformation, en pourcentage (%)

Figure A.1 — Intervalle de déformation obtenu selon l'Équation (A.2)

Annexe B (informative)

Exactitude d'un extensomètre pour la détermination du coefficient de Poisson

Il n'est pas recommandé de déterminer le coefficient de Poisson dans la zone de déformation utilisée pour la détermination du module.

Dans la zone du module, l'allongement de la longueur de référence est déterminé avec une exactitude de 1 %, c'est-à-dire en utilisant une éprouvette à usages multiples, l'extensomètre doit pouvoir mesurer l'allongement à moins de 1,5 µm (voir 5.1.5 et Figure 2) lorsque la longueur de référence de 75 mm est utilisée. En supposant un coefficient de Poisson de 0,4, qui est caractéristique de la plupart des matières thermoplastiques, et une longueur de référence de 75 mm, la longueur de la section de référence augmente de 150 µm tandis que la largeur diminue de 8 µm. De manière à avoir la même exactitude relative de 1 % que pour la direction longitudinale, il convient que le système de mesurage destiné à déterminer la déformation transversale puisse mesurer des distances à 0,1 µm près, qui est une condition stricte.

En supposant que le coefficient de Poisson est déterminé dans une plage de $0,3 \% < \varepsilon < 1,5 \%$, la diminution de largeur sera de 50 µm, ce qui nécessite une résolution de 0,5 µm pour une exactitude de 1 % sur la contraction latérale.

Annexe C (normative)

Exigences en termes d'étalonnage pour la détermination du module d'élasticité en traction

C.1 Généralités

Les exigences générales pour la vérification d'un extensomètre sont décrites en 5.1.5. Si l'équipement est destiné à réaliser des mesurages du module d'élasticité en traction E_t , l'extensomètre doit satisfaire à une exigence d'exactitude supplémentaire plus stricte. La présente annexe spécifie les modes opératoires utilisés et les performances de l'équipement d'étalonnage requis afin de vérifier que l'extensomètre satisfait à cette exigence d'exactitude supplémentaire.

NOTE Toutes les références aux paragraphes spécifiques se rapportent à l'ISO 9513:1999. La structure des éditions ultérieures sera soumise à modifications.

C.2 Mode opératoire d'étalonnage

C.2.1 Généralités

La vérification supplémentaire devrait avoir lieu en même temps que la vérification de l'ISO 9513. Cependant, cette vérification peut être réalisée indépendamment. Sauf mention contraire, les conditions d'étalonnage doivent être les mêmes que celles décrites dans l'ISO 9513.

Réaliser le mode opératoire décrit en 5.5.1 de l'ISO 9513:1999 pour préparer le système à la vérification.

Suivre le mode opératoire décrit en 5.5.2 de l'ISO 9513:1999 en utilisant deux mesurages supplémentaires, dans la direction de déplacement croissante correspondant à 0,05 % et 0,25 % de la longueur de référence requise (voir Tableau B.1 de l'ISO 9513:1999). La valeur moyenne de la différence entre les deux lectures issues des deux passages doit ensuite être comparée à la différence des déplacements appliqués. De manière à correspondre aux exigences de la présente partie de l'ISO 527, l'erreur relative entre le déplacement appliqué et le déplacement indiqué doit être inférieure ou égale à ± 1 % du déplacement pour les longueurs de référence supérieures ou égales à 50 mm ou bien inférieure ou égale à ± 1 μm pour les longueurs de référence inférieures à 50 mm.

Tableau C.1 — Exigences d'exactitude applicables à un extensomètre

Longueur de référence mm	Premier déplacement μm	Deuxième déplacement μm	Changement de déplacement μm	Exigences d'exactitude (voir 5.1.5) $\pm\mu\text{m}$
75	37,5	187,5	150	1,5
50	25	125	100	1
25	12,5	62,5	50	1
20	10	50	40	1

NOTE Les limites d'erreur de l'extensomètre s'appliquent à la variation de lecture entre le premier déplacement et le deuxième déplacement.

Du fait de la difficulté à obtenir les performances de l'extensomètre requises à des longueurs de référence inférieures à 50 mm, il est recommandé que les mesurages du module soient réalisés sur des éprouvettes ayant des longueurs de référence supérieures ou égales à 50 mm et plus.

C.2.2 Exigences d'exactitude applicables à un appareil d'étalonnage

L'appareil d'étalonnage doit être conforme aux exigences données dans l'ISO 9513:1999, Tableau 2, pour la classe 0,2.

C.2.3 Rapport d'étalonnage

Le rapport d'étalonnage doit contenir les informations suivantes:

- a) la référence à la présente annexe de la présente partie de l'ISO 527 (c'est-à-dire l'ISO 527-1:2012, Annexe C);
- b) le nom et l'adresse du propriétaire du système d'extensomètre;
- c) toutes autres informations devant être enregistrées, qui sont mentionnées dans l'ISO 9513;
- d) le résultat de l'étalonnage.

Bibliographie

- [1] ISO 294-1:1996, *Plastiques — Moulage par injection des éprouvettes de matériaux thermoplastiques — Partie 1: Principes généraux, et moulage des éprouvettes à usages multiples et des barreaux*
- [2] ISO 1926, *Plastiques alvéolaires rigides — Détermination des caractéristiques en traction*
- [3] ASTM D638, *Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics*

